

MITTEILUNGEN

DER ABTEILUNG FÜR
GEOLOGIE, PALÄONTOLOGIE UND BERGBAU
AM LANDESMUSEUM JOANNEUM



HELMUT W. FLÜGEL

Die Geologie des Grazer Berglandes

Zweite, neubearbeitete Auflage

Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum

SH 1 Graz 1975

Erl. Geol. Wanderk. Grazer Bergland, Geol. B.-A. Wien

Wien 1975

Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum	SH 1 Graz 1975
Erl. Geol. Wanderk. Grazer Bergland, Geol. B.-A. Wien	Wien 1975

Helmut W. FLÜGEL

DIE GEOLOGIE DES GRAZER BERGLANDES

Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte
des Grazer Berglandes 1 : 100.000
herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1960

Mit Beiträgen von A. ALKER, O. M. FRIEDRICH, W. GRÄF,
V. MAURIN, M. MOTTL und A. THURNER
(Mit 47 Tabellen und sechs Textabbildungen)

Zweite, neubearbeitete Auflage
Graz—Wien 1975

In memoriam
Karl Murban 1911 – 1971

Leiter des Museums für Bergbau,
Geologie und Technik am Landesmuseum Joanneum,
Graz, 1945—1971

Schriftleitung
WALTER GRÄF

Für Form und Inhalt sind die Autoren verantwortlich.
Druck: Styria, Schönaugasse 64, 8010 Graz.

Inhaltsverzeichnis

I. Vorwort zur 2., neubearbeiteten Auflage	5
II. Kristalline Schiefer und Eruptiva des „Altkristallins“	6
II/1. Gleinalpe und Rennfeld	6
II/1a. Gleinalpe	6
II/1b. Mugel — Rennfeld	14
II/2. Das oststeirische Kristallin	17
II/2a. Die Hornblende-Gesteine und Glimmerschiefer des Aibel	17
II/2b. Gesteine des Feistritz-Tales	18
II/3. Das Koralm-Kristallin	22
II/3a. Plattengneise (Teigitsch-Serie)	22
II/3b. „Gradener Serie“	24
II/4. Das Kristallin von Radegund	26
II/4a. Schiefergneise und Pegmatite	26
II/4b. Glimmerschiefer, Amphibolite usw.	27
II/5. Schrifttum	29
III. Das Altpaläozoikum	34
III/1. Das Altpaläozoikum der Grauwackenzone	34
III/2. Das Altpaläozoikum von Graz	35
III/2a. Erforschungs-Geschichte	35
III/2b. Schichtfolge	35
III/2c. Effusiva	61
III/3. Schrifttum (III, IV)	65
IV. Das Jungpaläozoikum	75
IV/1. Unter-Karbon	75
IV/1a. Grauwacken-Zone	75
IV/1b. Sanzenkogel-Schichten des Grazer Paläozoikums	76
IV/2. Ober-Karbon	77
IV/2a. Schichten der Dult	77
IV/2b. Dornerkogel-Folge (?)	77
IV/2c. Magnesit der Breitenau (Karbon/Silur?)	78
V. Mesozoikum	81
V/1. Permo-Trias (?)	81
V/1a. Fischbacher Quarzit	81
V/1b. Marmorzug von Kogelhof (partim Mesozoikum?)	82
V/1c. Raasberg-Folge	82
V/1d. Plattl-Quarzit	82
V/2. Kreide	83
V/2a. Ablagerungen der Gosau von Kainach (W. GRÄF)	83
V/2b. Das Gamskonglomerat (Alter?)	98
V/3. Schrifttum	99
VI. Tertiär	102
VI/I. Inneralpine Neogen-Becken	102
VI/1a. Das Miozän des Murtales	102
VI/1b. Das Becken von Passail	104
VI/2. Das Miozän des steirischen Beckens	105
VI/2a. Karpatium (Ober-Helvetium)	105
VI/2b. Badenium (Tortonium)	109
VI/2c. Karpatium/Badenium	116
VI/2d. Sarmatium	119

VI/3. Das Pliozän des steirischen Beckens	125
VI/3a. Pannonium	125
VI/3b. Astium-Piacenzium	129
VI/4. Die jungtertiären Säugetierfaunen des Grazer Berglandes (M. MOTTL)	130
VI/4a. I. Miozän-Zyklus	130
VI/4b. II. Miozän-Zyklus	130
VI/5. Schrifttum	145
VII. Quartär	152
VII/1. Pleistozän	152
VII/1a. Die quartären Terrassen	153
VII/1b. Die pleistozänen Höhlenablagerungen	155
VII/1c. Die pleistozänen Säugetierfaunen und Kulturen des Grazer Berglandes (M. MOTTL)	159
VII/2. Holozän	179
VII/3. Schrifttum	182
VIII. Bau und Lagerung	185
IX. Vorkommen an Stein und Erden	195
IX/1. Erstarrungsgesteine und deren Umprägungen	195
IX/2. Mechanische Sedimente und deren Umprägungen	196
IX/3. Karbonatgesteine	198
IX/4. Schrifttum	201
X. Mineralvorkommen im Grazer Bergland (A. ALKER)	202
Schrifttum	206
XI. Lagerstätten des Grazer Berglandes (O. M. FRIEDRICH)	208
XI/1. Lagerstätten im Kristallin	208
XI/2. Lagerstätten der obersteirischen Grauwackenzone	209
XI/3. Lagerstätten im Altpaläozoikum von Graz	209
XI/3a. Eisenerze	209
XI/3b. Spatmagnetit	210
XI/3c. Die „Grazer“ Blei-Silber-Zinklagerstätten	212
XI/3d. Weitere Erzvorkommen im Paläozoikum	217
XI/4. Lagerstätten im Tertiär und Quartär	219
XI/5. Schrifttum	220
XII. Hydrogeologie und Verkarstung (V. MAURIN)	223
XII/1. Die Verkarstung des Gebietes in Abhängigkeit von der morpholo- gischen Entwicklung und die Karstentwässerung	224
XII/2. Die hydrogeologischen Verhältnisse in den Bereichen nichtverkar- stungsfähiger Festgesteine	243
XII/3. Das unterirdische Wasser in den neogenen Ablagerungen	244
XII/4. Die Grundwässer in den jungen Talfüllungen	253
XII/5. Schrifttum	260
XIII. Säuerlinge und Thermen (A. THURNER)	270
Schrifttum	273
XIV. Der Baugrund der Stadt Graz (V. MAURIN)	274
Schrifttum	279
Berichtigungen der Karte	280
Ergänzung des Schrifttumverzeichnisses	281
Sach- und Ortsindex	282

I. Vorwort zur 2., neubearbeiteten Auflage

Da die erste Auflage dieser Erläuterungen (H. FLÜGEL, 1961) zur „Wanderkarte des Grazer Berglandes“ (H. FLÜGEL, 1960) vergriffen ist, schien eine Neuauflage wünschenswert. Dies nicht zuletzt deshalb, da seit 1961 unsere Kenntnis der Geologie dieses Raumes sehr gewachsen ist. Die große Zahl der seither erschienenen Publikationen machte eine grundlegende Neubearbeitung notwendig, wobei die Abschnitte V/2a. Kreide (W. GRÄF), VI/4. Die jungtertiären Säugetierfaunen des Grazer Berglandes (M. MOTTL), VII/1 c. Die pleistozänen Säugetierfaunen und Kulturen des Grazer Berglandes (M. MOTTL), X. Mineralvorkommen im Grazer Bergland (A. ALKER), XI. Lagerstätten des Grazer Berglandes (O. M. FRIEDRICH), und XII. Hydrogeologie und Verkarstung (V. MAURIN) völlig neu konzipiert wurden. Ich möchte an dieser Stelle den genannten Mitarbeitern herzlich für ihre Mühe danken.

Im Gegensatz zur 1. Auflage wurden in den Faunenlisten keine Unterschiede zwischen bereits Bekanntem und noch Unpubliziertem getroffen. In der Literatur wurde wieder Vollständigkeit angestrebt — sicher jedoch nicht erreicht. Neue Literatur bzw. Arbeiten, die in der 1. Auflage übersehen worden waren, werden nach den einzelnen Kapiteln im Anschluß an das alte Literaturverzeichnis gebracht, wobei die Numerierung die der „Literaturergänzungen“ im Anhang fortsetzt.

Abschließend möchte ich Herrn Dr. W. GRÄF, Leiter der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum, Graz, dafür danken, daß er nach dem Tod von Herrn Dr. Karl MURBAN den Plan einer 2. Auflage des Buches aufgegriffen und verwirklicht hat.

Ebenso danke ich Herrn Dir. Doz. Dr. F. RONNER, Geologische Bundesanstalt Wien, dafür, daß ein Teil der Auflage im Rahmen der Kartenerläuterungen der Geologischen Bundesanstalt herausgebracht werden konnte, wodurch es möglich war, die Auflage zu erhöhen.

Graz, im Dezember 1974

H. W. FLÜGEL

Der Schriftleiter und die Autoren danken für gewährte Druckkostensubventionen: der Steiermärkischen Landesregierung, dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich, den Grazer Stadtwerken, dem Magistrat der Stadt Graz, der Rohöl-Aufsuchungs G.m.b.H. und der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts A.G. Insbesondere danken wir auch allen jenen, die sich für die Gewährung dieser Subventionen eingesetzt haben.

W. GRÄF

H. W. FLÜGEL

II. Kristalline Schiefer und Eruptiva des „Altkristallins“

Nach ihrer Petro- und Tektogenese können die kristallinen Anteile auf Blatt „Grazer Bergland“ in die zwei Komplexe „Mur-Alpen“ (E. SUESS 1909) und „Raabalpen“ (R. SCHWINNER 1935) gegliedert werden. Ersteren gehören u. a. die Koralm, Gleinalpe, das Rennfeld und das Radegunder Kristallin an, wobei man zwischen dem „kazonalen“ (alpine Eklogit-Fazies von F. ANGEL 1940) Koralm-Kristallin und dem mesozonalen Gleinalm-Kristallin (F. ANGEL 1923) unterscheidet.

Das Raabalpen-Kristallin stellt demgegenüber einen Komplex dar, in dem es in einer (gleinalmkristallinen) metamorphen Schieferfolge zur Auskristallisierung granitoider Mobilisate gekommen ist.

Nach der älteren Ansicht der Deckenlehre gehören diese beiden Kristallin-Komplexe zwei verschiedenen Großeinheiten an. Während nach L. KOBER 1938/41 die Raabalpen als Teil der „unter-ostalpinen Semmeringiden“ aufzufassen wären, sollen die Muralpen den kristallinen Sockel des Ober-Ostalpin bilden. Beide sind längs der Linie Anger—Stanz durch einen Karbonatgesteinszug voneinander getrennt. Dieser „Marmorzug von Kogelhof“ könnte möglicherweise mesozoisches Alter haben (vgl. S. 82).

Nach neueren großtektonischen Vorstellungen wird jedoch das Muralpen-Kristallin als eine eigene tektonische Einheit („Mittelostalpin“, A. TOLLMANN 1959, bzw. oberes „Unterostalpin“, H. FLÜGEL 1960 a) betrachtet, wobei die „Raasberg-Folge“ (vgl. S. 82) für diese Vorstellung eine nicht unwesentliche Rolle spielt.

Schon F. HERITSCH hat die Möglichkeit ins Auge gefaßt, daß das Koralm-Kristallin tektonisch das Gleinalm-Kristallin überlagert. P. BECK-MANAGETTA 1956 a, 1969 vertrat dabei die Ansicht, daß das erstgenannte Kristallin der normale Sockel des Paläozoikums von Graz und der Grauwackenzone wäre und die Überschiebung variszisches Alter hätte. Durch die laufenden petrologischen Untersuchungen durch H. HERITSCH und seine Schüler bzw. die begonnenen isotopengeologischen Datierungen durch E. JAEGER und Mitarbeiter ist zu hoffen, daß die offenen Fragen im Kristallin des Steirischen Berglandes in absehbarer Zeit einer Lösung nähergebracht werden.

II/1. Gleinalpe und Rennfeld

Im Nordwesten des Kartenblattes beherrscht der im Gleinalpen-Speik sich bis auf 1969 m Seehöhe erhebende Zug von Gleinalpe und Rennfeld das Landschaftsbild. In ihm sind zwei metamorphe Komplexe mit verschiedenem Deformationstypus zu einem Nordost-streichenden Faltenstrang vereint: Die Gleinalpe im Südwesten und Mugel/Rennfeld im Nordosten.

II/1a. Gleinalpe

Die Gleinalpe bildet nach F. ANGEL 1924 a : 213 eine „Metamorphe Einheit“. Sie besteht aus einem granodioritischen Kern, um den sich eine zweigliederte Schieferhülle legt. Sie stellt ein Südwest-Nordost streichendes Antiklinorium dar, das im Süden vom Grazer Paläozoikum und im Norden vom Mugel-Rennfeldzug tektonisch getrennt wird.

Mineralfaziell gehören die Gesteine der Gleinalpe nach H. HERITSCH 1965 a : 155 der Almandin-Staurolith- bzw. der Almandin-Chloritoid-Subfazies an.

DIE KERNGESTEINE

(a) Gleinalm-Gneis, Aplitgneise, Augengneise, etc.

Der Gleinalpen-Kern ist durch das Auftreten wenig differenzierter granodioritischer bis granitischer Gesteine charakterisiert. (Wie sich beim Bau des Gleinalpen-Stollens gezeigt hat, ist das Areal der granodioritischen Gesteine bedeutend kleiner als bisher angenommen wurde. Ein großer Teil dieses Raumes besteht aus Amphiboliten.) Sie werden von einer rund 250 m mächtigen Randzone von Augengneisen überlagert. Als Gesteine treten nach F. ANGEL 1923 : 64, 1928 : 434, F. ANGEL & W. SCHENK 1928 : 8 und W. PROSSNIGG 1969 Mikroklingranite, Gneisgranite, Granodiorite, Quarzglimmer-Diorite, Pegmatite und Aplit auf.

Die meist weißlich- bis dunkelgrauen, massigen bis mehr oder minder gerichteten Gesteine sind fein- bis mittelkörnig. An Gemengteilen finden sich:

Feldspat: Nicht oder normal (Rand 6, Kern 25 An), selten inverszonare Plagioklase (meist 15—35 An). Albit/Periklin-Zwillinge. Mikroklin mit verwaschener Gitterung, meist Karlsbader Zwillinge. Häufig Mikroklin-Mikroperthit und randliche Myrmekit-Bildung erkennbar.

Quarz: Farblos oder durch feine limonitische Fahren gelblich.

Glimmer: Neben Muskovit findet sich teilweise rottöniger Biotit („Meroxen“).

Ferner treten als Accessorien auf: Gemeine grüne Hornblende (niemals zusammen mit Muskovit), Apatit, Chlorit, Turmalin (Schörl), Epidot-Klinozoisit, Almandin, Magnetit und Zirkon.

Chemisch liegen die Gesteine ziemlich gleichmäßig zwischen dem Granodiorit-Mittel und dem Aplitgranit (vgl. Tab. 1). Eigentlich granitische Typen treten zurück. Der Magmentypus ist yosemitisch (H. HERITSCH 1963 a : 168).

Nach den Feststellungen von H. RÖSSNER 1933 : 497 steigt die Radioaktivität der sauren Kerngesteine mit der Zunahme von si, al und alk, wobei als Quelle der Radioaktivität die Kalifeldspäte in Betracht gezogen werden.

Die Apliten bilden in den Kerngesteinen und den Metabasiten helle, sehr feinkörnige Lagen, in denen die dunklen Gemengteile (bis 2 mm lange Hornblendenadeln und Biotit) spärlich verteilt sind; teilweise auch Granatführung (vgl. W. PROSSNIGG 1969). Die Pegmatite führen oft große, schwarze Turmaline. Als Übergemengteil findet sich auch hellroter Almandin (vgl. H. HERITSCH 1963 a : 175).

Endlich müssen noch die zahlreichen Milch- und Gelbquarzgänge (z. B. auf der Staring-Alpe) genannt werden.

Die randliche Augengneis-Zone läßt drei Gesteinstypen unterscheiden:

1. Zahlreiche bis 2 cm große Mikroklin-Blasten in einem schiefrigen Quarz-Biotit-Oligoklas-Gewebe, mit (010) gut in s eingeregelt.
 2. Wenige Blasten in einem kataklastischen Grundgewebe, und
 3. Blasten in einem granitisch-körnigen bis nur schwach gerichteten Gewebe.
- Zwischen den Typen existieren sämtliche Übergänge.

Die Mikroklin-Blasten zeigen eine schwache „flaue“ Gitterung, Mikroklin-Mikroperthitbildung und randliche Myrmekitsäume. Sie sind nach dem Karlsbader-Gesetz verzwillingt.

Tab. 1: Chemische und mineralogische Analysen von sauren Kerngesteinen der Gleinalpe

Probe-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gew.-%										
SiO ₂	71,62	73,05	76,95	65,89	67,75	76,88	78,24	75,36	68,65	64,98
TiO ₂	—	sp.	0,15	0,57	0,45	0,24	0,12	—	0,53	0,90
Al ₂ O ₃	15,41	13,86	12,20	13,72	13,68	11,50	12,09	14,89	14,21	15,11
Fe ₂ O ₃	0,65	0,47	0,61	1,51	1,54	1,09	0,76	0,76	1,03	1,05
FeO	1,60	1,66	1,67	4,39	3,97	1,81	—	—	3,58	5,07
MnO	sp.	—	sp.	sp.	sp.	—	—	—	sp.	0,09
MgO	0,73	0,34	0,40	2,36	1,42	0,73	0,31	0,34	0,95	1,47
CaO	1,84	1,19	1,50	3,50	4,30	2,50	1,67	1,32	1,94	4,00
Na ₂ O	3,27	4,18	5,05	4,26	4,81	4,76	5,21	4,34	2,77	3,77
K ₂ O	4,11	4,66	1,23	2,37	1,35	0,49	1,09	2,76	5,33	1,89
P ₂ O ₄	0,31	0,14	0,05	0,73	0,73	0,24	sp.	sp.	0,77	0,22
CO ₂	—	—	sp.	sp.	—	—	sp.	—	—	0,97
H ₂ O (ü. 100°)	0,87	0,57	0,61	1,05	—	—	0,57	0,54	—	—
H ₂ O (u. 100°)	—	—	0,03	—	0,21	0,21	—	—	0,82	0,79
	100,41	100,12	100,45	100,35	100,31	100,45	100,08	100,44	100,58	100,31

Vol.-%:

Quarz	28,10	32,00	41,90	27,40	31,80	41,00	36,2	38,15	25,40	30,05
Plag.	39,00	62,2	47,40	40,65	46,05	46,15	56,7	41,49	26,65	42,25
Mikr.	14,30	—	—	—	—	—	—	8,01	24,30	—
Musk.	7,35	2,7	0,65	0,85	—	—	4,0	12,35	1,75	10,25
Biot.	10,90	5,1	7,80	18,85	10,40	—	4,0	—	9,35	9,75
Apat.	0,20	—	0,50	2,55	1,25	0,75	—	—	1,50	1,55
Magn.	0,15	—	—	0,20	—	3,15	3,1	—	—	0,55
Granat	—	—	1,75	8,10	3,50	5,75	—	—	2,65	5,60
Calzit	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlorit	—	—	—	1,40	—	—	—	—	4,55	—
Hornblende	—	—	—	—	7,00	3,20	—	—	—	—
Orth.	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	—
Turm.	—	—	—	—	—	—	—	—	3,60	—

Analytiker: W. SCHENK in F. ANGEL & W. SCHENK 1928 : 11

1. Mikroklinggranit. Mittlerer Fensteralpen-Humpelgraben.
2. Gneisgranit. Ausgang des Zeltweggrabens ins Weitenttal.
3. Granodiorit mit Gelbquarz. Staringgraben-Eingang.
4. Granodiorit. Lainsach, N vom Schneider.
5. Quarzglimmerdiorit. Lammkogel.
6. Granodioritaplit. Kreuzsattel-Lammalpe.
7. Granodioritaplit. Eibelkogel-Lammalpe.
8. Pegmatit. Vorderer Stagg.
9. Augengneis. Aus dem Hauptzug Hoyer-Almhausschutzhaus.
10. Granodioritgneis. Zwischen Hauenstein und Bussardkogel.

Nach den Untersuchungen von H. HERITSCH 1963 a : 160 und W. PROSSNIGG 1969 handelt es sich bei den Kerngesteinen um Produkte einer Anatexis, wobei von W. PROSSNIGG 1969 : 235 für die granitischen Typen bei 3 kb 670° C, für die aplitischen Gesteine mit tonalitischer Zusammensetzung zwischen 760° und 780° C Temperatur angenommen wird.

Für die Augengneise hält H. HERITSCH 1965 a : 155 eine Wanderung von K aus heißen, tiefen Teilen des Kerns in Zusammenhang mit der Anatexis für eine Denkmöglichkeit.

Bei dem für den Humpelgrabengranit angegebenen Alterswert von 70 bzw. 71 Mill. Jahre (H. FLÜGEL 1961 : 11) könnte es sich um ein altpaläozoisches Geschehen handeln (vgl. S. 14).

Dieser Wert findet seine Bestätigung in einer K/Ar Biotit-Alters-Bestimmung des gleichen Gesteines, welches vom Labor. Geochronologie Heidelberg ausgeführt und von Prof. Dr. H. LIPPOLT in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurde. Der Wert beträgt 81 ± 3 Mill. Jahre.

(b) Metabasite (Amphibolit, Serpentin)

Eintauchend in die sauren Kerngesteine und eingeschaltet in die tieferen Anteile der Schieferhülle finden sich im Streichen sehr unbeständige, aufgeblätterte Metabasit-Züge und -Linsen. Nach den mineralogischen und chemischen Untersuchungen von F. ANGEL 1923, 1924 a, 1928, 1939, 1940, 1964, F. ANGEL & F. LASKOVIC 1966, F. ANGEL & G. MARTINY 1925, F. ANGEL & E. SCHNEIDER 1923 und F. WEINZEDL 1935, lassen sich die Gesteinstypen zu einer lückenlosen Reihe eines metamorphen, nach der Ausscheidungsfolge differenzierten Gabbromagmas aneinanderschließen:

Ausgangsgesteine:

Olivinfels
Bronzitfels
Bronzit-Diallagfels
Diallagit
Issitischer Gabbro
Gabbro bis Norit
Ossipitischer Gabbro
Anorthositischer Gabbro

Metamorphes Produkt:

Antigoritserpentin (\pm Breunnerit)
Talkschiefer
Talk-Chlorit-Breunneritschiefer
Smaragditschiefer
Gemeiner Amphibolit
Plagioklasamphibolit \pm Granat, Zoisit-Epidot
Plagioklasvormächtiger Amphibolit
Anorthosit-Amphibolit.

Diese Folge läßt sich auch bisweilen im Gelände beobachten, so z. B. beim Ochsenkreuz oder bei Wolfsgrube südlich Pulster-Riegel (in der Karte nicht ausgeschieden), wo die Amphibolite Antigorit-Serpentin-Linsen umschließen, die von einer Hülle von Talkschiefern und Smaragditschiefern umgeben werden. Der mächtige Serpentinkörper von Kraubath, der südlich St. Michael im Schra-Kogel noch teilweise in das Kartenblatt reicht, zeigt im Gegensatz zu den kleineren Vorkommen nur randlich eine Umwandlung in Antigorit-Serpentin, ansonsten aber die Bildung von Maschen-Serpentin zufolge einer tiefenhydratogenen Umwandlung eines Dunit-Stockes. Daneben konnten hier von E. CLAR 1929 a : 191 als Ausgangsgesteine Websterit sowie harzburgitische und diallagitische Pyroxenite festgestellt werden. Stellenweise führen die Gesteine Chromit (G. HIESSL-LEITNER 1953) (Tab. 2, 3).

Tab. 2: Analysen liquidmagmatischer Vererzungen

Probe-Nr.: Gew. %	1	2	3	4
SiO ₂	39,43	1,47	2,0	—
Fe ₂ O ₃	7,25	25,90	33,0	65,49
FeO	—	—	—	8,49
Cr ₂ O ₃	0,12	58,78	55,5	—
P ₂ O ₅	—	—	—	0,35
Al ₂ O ₃	1,76	10,51	6,0	3,23
MnO	0,40	—	—	0,7
CaO	1,68	0,10	—	0,97
MgO	37,32	3,23	—	2,23
H ₂ O	11,31	—	—	—
Ni	0,24	—	—	—
SO ₂	—	—	—	0,11
Glv.	—	0,01	2,0	4,36
	99,51	100,00	98,5	85,93

1. Serpentin-Durchschnitt, Gulsenbruch (R. H. MÜLLER 1950)
(Ähnlichen Ni-Gehalt weist auch der Serpentin von Traföß nach
R. M. MÜLLER 1959 : 79 auf.)
2. Chromit, Kraubath (F. TROJER 1956)
3. Chromit? Kraubath (A. MILLER 1859)
4. Magnetitstein, Platte b. Graz (A. TORNUST 1929)

F. ANGEL 1964 : 83 unterschied zwischen einer ortho- und einer hypomagmatischen Entwicklung. Erstere umfaßte die Kristallisation des Dunits und in einer Spätphase eine Kornzerbrechung von Chromit, Forsterit, Enstatit, Diallag und Hornblende bei noch hohen Temperaturen und Drucken. Die zweite Phase führte durch Überschwemmung der Zerbrechungsflächen mit Wasserdampf und CO₂ zur Bildung neuer Paragenesen, insbesondere des Chrysotil. Die Temperatur ist dabei nach oben mit etwa 450° C bei 2—3 kb fixiert.

Diese Umwandlung ist nach H. MEIXNER & L. WALTER 1939 : LXXXIV älter als die mit der „Gleinalm-Kristallisation“ zusammenhängende Antigoritisierung. Jünger dagegen ist die Bildung von dichtem, schneeweißem, knolligem Magnesit („Typus Kraubath“).

Nach K. VOHRZYKA 1960 : 12 kann der Magnesit in drei Typen auftreten:

a) In Form zentimeter- bis metermächtiger, von Harnischflächen begrenzter Gangfüllungen, bei denen die eckigen bis gerundeten Trümmer von dichtem Magnesit in einer Matrix ebendesselben Materials liegen.

b) Als grobkörnige Breccien eckiger Serpentinstücke in einer Magnesitmatrix („Scheck“). Bei beiden Typen handelt es sich um einen Magnesitabsatz, während bzw. vor tektonischen Bewegungen.

Als dritte Form

c) finden sich wenige Millimeter bis einige Zentimeter mächtige Magnesitadern im Serpentin. Sie bilden ein oft sehr enges Kluftnetz ab, an dem jedoch nach Unterschied von Typus a) keine Bewegungen stattfanden.

Nach H. MEIXNER 1939 hängt die Bildung des dichten Magnesits mit dem Absatz aus aufsteigenden CO₂-haltigen Wässern, die den Olivin zersetzen, zusammen. Nachmagnetisch erfolgte eine Dolomitisierung und Verkieselung (K. VOHRZYKA 1960 : 13). Den Chemismus zeigt Tab. 22.

Tab. 3: Chemische Analysen von Amphiboliten und Serpentin der Gleinalpe

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gew.-%:												
SiO ₂	46,10	47,39	49,68	46,58	48,24	47,11	53,73	41,74	40,81	39,77	39,98	50,80
TiO ₂	1,58	2,08	1,36	1,88	1,48	3,26	—	—	—	—	0,29	0,20
Al ₂ O ₃	13,83	14,12	17,41	12,50	11,96	11,27	3,84	2,56	1,09	3,41	1,68	0,81
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	0,32	—	—	0,25
Fe ₂ O ₃	4,17	3,25	2,84	1,72	0,54	1,42	2,21	2,84	1,98	3,32	10,42	2,13
FeO	8,96	9,13	7,22	10,97	13,52	12,77	5,29	3,66	5,02	3,16	5,47	6,72
MnO	—	0,43	—	0,94	1,52	0,38	—	—	0,64	—	0,19	0,43
MgO	8,39	5,50	4,81	5,66	6,42	4,23	20,89	37,17	37,09	37,54	28,99	26,14
CaO	9,72	11,59	9,81	14,13	10,31	12,09	11,12	—	1,32	1,18	5,79	3,65
Na ₂ O	3,25	3,64	4,46	2,30	2,93	3,73	0,70	—	—	—	0,15	0,15
K ₂ O	1,99	0,56	0,85	1,16	0,79	0,97	0,51	—	—	—	0,13	0,10
P ₂ O ₅	—	—	—	0,37	0,31	0,37	—	—	—	sp.	—	sp.
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,27	0,21	0,56
H ₂ O	2,39	2,36	1,97	2,04	2,30	2,26	1,41	12,11	10,26	10,23	7,08	3,97
	100,88	100,05	100,41	100,25	100,32	99,86	99,70	100,08	98,53	99,88	100,38	95,91 ¹⁾

¹⁾ Rest: Ni: 0,13; SrO: 1,68; Cu: 0,27; CO: sp., SO₂: 1,28; S: 0,37; F: 0,08

Analytiker:

- 1—6 F. ANGEL & E. SCHNEIDER 1923
- 7, 8 G. MARTINY in F. ANGEL & G. MARTINY 1925
- 9 HÖFER in F. ANGEL & G. MARTINY 1925
- 10 F. WEINZEDL 1934
- 11 M. DITTRICH in J. STINI 1917
- 12 F. LASKOVIC in F. ANGEL & F. LASKOVIC 1966

- 1. Biotitführender Amphibolit, Hoyer-Stäringhütte.
- 2. Plagioklas-Amphibolit, Lammkogel.
- 3. Plagioklas-Amphibolit, Kreuzsattel-Polsteralpe.
- 4. Plagioklas-Amphibolit, Bussardkogel, S vom Gipfel.
- 5. Granatamphibolit, Bussardkogel, SO-Hang.
- 6. Granat-Amphibolit, Ochsenkogel-Bendstall.
- 7. Smaragdit-Schiefer, aus dem Hof des Ochsenkogel-Serpentin.
- 8. Antigorit-Serpentin, Ochsenkogel.
- 9. Serpentin, Kraubath.
- 10. Serpentin, Kirchkogel b. Pernegg.
- 11. Serpentin, Utsch-Graben.
- 12. Enstatitfels, Holzer Bruch bei Preg.

Nicht zu verwechseln damit sind die Magnesithäute und -adern. Sie müssen teilweise sogar als rezente Mineralbildungen betrachtet werden (H. MEIXNER 1938 : 17), während die dichten Magnesitgänge bereits von der mittelmiozänen Bruchtektonik des Murtales (vgl. S. 102) angetroffen wurden. K. VOHRZYKA 1960 : 15 brachte ihre Entstehung mit Stoffumsatz zur Zeit der „Seckauer Kristallisation“ in Zusammenhang.

(In der Karte wurden nur die größeren Serpentin-Körper ausgeschieden. Weitere Vorkommen liegen u. a. beim Fürstbauer SW Neuhof, beim Wolfsgrubensattel W Hl. Wasser, am Waldkogel, im Utschgraben, am Pfaffenberg S Bruck a. d. M., N St. Jakob i. d. Breitenau usw.)

Die Amphibolite sind mittelkörnig, meist gut geschiefert und von dunkelgrüner Farbe. An Gemengteilen finden sich:

Hornblende: gemeine, grüne Hornblende, c : z = 17—20°. In den Serpentin-Höfen tritt an ihre Stelle „Smaragdit“ c : z = 13—14°, Aktinolith c : z = 15—18° und als Reaktionsprodukt des Marmors mit Serpentin Tremolit.

Epidot-Zoisit: einzelne Körper oder dicke Prismen bildende Großkörner. (Die Epidotbildung erfolgte nach F. ANGEL 1939 bei einer Kalimetasomatose aus der Hornblende. Daher entwickelte sich dort, wo die Amphibolite in den kalireichen Glein-

alpen-Kern eintauchen, Biotit + Orthoklas + Epidot-Säume.)

Feldspat: Plagioklas mit 20—35 An, teilweise inverszonal.

Biotit, Almandin (mit gelegentlichen Zoisiteinschlüssen), Apatit, Titanit, Ilmenit, Rutil, Hämatit als Accessorien.

In den Serpentin-Höfen auch Klinochor, Talk, Breunnerit.

Auf den Klüften findet sich bisweilen Skolezit (H. HÖLLER 1964).

Integr.-Analysen von Hornblende-Gesteinen finden sich bei F. HERITSCH 1922.

Chemisch würden sich nach F. ANGEL & E. SCHNEIDER 1923 : 18 die Orthoamphibolite auf ein essexitisch-thermalitisches Magma beziehen lassen, jedoch erfolgte nach der Vorstellung von F. ANGEL 1939 : C durch eine Kalimetamorphose eine Verschiebung des Chemismus gegen die Kalireihe hin (Tab. 3).

Neuere Untersuchungen der Amphibolite finden sich bei W. PROSSNIGG 1969.

DIE SCHIEFERHÜLLE

(a) Glimmerschiefer, Glimmerquarzite, Kalksilikatschiefer, etc.

Über dem gegen Nordosten axial abtauchenden Gleinalpen-Kern liegt eine Hülle kristalliner Schiefer. F. ANGEL 1924 a : 235 schätzte ihre Mächtigkeit auf rund 3000 Meter. Sie ist jedoch nirgends vollkommen erhalten. Noch am besten ist sie südlich der Gleinalpe entwickelt, wo sie F. ANGEL 1923 : 86 in eine „Untere, kalkarme Serie“ und eine „Obere, kalkreiche Serie“ gliederte. Im Norden ist eine derartige Trennung nicht möglich, jedoch zeigen die Amphibolite und Serpentine des Schra-Kogels, bzw. die Altkristallin-Schollen der Umgebung von Leoben (Traidersberg-Folge), daß auch hier eine derartige Hüllschiefer-Serie gegeben war.

Die „Untere, kalkarme Serie (Folge)“ ist ein rund 1000 m mächtiger Stoß einförmiger, teilweise sehr quarzreicher Hellglimmer-Schiefer, Almandin-Disthen-Schiefer, Chlorit-führender Glimmerschiefer, Hornblende-Zoisit-Schiefer, mit einigen geringmächtigen Marmorkörpern, sowie Einschaltungen von Metabasiten (Ortho-Amphibolite und Serpentine), Granodiorite, Aplite und Pegmatite.

Eine deutliche Grenze gegen die höhere kalkreiche Folge ist in der Natur kaum festzustellen.

Die „Obere, kalkreiche Serie (Folge)“ ist charakterisiert durch das Auftreten von teilweise mächtigen, mineralführenden (Tremolit, Phlogopit, Pyrit, Kupferkies), Kalk- und Dolomit-Marmoren (H. HERITSCH 1963 a). Sie sind eng mit Kalk-Silikat-Schiefen verknüpft. Dazu kommen kalkreiche Hornblende-Garbenschiefer, Para-Amphibolite, Granatglimmerschiefer bis Granatquarzite, Granatphyllite, Almandin-Chloritoid-Schiefer (F. MACHATSCHKI 1923 : 191), Chlorit-führende Glimmerschiefer, Plagioklasschiefer (H. HERITSCH 1963 a) und phyllitische Schiefer. An der Grenze gegen das Grazer Paläozoikum zeigen die Gesteine verbreitet Diaphthorese und Phyllonitisierung. Letzte Äußerungen des Gleinalpen-Kerns stellen die turmalin-, granat- und beryllführenden Pegmatite in dieser Serie dar. Eine Beschreibung dieser Gesteine findet sich bei H. HERITSCH 1963 a, eine chemische Analyse in Tab. 1.

Gegen Nordosten schneidet die Grenze zum Grazer Paläozoikum spitzwinklig das Streichen der Schieferhülle ab, so daß im Bereiche des Hochlantsch und

der Breitenau das Paläozoikum bereits direkt die „Untere, kalkarme Serie“ überlagert. Es handelt sich um Gneis-Amphibolite, Granat-Amphibolite, Serpentine, Hornblende-führenden Schiefergneis, Biotit-Schiefergneis, Muskovitquarzite, vereinzelt kleine Marmorlinsen (E. CLAR etc. 1929, O. HOMANN 1960, J. STINI 1917 a, E. SY 1957), zahlreiche Aplite und Augengneise (Moscherkogel).

Die untere Hüllschiefer-Folge ist nach der Literatur charakterisiert durch die Mineralien:

Glimmer: Neben Muskovit (nie Serizit) tritt Biotit auf, z. T. mit rotgetöntem Pleochroismus.

Quarz: Stellt in wechselnder Menge einen mineralfaziellen Durchläufer dar.

Granat: Setzt sich zusammen aus 67—73% Almandin, 1—13% Pyrop, bis 25% Grossular oder diesen + Andradit; stecknadelkopf- bis nußgroße, selten größere Körner. Häufig mit Einschlüssen (Quarz, Ilmenit, Rutil, Biotit, Titanit etc.).

Staurolith: Säulige bis zu 1,5 cm lange Individuen, nicht überall vorhanden (z. B. Hauenstein).

Disthen: Am Tiefsattel mehrere Zentimeter lange, schwarze Säulen bildend, sonst nur mikroskopisch erkennbar.

Dazu kommt noch die bereits beschriebene Mineral-Association der Amphibolite und Serpentine.

Die „Obere, kalkreiche Serie“ kennzeichnen die Minerale:

Feldspat: Der Plagioklas zeigt gegen oben abnehmenden An-Gehalt. So besitzt der Granat-Zoisit-Quarzit von Übelbach nur 20 An, ein Garbenschiefer vom Leuker, Kainachtal, führt einen Oligoalbit. In den Plagioklasschiefern besitzen sie z. T. eine glimmerige Fülle.

Chlorit: Nur in den Hangendschichten als Klinochlor und Pennin stabil. Nicht zu verwechseln mit den strichweise durch Diaphthorese die Granaten ersetzenden Prochloriten.

Chloritoid: große Porphyroblasten (5 × 5 × 3 mm) in den Almandin-Chloritoidschiefern, gelegentlich auch Staurolith umschließend.

Diopsid: Zusammen mit Zoisit und Labrador im Liegenden der Kalk-Silikatschiefer auftretend (z. B. Neuhofer-Jud, Pockstallergraben etc.).

Dazu kommen: Gemeine, grüne Hornblende, ±Zoisit und Epidot, Muskovit und Biotit, Staurolith, Disthen, Almandin, Calzit.

Chemische Analysen finden sich in der Arbeit von F. ANGEL & N. BIRNBAUM 1924 : 114.

Sieht man von den nur teilweise unter dem Grazer Paläozoikum zum Vorschein kommenden obersten Lagen ab (Leuker, Kainachtal, Übelbach), die eine Prägung in der untersten Epizone (Epidot-Amphibolitfazies, F. ANGEL) zeigen, so gehören sämtliche Gesteine der Mesozone an. F. ANGEL 1923 : 91 hat diese Kristallisation als „Gleinalm-Kristallisation“ bezeichnet. Sie erfolgte para- bis posttektonisch (Abbildungs-Kristallisation, Polygonal-Bögen im Bereiche mm bis km).

Über die pt-Bedingungen geben die Arbeiten von H. HERITSCH 1963 a, b, 1965 a, b Anhaltspunkte. Nach ihnen muß bei Annahme eines Druckes von 2 kb für die Marmore der „Oberen kalkreichen Folge“ mit einer Temperatur von 610° C (Magnetkies-Thermometer) gerechnet werden.

Soweit es heute beurteilt werden kann, dürfte es sich bei der prämetamorphen Folge des Gleinalm-Kristallins um eine mächtige Serie von Grauwacken und basischen bis ultrabasischen Vulkaniten (Kerngesteine; vgl. dazu auch W. PROSSNIGG 1969), die nach oben zu in tonig-siltig-sandige Folgen (Untere, kalkarme Serie) bzw. eine kalkig-mergelige Entwicklung (Obere, kalkreiche Serie) übergangen, gehandelt haben. Hierbei würde die Verknüpfung von Grauwacken und Vulkaniten für eine eugeosynklinale Bildung sprechen.

Das Alter der Metamorphose ist unbekannt. Es wird von F. ANGEL 1939 u. a. ein variszisches Alter vermutet. Die Datierungen aus dem Granit des Humpelgrabens (S. 9) zeigen, daß vermutlich auch ein altpaläozoisches Ereignis bei der Prägung des heutigen Bildes eine Rolle gespielt hat. Derzeit sind isotonen-geologische Untersuchungen dieser Folge im Gange.

(b) Traidersberg-Folge

Westlich von Leoben findet sich eine von A. HAUSER bearbeitete Gesteinsfolge von Granat-Glimmerschiefern, Glimmerquarziten, Zweiglimmer-Gneisen (A. HAUSER 1937 a, 1938 b), Granatamphiboliten und Serpentin (A. HAUSER 1937 b), Hornblende-Garbenschiefern (A. HAUSER 1936) und Silikatmarmoren (A. HAUSER 1938 a). Die Gesteine zeigen durchwegs eine starke postkristalline Durchbewegung, verbunden mit einer Diaphthorese, wodurch die ehemals mesozonalen Gesteine Umwandlungen erlitten.

Tektonisch mit diesen Typen gemengt, jedoch auf der Karte nicht ausgeschieden, finden sich einförmige dunkle bis hellgraue Phyllite, stark durchbewegte Lydite und schwarze quarzitisches Schiefer. K. METZ 1937 : 328, 1938 : 177 betrachtete sie als Teile des Altpaläozoikums. Das diaphthoritische „Alt-Kristallin“ wurde von A. HAUSER 1936 : 242, 1937 b : 226 mit der oberen kalkreichen Serie der Gleinalpe verglichen. Eine noch ungelöste Frage stellt die Zuordnung der Marmore dar. Sie gehören vielleicht in das Altpaläozoikum (K. METZ 1958 : 212).

II/1 b. MUGEL-RENNFELD

Die MUGEL und der nördliche Rennfeld-Zug werden durch die Trasattel- und die Eywegg-Linie (W. SCHMIDT 1920 : 542, 545) von der Gleinalpe und Hochalpe getrennt. Sie stellen nach W. SCHMIDT 1921 : 102, A. HAUSER 1935 : 381, F. ANGEL 1939 : XCI und K. METZ 1958 : 223 die Fortsetzung des Seckauer Kristallins gegen Osten dar. Während jedoch in diesem die granitoiden Mobilisate vorherrschen, finden wir in MUGEL und Rennfeld Teile der Hüll-Gesteins-Serie.

Seckauer Granit

Nach den Feststellungen von A. HAUSER 1936 : 381 und J. STINI 1932 : Karte, treten im Bereich des Kartenblattes nur im Westen (Flater Berg — Schininger südlich St. Michael) Seckauer Kerngesteine auf. Neben hellen grob- bis mittelkörnigen, massigen bis schiefrigen Granitgneisen, finden sich feinkörnige Grano- bis Quarz-Glimmer-Diorite, sowie Aplite. Stellenweise kommt es zur Ausbildung von Porphyrgneisgraniten (z. B. Kienberg) mit Kalifeldspat-Blasten von mehreren Quadratcentimetern Größe.

An Gemengteilen finden sich:

Feldspat: Der Plagioklas ist meist als Oligoklas (20—25 An), seltener als Albit bis Oligoalbit (10—12 An) entwickelt. Häufig zeigt er eine dichte Fülle (Serizit und Klinozoisit) wodurch die oft verbogenen Lamellen kaum erkennbar sind (Typus Plag. II und III von K. METZ & H. HELFRICH 1953: 135). Albit-Saum-Bildung (Plag. I). Der Mikroklin ist hart oder flau gegittert. Häufig Perthitbildung z. T. mit Füllungsmikrolithen (Zoisit und Muskovit) bzw. Ausbildung von Schachbrettalbit. Myrmekit häufig.

Quarz: Häufig undulös auslöschend mit Einschlüssen von Plagioklas und Biotit.
Glimmer: Neben Muskovit Biotit, letzterer z. T. mit dichtem Sagenitfilz. Vereinzelt auch idiomorphe Zirkone mit pleochroitischen Höfen. Ferner Epidot und Apatit als Einschlüsse (Biotit II von K. METZ & H. HELFRICH 1953: 138), stellenweise zeigt er beginnende Chloritisierung. Vereinzelt „Querbiotit“.

Ferner finden sich: Granat, Epidot, große Titanite, Apatit, Orthit, Hämatit und Magnetit. In den Granodioriten auch gemeine grüne Hornblende.

Die Gesteine zeigen meist para- bis posttektonische Kristallisation. Zonenweise tritt auch eine postkristalline Deformation auf, die bis zur phyllitischen Vollkommenheit (Phyllonitbildung) oder kataklastischen Zerkleinerung (Mylonitbildung) der Gesteine gehen kann.

Mineralfaziell sollen die Seckauer Granite nach F. ANGEL 1924 b : 63, E. CLAR 1929 a : 187, G. FRASL 1954 : 120, K. METZ & H. HELFRICH 1953 : 147 und A. HAUSER 1935 : 365 einen der „alpinen Amphibolit-Fazies“ entsprechenden mesozonalen Altbestand (Oligoklas, teilweise Mikroklin, Biotit, Granat), neben Bildungen einer alpidischen Metamorphose unter Bedingungen der Epidot-Amphibolit-Unterfazies (Füllung der Oligoklas, Albitsäume, Schachbrettalbit, Perthit mit Füllmikrolithen, Orthit, Chlorit nach Biotit), wodurch die Gesteine einen „Zentralgneis-Habitus“ erlangt, zeigen.

Mugel-Gneise (z. T. mit Amphiboliten verknüpft)

Es handelt sich in erster Linie um Schiefer-Gneise (Definition F. ANGEL 1924 b : 206) mit einem wechselnden Plagioklasgehalt. Übersteigt derselbe den Quarzanteil, dann bezeichnet O. HOMANN 1955 : 4 die Gesteine als Plagioklas-Gneise.

Sie stellen größtenteils licht- bis dunkelgraue, deutlich geschieferte und feinkörnige Biotit-Granat-Gneise dar. Teilweise treten Plagioklas-Blasten auf.

Als Mineralbestand wird in der Literatur angegeben:

Feldspat: In erster Linie teilweise zonar entwickelter Plagioklas (15—30 An), klar bis stark gefüllt, teilweise mit Granat- und Quarzeinschlüssen, selten verzwilligt mit gebogenen Zwillinglamellen.
Der seltener auftretende Kali-Feldspat zeigt mikro-perthitische Ausbildung mit Mikrolithen-Füllung.

Quarz: Meist stark undulös auslöschend, teilweise in langen Stengeln parallel b des Gefüges auftretend, wobei die großen Körner subparallel zu ihrer c-Achse zerbrochen sind.

Glimmer: Neben Biotit kommt seltener Muskovit vor. Ersterer ist feinschuppiger entwickelt. Biotit z. T. in Chlorit umgewandelt.

Weiters finden sich Granat, Epidot, Titanit, Apatit, Zirkon, Magnetit, Hämatit. In den Hornblende-Gneisen kommt dazu noch gemeine grüne Hornblende (teilweise bis zu 40 Vol.-%).

Das Quarzgefüge der Mugel-Gneise wurde erstmals von W. SCHMIDT 1925, später von J. LADURNER 1949 untersucht. Es zeigte sich dabei eine postkristalline Deformation der Gesteine mit scharfer Einregelung.

Die Quarze in den Feldspathöfen (Raum zwischen den Feldspäten und den die Feldspäte einschließenden s-Flächen) weisen in bezug auf die von ihnen bewachsene Feldspatfläche eine Eigenregelung auf. Diese Eigenregelung beeinflusst deutlich die Gesamt-Quarzregelung der Mugel-Gneise.

Das Quarzgefüge außerhalb der Feldspathöfe zeigt einen deutlichen (ac)-Gürtel, der in (bc) in Richtung c leicht auseinandergezogen ist. Drei Maxima (I in a, ein Maximum, das einen Kleinkreis mit Radius 30° um c besetzt und Maximum II). Dagegen ist der (ac)-Gürtel in den Feldspathöfen gestört und sehr undeutlich.

Diese Regelung ist vereinbar mit einer Durchbewegungsrichtung N-S. Die Schiefergneise i. e. S. sind meist grau-weiß, feinkörnig, gut geschiefert und weisen einen gegenüber den Plagioklas-Gneisen höheren Quarz- und Glimmergehalt auf. Relativ häufig ist Chlorit, der die Granaten vollkommen ersetzen kann. Stellenweise ist auch reicher Epidotgehalt (bis 15⁰/₀) gegeben.

Vereinzelt finden sich auch teilweise granatführende Glimmerquarzite. Wichtig sind die Amphibolite. Sie sind innerhalb der Mugel-Gneise weit verbreitet (vgl. J. STINI 1932 : Karte). Die Mächtigkeit der einzelnen Züge wechselt sehr stark, wobei die Grenzen gegen die Gneise unscharf sind. Stellenweise zeigen die Amphibolite eine aplitische Aderung. Neben Eruptiv-Abkömmlingen finden sich auch Para-Amphibolite, wobei teilweise Stoffzufuhr wahrscheinlich erscheint (O. HOMANN 1955 : 14).

Die Eruptiv-Abkömmlinge sind meist massig, dunkelgrün, bisweilen grobspätig, während die Para-Gesteine mehr oder weniger deutlich geschiefert, dunkel- bis zeisiggrün und oft feinkörnig sind. Beiden gemeinsam ist eine Diaphthorese (Chloritisierung der Hornblende, Verglimmerung der Plagioklase etc.) ehemals mesozonaler Gesteine.

H. HERITSCH 1966 : 137 beschrieb aus einem gabbroartigen Gestein aus dem Utschgraben Pyroxene mit Entmischungslamellen.

J. STINI 1932 hatte dieses Gestein als „Utschit“ bezeichnet. Nach U. HERMANN 1972 handelt es sich um ein gabbroides Gestein, welches zu Amphibolit umgewandelt wurde.

Einen Überblick über den Chemismus der Mugel-Gesteine gibt Tab. 4.

Tab. 4: Chemische Analysen von Mugel-Gneisen und Amphiboliten

Probe Nr. : Gew.-%	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO ₂	69,79	55,95	46,96	47,44	44,39	43,92
TiO ₂	0,43	0,91	0,61	1,46	0,25	0,05
Al ₂ O ₃	14,38	17,35	20,61	14,97	18,88	20,29
Fe ₂ O ₃	1,30	3,07	0,03	1,29	3,59	2,20
FeO	3,79	4,38	5,67	7,33	3,59	3,67
MnO	0,14	0,13	0,18	0,17	0,06	0,07
MgO	2,03	4,73	9,51	10,43	11,95	13,78
CaO	2,15	6,65	10,65	11,95	11,21	11,48
Na ₂ O	3,10	3,32	2,35	2,10	1,45	1,59
K ₂ O	1,15	2,16	0,33	0,14	0,12	0,13
P ₂ O ₄	0,05	—	—	0,15	—	—
S	0,05	—	—	0,04	—	—
CO ₂	—	0,15	0,38	0,09	—	—
H ₂ O—	0,20	0,25	0,20	0,09	—	—
H ₂ O+	1,31	1,05	2,32	2,53	5,17	2,92
	99,87	100,10	99,80	100,18	100,66	100,10

1. Granat-Dioritgneis, Übelstein.
2. Diorit-Gneis, Brucker Stadtforst.
3. Plagioklas-Amphibolit, Schabkogel.
4. Saussurit-Amphibolit, Brucker Stadtforst.
5. Gabbroider Anteil des „Utschit“.
6. Amphibolitischer Anteil des „Utschit“.

Analytiker: J. STINI 1917 a

Analytiker: U. HERMANN 1972

II/2. Das oststeirische Kristallin

Das Paläozoikum von Graz wird etwa an der Linie Anger—Gasen vom „Oststeirischen Kristallin“ unterlagert. Nach R. SCHWINNER 1935 : 68 kann dasselbe im Bereich des Kartenblattes in die Hornblende-Gesteine und Glimmerschiefer des Aibel („Anger-Kristallin“ von A. KUNTSCHNIGG 1927 partim) und den von Grobgnaisen durchsetzten Bereich des Feistritztales („Raabalpen-Kristallin“ von R. SCHWINNER 1935) gegliedert werden. Getrennt werden die beiden Areale durch den „Marmorzug von Kogelhof“ (vgl. S. 82).

II/2 a. Die Hornblende-Gesteine und Glimmerschiefer des Aibel

Die Hauptmasse der Gesteine bilden Hell-Glimmerschiefer und plattige Glimmerquarzite bis Serizitquarzite. Sie führen teilweise Granat, wodurch es zur Bildung von Granat-Glimmerquarziten bis Granatquarziten kommen kann. Ein sehr bezeichnendes Glied dieser Folge sind Biotit-Almandin-Schiefer (F. HERITSCH 1928 : 4, R. SCHWINNER 1935 : 69). Bisweilen weisen die Gesteine einen höheren Kohlenstoff-Gehalt auf (Kohlenstoff-Quarzite). Weniger häufig sind Schiefergneise (O. M. FRIEDRICH 1946 : 69) bis Gneisquarzite (A. KUNTSCHNIG 1927 : 97). Lokal treten auch dunkle Chloritoidschiefer auf (A. KUNTSCHNIG 1927 : 98).

Nach der Literatur zeigt das mikroskopische Bild teilweise stark undulös auslöschende Quarze, serizitischen Muskovit, teilweise rotgetönten Biotit, chloritisierten Granat mit bisweilen verlegtem si. Ferner kann Albit (mit und ohne „Fülle“), in den Schiefergneisen auch Oligoklas, auftreten. Untergeordnet finden sich Zirkon, Rutil, Apatit, Turmalin, Graphit, Leukoxen, Ilmenit, lokal auch Epidot.

Die Gesteine zeigen häufig eine starke Verschieferung und Diaphthoresis (phyllonitische Glimmerschiefer).

In dieser Folge stellen Granat-Hornblende-Gneise, Granat-Amphibolite, Plagioklas-Amphibolite, Zoisit-Amphibolite, Hornblendegarbenschiefer und lokal auch Kalksilikatschiefer bänder- bis linsenförmige Einschaltungen dar. Ihre Verbreitung konnte auf der Karte nur schematisch angedeutet werden.

Die Gesteine sind durch das Auftreten von z. T. chloritisierten, grünen Hornblenden, etwas, bisweilen zersetzten Plagioklasen (Albit), Quarz, Biotit, Klinochlor, oft einschlußreichem Granat, ferner Klinozoisit und Zoisit, Ilmenit, Rutil, Titanit und Epidot, wozu in den Kalksilikat-Schiefen noch Calzit kommt, charakterisiert. Mehr oder minder deutlich ist auch bei diesen Gesteinen eine Diaphthoresis feststellbar (H. HÖLLER 1960 a).

Vereinzelt, wie etwa westlich von Anger, kommen in dieser Folge — auf der Karte nicht zur Ausscheidung gebracht — auch Pegmatite, als linsen- und stockförmige, meist geringmächtige Körper vor.

Sie weisen einen Aufbau aus undulös auslöschendem Quarz, Mikroklin-Mikroperthit mit flauer oder scharfer Gitterung, klarem Albit-Oligoklas, z. T. Granat, Muskovit und Biotit, Turmalin, Apatit, Zirkon, Ilmenit und Disthen auf.

In den nördlichen Anteilen der Glimmerschiefer-Folge, d. h. westlich von Birkfeld, sind bisher derartige Pegmatite nicht bekannt geworden. Die südliche Fortsetzung dieser Glimmerschiefer und Hornblende-Gesteine findet sich südlich von Puch, wo in einem kleinen Lappen noch das Kristallin des Kulm in das Kartenblatt hineinreicht. Es handelt sich hier nach R. PURKERT 1927 a um teilweise granatführende Zoisit-Amphibolite. Dazu kommen nördlich von Ro-

senberg noch kleine Vorkommen von „Granodiorit-Gneis“, Zweiglimmerschiefer und Glimmerquarzit (auf der Karte nicht verzeichnet).

Weitere kleine Kristallinaufbrüche trifft man am Ilzberg (hier verknüpft mit Kalken, deren Stellung unklar ist) und nach L. WAAGEN 1932 : 53 westlich von Wallenberg (nicht ausgeschieden). Es handelt sich bei beiden Vorkommen um Granat-Glimmerschiefer bis Schiefergneise.

Nach den Untersuchungen von A. KUNTSCHNIG 1927 und R. PURKERT 1927 a ist das oben beschriebene Kristallin durch das Auftreten einer posttektonischen, mesozonalen (alpine Amphibolit-Fazies von F. ANGEL 1940) Kristallisation, die von einer jüngeren Diaphthorese und Durchbewegung gefolgt wird, charakterisiert. Von A. KUNTSCHNIG 1927: 99 und R. PURKERT 1927 a: 69 wurde erstgenannter Vorgang mit der „Gleinalm-Kristallisation“, letzterer mit der „Amering-Kristallisation“ in Zusammenhang gebracht.

Gegen das Grazer Paläozoikum ist die Grenze des Kristallins meist sehr unscharf. Sie wurde, stark vereinfachend, dort gezogen, wo die ersten Granaten auffallend in Erscheinung treten, wobei jedoch Begehungen gezeigt haben, daß sie örtlich wahrscheinlich weiter westlich liegt. Es dürfte daher noch ein Teil der in der Karte dem Paläozoikum zugerechneten phyllitischen Schiefer dem Kristallin angehören.

Die primäre Natur der Grenze Kristallin/Paläozoikum ist ungeklärt. Möglicherweise hängen die Schwierigkeiten in diesem Bereich mit einer diese Grenze überschreitenden alpidischen Kristallisation zusammen, die im tieferen Kristallin zu einer teilweisen Diaphthorese, im Grazer Paläozoikum zu einer epizonalen Umprägung (E. CLAR 1929 d: 156) führte, wodurch eine Angleichung beider Einheiten erfolgt wäre.

II/2b. Gesteine des Feistritz-Tales

Nach den Untersuchungen von R. SCHWINNER 1932 bildet das Liegende des „Marmorzuges von Kogelhof“ (vgl. S. 82) einen Hüllschiefer-Komplex mit Einschaltungen von Grobgneisen. Ersterer Begriff umfaßt beschreibend Gesteine meist sedimentären Ursprungs zwischen den Grobgneis-Vorkommen und um sie herum.

Der Hüllschiefer-Komplex

besteht größtenteils aus z. T. diaphthoritischen Granat-(Staurolith-)Glimmerschiefern. Es handelt sich hierbei um meist dunkle, grünlichgraue, gut geschieferte Gesteine. Stellenweise besitzen sie einen phyllitischen Habitus. R. SCHWINNER 1932 : 336 bezeichnete sie als „Tommer-Schiefer“.

Nach H. WIESENER 1961 sind die Hauptgemengteile dieser phyllitischen Glimmerschiefer Muskovit bis Serizit, Quarz, Chlorit, Albit-Oligoklas und mehr oder minder stark chloritisierter Granat, der bis 10 mm groß werden kann.

Als Einlagerungen trifft man ferner Chloritoid-Glimmerschiefer, Granat-Glimmerquarzite, Disthenquarzite, Amphibolite, Hornblende-Zoisitschiefer, Granat-Hornblendegneise und Garbenschiefer.

Eine Besonderheit bildet der am Eisenbahn-Viadukt südlich von Birkfeld aufgeschlossene, massige, schwarzgraue Saussurit-Gabbro, der nach H. WIESENER 1961 in Hornblende-Prasinite übergeht.

Nach R. SCHWINNER 1935 : 70, H. WIESENER 1961, 1962, 1967, 1968, und W. TUFAR 1965, besteht das Gestein aus bis acht Millimeter großen, saussuritisierten basischen Plagioklasen (nach Relikten 50—60 An) mit vielen kleinen Granaten als Neubildungen im Gewebe, fast farbloser Hornblende, einzelnen Zwickeln von Quarz, viel Biotit und Erz (Ilmenit, Pyrit, Magnetkies, Kupferkies). Nach den Untersuchungen von H. HÖLLER zeigen die Plagioklase komplexe Albit-Karlsbader Zwillinge. H. WIESENER

EDER 1961 konnte Hochtemperatur-Optik sowie das Auftreten von Spinell-Korund-Chloritoid-führenden Partien (Chloritoid-Korundfelse) nachweisen.

Auf Grund des An-Gehaltes der Plagioklase und des Auftretens diopsidischer Pyroxene muß nach H. WIESENER 1967 für die Metagabbros mit einer Mindesttemperatur von 700° C bei 4—8 kb gerechnet werden.

Sieht man von dem Gabbro-Stock ab, dann zeigt der Hülschiefer-Komplex nach der Literatur folgenden Mineralbestand: meist klaren Quarz (manchmal mit Böhm'scher Streifung), teilweise kleinschuppigen Muskovit, seltener Biotit, bis zu 5 mm groß werdenden Granat, der jedoch häufig nur mehr als Relikt von Chlorit erhalten ist, Plagioklas (Albit, bzw. in den Amphiboliten auch Oligoalbit voll von Einschlüssen), ferner Epidot, Apatit, Rutil, Turmalin, Disthen, Titanit und Chlorit. In den Amphiboliten und Hornblende-Garbenschiefern kommt dazu noch eine grünlichbraune, normale oder braune Hornblende, die häufig Zirkon-Einschlüsse enthält und manchmal dicht braun pigmentiert erscheint.

Eine besondere Gesteinsgruppe innerhalb des Hülschiefer-Komplexes stellen die linsenförmigen Einschaltungen von Weißschiefern (R. SCHWINNER 1932 : 334) dar. Es handelt sich bei ihnen um hellweiße, silbrigglänzende, meist geringmächtige, phyllitische Schiefer.

Mineralogisch bestehen sie aus einem meist stark verschieferten Gewebe von Quarz und Serizit. Örtlich findet sich in diesem reichlich Turmalin, Epidot, Granat, Mikroklin, Albit, Apatit, Zirkon, Tremolit, Rutil und Leuchtenbergit. Letzterer nimmt teilweise so überhand, daß richtige Leuchtenbergit-Schiefer entstehen (O. M. FRIEDRICH 1946 : 70), die eine Disthenführung aufweisen.

Eine chemische Analyse dieser Gesteine gab A. WEBER 1938 : 253. Genetisch stellen sie vermutlich sehr Verschiedenes dar. Ein Teil der Weißsteine wird mit den Semmering-Quarziten verglichen, während andere Pegmatit-Mylonite (U. d. M.: Reste von Mikroklin, Albit-Oligoklas, Muskovit, Turmalin in feinem Serizitfz mit Neubildung von Leuchtenbergit, Apatit, Zirkon etc.), bzw. verschieferte Grobgnais-, Augengneis- oder Glimmerschieferlagen sein mögen, die bei Mg-Zufuhr unter epizonalen Bedingungen eine Umwandlung erfuhren (vgl. O. M. FRIEDRICH 1946 : 71, H. WIESENER 1971 : 353).

Endlich muß auf das Talkvorkommen am Rabenwald hingewiesen werden (O. M. FRIEDRICH 1946, 1951 u. a.). Der Mineralbestand der abgebauten Rohware besteht aus Talk, Klinochlor, Quarz, Glimmer, Magnesit und Apatit. Die Bildungsbedingungen können nach H. HERITSCH 1967, 1971 mit etwa 450—500° C bei 2 kb angenommen werden, wobei u. a. an die Möglichkeit einer metasomatischen Umwandlung eines kieseligen Dolomits in Magnesit und weiter in Talk und Quarz gedacht wurde.

Einen zusammenfassenden Überblick über die Talklagerstätte und ihre Mineralien gibt die Arbeit von A. WEISS 1972.

Der Grobgnais-Komplex

Unter dieser Bezeichnung werden alle granitoiden Mobilisate innerhalb der Hülschiefer verstanden, wobei jedoch nur ein Teil derselben petrographisch als Grobgnais anzusprechen ist.

Es werden verschiedene, durch Übergänge miteinander verbundene Gesteinstypen auseinandergelassen:

(a) Grobgnais („Wenigzeller Grobgranit“ von R. SCHWINNER 1932 : 324): Es handelt sich hierbei um Linsen, Schollen oder größere, unregelmäßig begrenzte Körper grobkörniger, granitoider Gesteine, die häufig große, blaßrosafarbige Feldspate führen. Diese Gesteine weisen alle Übergänge von richtungslos

massigen Typen, bis zu solchen mit deutlicher schiefrieger Textur auf. Letztere verdanken ihren Habitus einer phyllonitischen Umformung, die von F. HE-RITSCH 1928 : 6 eingehend beschrieben wurde.

Nebengesteinseinschlüsse treten in den Gneisen nur gelegentlich, meist als kleine Glimmerschiefer-Schollen, auf (H. WIESENER 1960 : 116, 1961).

Das mikroskopische Bild zeigt bis zu 80 mm lange, flache oder örtlich scharf gegitterte Mikroklin-Mikroperthite. Nach G. FRASL 1954 : 105 zeigen die Karlsbader Zwillinge geregelte Wachstumseinschlüsse von Plagioklas und Biotit, wobei beide eine starke metamorphe Überprägung aufweisen (Biotit wird durch Klinozoisit verdrängt, während der Plagioklas eine Klinozoisit-, Serizit- und Granat-Fülle aufweist). Stellenweise findet sich Schachbrettalbit-Bildung. Die Ader- und Faserperthite sind regelmäßig entwickelt.

Der bis zu 5 mm große Plagioklas ist meist „gefüllt“. Nach H. WIESENER 1960 : 116 findet sich als „Fülle“ neben Klinozoisit und Serizit Granat und Epidot. Der An-Gehalt liegt zwischen 10 und 15%. Als Zwillingbildung konnte das Albit-, Manebacher- und Periklingesetz nachgewiesen werden. Untergeordnet treten auch ungefüllte Albite (An 0—5), die wahrscheinlich jüngere Bildungen darstellen, auf.

Der Quarz ist zwei bis drei Millimeter groß, meist klar und lokal undulös auslöschend. Biotit ist ebenso wie Muskovit spärlich. Manchmal sind die beiden parallel verwachsen. Der Biotit enthält teilweise Zirkon- und Apatit-Einschlüsse. Der Muskovit geht bisweilen in Serizit über. Weiters findet sich Granat (um 0,1 mm), Zirkon, Apatit, Leukoxen, Epidot, Klinozoisit, Orthit. Örtlich tritt auch Chlorit auf, der teilweise aus dem Granat hervorgeht. Der Biotit kann schöne Sagenitgitterung zeigen.

H. WIESENER 1960 : 117 gab folgende Volumsprozente an: Mikroklin 27%, Plagioklas 24%, Biotit 12%, Muskovit 2%, Quarz 33%, Erz, Granat, Epidot, Apatit und Zirkon 2%.

Chemische Analysen finden sich in Tab. 5. Sie zeigen ebenso wie der Dünnschliffbefund die große Ähnlichkeit der Grobgnese der Oststeiermark mit den Mürztaler Grobgnese (F. ANGEL 1924 : 70. Vgl. auch H. WIESENER 1971 : 346).

b) Feingranit („Pöllauer Feingranit“ von R. SCHWINNER 1932 : 327): Die Gesteine dieses Typus unterscheiden sich vom Grobgnese nur durch ihre geringere Korngröße. Außerdem variieren sie stärker. Sie sind manchmal durch das Vorherrschen von Quarz und Feldspat sehr hell, während wieder andere Typen dunkel gefärbt erscheinen, was mit einem stärkeren Hervortreten von Biotit, Hornblende und Granat zusammenhängt.

Der nach H. WIESENER 1961 : 10 nicht perthitisch entmischte Mikroklin erreicht in ihnen nur eine Größe von etwa fünf Millimeter. Ihr Verbreitungsgebiet entspricht dem der Grobgnese.

c) Granit von Stubenberg: Der mittelkörnige, steinbruchmäßige abgebaute Granit der Freienbergerklamm bei Stubenberg ist nach H. WIESENER 1971 : 347 jünger als die Grobgnese. Nach A. HAUSER & H. URREGG 1949 : 14 können ein Zweiglimmer-führender und ein Muskovit-führender Typus unterschieden werden. Pegmatite sind in dem Gestein häufig. W. TUFAR 1961, 1962 beschrieb aus ihnen Beryll und Amethyst.

Der schrittgranitische Verwachsung von Mikroklin und Quarz zeigende Granit, hat nach H. WIESENER 1968 folgenden berechneten Mineralbestand: Quarz 31,3 Vol.-%, Albit 32,6 Vol.-%, Anorthit 2,0 Vol.-%, Kalifelspat 12,0 Vol.-%, Muskovit 16,5 Vol.-% und Biotit 5,6 Vol.-%. Der Plagioklas zeigt trotz Serizitfülle einen An-Gehalt von 30%. An Accessorien treten Granat und Zirkon auf. Der Quarz zeigt undulöse Auslöschung (vgl. auch J. G. HADITSCH 1971 : 39).

Felsgleitungen größeren Stils, die von J. G. HADITSCH 1970 studiert wurden und mit der Unterlagerung des Granits durch Talkschiefer und Weißschiefer zusammenhängen (H. WIESENER 1971 : 347) belasten den Abbau.

d) Mikroklin-Augenschiefer und Augengneis („Strallegger Gneis“ von R. SCHWINNER 1935 : 72):

Es handelt sich bei den Augenschiefern um deutlich linsig-schichtig ausgebildete Gesteine.

Unter dem Mikroskop zeigen sich gewellte Strähne von Muskovit-Scheitern, seltener Biotit und Chlorit. Dazwischen findet sich ein feinkörniges Mosaik nicht undulöser Quarze und klarer Albite. Die bis zwei Zentimeter großen Mikroklin-Blasten zeigen Einschlüsse von Quarz, „gefüllten“ Plagioklasen und Glimmerschüppchen. Lokal ist Schachbrett-Albitbildung zu beobachten. Selten treten zonar „gefüllte“ Albite auf.

Ein etwas abweichender Typ sind die „Strallegger Gneise“ i. e. S. Sie zeigen einen mehr oder minder gefalteten Lagenbau von Quarz, Muskovit-Scheitern und „gefüllten“ Albit-Blasten (O. M. FRIEDRICH 1946 : 67).

Relativ selten sind in diesem Bereich Pegmatite und Aplite (H. WIESENEDER 1961 : 8).

Tab. 5: Chemische Analysen kristalliner Gesteine der Oststeiermark

Probe Nr. : Gew. %	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	71,10	69,80	72,56	74,46	59,52	72,00	47,60	45,55	45,25
TiO ₂	0,25	0,39	0,40	sp.	1,02	—	0,88	3,04	4,50
Al ₂ O ₃	15,09	15,90	15,15	14,67	17,04	14,84	9,98	23,00	18,56
Fe ₂ O ₃	1,23	1,07	0,52	0,68	2,01	0,52	0,05	1,92	3,20
FeO	0,99	1,71	0,97	0,60	5,64	—	1,22	8,35	11,20
MnO	0,01	0,05	sp.	0,02	—	—	0,02	0,17	0,35
CaO	1,46	1,81	0,28	0,41	2,25	0,41	0,20	6,00	7,03
MgO	0,65	0,81	0,37	0,26	2,72	4,41	30,30	3,25	4,90
Na ₂ O	3,10	2,74	3,25	3,22	3,55	0,48	0,09	0,65	1,40
K ₂ O	4,50	4,66	4,54	5,24	3,91	3,65	0,44	3,30	0,61
CO ₂	0,50	0,12	0,02	0,08	—	—	1,49	1,69	—
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,04	—	0,08	0,21	0,07	0,57	0,14
H ₂ O+	0,96	0,72	1,68	0,30	2,04	3,06	7,46	1,76	2,49
H ₂ O—	0,24	0,06	0,31	0,14	0,10	0,68	0,17	0,11	0,21
	100,12	99,89	100,09	100,08	99,88	100,26	99,97	99,36	99,84

1. Grobgnais, St. Jakob i. W., Anal. JANDA in H. WIESENEDER 1961.
2. Grobgnais, Birkfeld, Miesenbachtal, Anal. JANDA in H. WIESENEDER 1961.
3. Granit von Stubenberg, Anal. PRODINGER in H. WIESENEDER 1968.
4. Schiefergnais, Alter Steinbruch Edelsee, Anal. J. STINI 1918.
5. Schiefergnais, westl. Anger., Anal. A. KUNTSCHNIG 1927.
6. Weißstein, Rabenwald, Anal. A. WEBER 1938.
7. Rohware Talkum, Rabenwald, Anal. Talkumwerke Naintsch in H. HERITSCH 1971.
8. Metagabbro (Eckbergit), Klaffenegg-Graben, Anal. JANDA in H. WIESENEDER 1961.
9. Hornblende-Prasinit, Eckberg, Anal. JANDA in H. WIESENEDER 1961.

Weitere Analysen kristalliner Gesteine der Oststeiermark finden sich in den Arbeiten von J. STINI 1918, A. KUNTSCHNIG 1927, H. WIESENEDER 1961, H. HERITSCH 1971.

Nach H. WIESENEDER 1971 : 352 sind diese Granite im Karbon in eine polymetamorphe Folge eingedrungen. Der älteste Metamorphoseakt erfaßte nur die Fe- und Al-reichen, altpaläozoischen (?) Sedimente und führte zur Bildung von staurolithführenden Glimmerschiefern. Er wird gefolgt von einer Migmatisierung, die Streifen- und Faltenmigmatite (Strallegger Gneise) erzeugte. Glimmerschiefer, Arkosegnais und Dithenquarzite sind das Produkt einer zweiten, vorgranitischen Metamorphose.

H. WIESENER 1961 faßte die Granite als anatektische Mobilisate, entstanden aus in größeren Tiefen vorhandenen Gesteinen auf, wobei er die mit Korund-Spinell-Felse verknüpften gabbroiden Gesteine, wie sie z. B. südlich von Birkfeld auftreten, als Restite dieser Anatexis deutete.

Das Alter dieser Entwicklung wird durch das Auftreten von Grobgnais-Geröllen im Perm als variszisch fixiert.

Alpidisches Alter besitzt die epizonale Umprägung (Diaphthorese der Glimmerschiefer, Vergneisung der Grobgranite bis zur Bildung von Weißschiefern, Umprägung der Metagabbros zu prasinitartigen Gesteinen etc.). Darauf deuten u. a. mehrere Altersbestimmungen (J. KANTOR 1961; J. KANTOR & H. FLÜGEL 1964), die für die Grobgnais K/Ar-Werte von 72.10^6 , 94.10^6 und 96.10^6 Jahre lieferten. (Ungeklärt bleibt die Deutung eines Wertes von 153.10^6 für den Stubenberger Granit. Vgl. H. WIESENER 1968, 1971.) Einen ersten Hinweis auf die Bedingungen dieser alpidischen Metamorphose ergibt sich aus den von H. HERITSCH 1967, 1971 für die Talklagerstätte Rabenwald ermittelten Daten (vgl. S. 19).

II/3. Das Koralm-Kristallin

Im Südwesten des Kartenblattes tritt südlich und westlich von Köflach-Voitsberg eine Gesteinsfolge auf, die zum Koralm-Kristallin gehört. P. BECKMANNAGETTA 1953 : 88 gliederte dieses in einen tieferen Anteil, bestehend aus Granodioriten und Augengneisen mit einem Granat-Stauroolith-Schieferdach, eine mittlere Folge von Granat-Glimmerschiefern, die durch eine pegmatoide Durchtränkung Gneis-Charakter aufweisen können, und ein Hangendglied von Stauroolith-Granat-Glimmerschiefern. Im Bereich der Karte sind nur Teile der mittleren und die obere Folge vertreten. F. HERITSCH 1921 : 164 bezeichnete erstere als „Teigitsch“, letztere als „Gradener Serie“.

II/3 a. Plattengneise (Teigitsch-Serie)

F. HERITSCH & F. CZERMAK 1923 : 24 unterschieden in der Teigitsch-Serie zwei Gneistypen: die Buntscheck-Gneise und die Hirschegger Gneise. Zwischen beiden existieren sämtliche Übergänge, so daß ihre Trennung in der Natur nur schwer konsequent durchführbar ist.

Im Bereich der Karte besitzen die rötlich-violetten, gelblichweiß gefleckten Buntscheck-Gneise keine größere Verbreitung, wohl jedoch die Hirschegger Gneise. Es handelt sich bei ihnen meistens um hellgraubraune, dünnschiefrige bis feinfasrige, plattig-buckelig brechende Gesteine mit einem ausgeprägten Lagenbau. Er ist durch einen Wechsel von aschenfarbig bis rötlich-violetten Glimmer-Granat-Teilen mit gelblichweißen Quarz-Feldspat-Lagen charakterisiert. Letztere zeigen auf den s-Flächen eine saubere Trennung in mehr oder weniger lange Quarz-Feldspat-Linearen. Bezeichnend ist das Auftreten von Disthen-Flatschen. O. HOMANN 1962 : 24 faßte diese Gesteine daher unter dem Begriff Disthenflasergneis zusammen.

Ein anderer Typus der Hirschegger Gneise sind die „Göbnitz-Gneise“. Sie unterscheiden sich von den ansonsten sehr ähnlichen Hirschegger Gneisen i. e. S. durch ein grobes Lagengefüge, wobei 3—10 mm dicke Quarz-Feldspat-Lagen mit 1—4 mm dicken Glimmer-Granat-Zeilen wechseln.

Mineralogisch sind nach der Literatur diese Gneise durch folgenden Mineralbestand charakterisiert:

- Quarz: Grobbuchtig verzahnt, z. T. örtlich zerbrochen, jedoch meist ohne optische Anomalien.
- Feldspat: Plagioklas (Oligoalbit-Oligoklas 11—12 An), unzonar und ungefüllt, jedoch stellenweise mit Disthen bzw. Muskovit-Einschlüssen. Im Gößnitz-Gneis auch Kalifeldspat.
- Glimmer: Muskovit und rotgetönter Biotit. Teilweise tritt auch Schüppchenmuskovit auf.
- Granat: Almandin mit Ilmenit, Rutil, Quarz und Glimmer-Einschlüssen. Ferner Disthen, Apatit, Rutil, Ilmenit, Pyrit, Zoisit.

Der starke Wechsel im Mineralbestand und in seinen Prozentverhältnissen geht deutlich aus der folgenden Tabelle hervor (F. HERITSCH 1925 a : 103, F. ANGEL & A. RUSCH 1928 : 284, 290):

Tab. 6: Integrations-Analysen einiger Koralm-Gneise (Vol.-%)

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8
Quarz	36,35	28,3	15,0	6,8	2,9	36,9	39,2	61,7
Plag.	26,85	0,3	9,5	0,2	2,0	27,4		
Musk.	16,70	44,4	38,9	63,3	46,7	—	28,7	18,25
Biotit	7,95	2,8	7,2	—	14,4	13,5	2,7	5,75
Granat	6,00	16,3	5,3	20,1	12,9	16,5	20,5	11,7
Disthen	4,30	6,0	22,2	8,0	17,8	4,2	—	—
Rutil, Erz etc.	1,85	—	—	—	—	—	8,9	2,0

1. Hirschegger Gneis, Hirschegger Gebiet.
2. Hirschegger Gneis, Profil St. Bartholomä—Hirschegg.
3. Hirschegger Gneis, Teigitschgraben unter dem Grabenschmied.
4. Hirschegger Gneis, nördlich von St. Johann.
5. Hirschegger Gneis, nordwestlich P. 1217 gegen Flantscher.
6. Hirschegger Gneis, Sallagraben, 1,5 km ober Krennhof.
7. Gößnitz-Gneis, Teigitsch-Wasserstollen.
8. Gößnitz-Gneis, Teigitsch-Wasserstollen.

Den Chemismus der Gesteine zeigt Tab. 9.

Als relativ seltene Einschaltungen treten in der „Teigitsch-Serie“ Marmore (z. B. Gößnitzrücken), Amphibolit-Linsen (südlich und südöstlich St. Martin am Wöllmißberg, in der Karte nicht ausgeschieden) und Granat-Glimmerschiefer auf.

Verschiedentlich finden sich in der Teigitsch-Serie auch Pegmatitstöcke. Sie führen neben Quarz, Feldspat, Muskovit und Biotit rötlichbraunen bis graugrünen Turmalin, Rutil, Zirkon, Apatit und Beryll (H. MEIXNER 1938, F. MACHATSCHKI 1927).

F. ANGEL 1940, F. ANGEL & F. TROJER 1953, faßten die Gneise als Produkt einer selektiven Mobilisation des ganzen reagierenden Schichtstoßes auf, die einerseits bis zur Bildung von phlebitischen Durchträngungsgesteinen („Pegmatiten“) führen kann, andererseits durch die Abfuhr von SiO₂, H₂O und Alkalien eine Anreicherung von Mg — Fe — Al (Granat, Disthen) erzeugte. Diesen Vorgang bezeichnete P. BECK-MANNAGETTA 1949 als „wurzellose venetische Metamorphose“. 1961 äußerte er sich dahingehend, daß auch die Korallengesteine mesozonal entstanden seien (vgl. auch P. BECK-MANNAGETTA 1967 b).

Nach den experimentellen Untersuchungen von H. v. PLATEN & H. HÖLLER 1966 an den Plattengneisen der Koralm handelt es sich bei diesen Gesteinen jedoch um keine Anatexite, sondern um Augengneise, die bei einer jüngeren Überprägung zu Plattengneisen ausgewalzt wurden. Ihre Bildungsbedingungen

werden mit 8—10 kb bei 550—645° C angegeben. Es entspricht dies in orogenen Zonen einer Bildungstiefe von ca. 25 km.

(In der Karte wurden diese Gesteine, ebenso wie die Gneise von Radegund, noch als „Injektionsgneise“ bezeichnet.)

Das Alter dieser Vorgänge ist derzeit noch nicht geklärt. Eine Reihe von Daten (J. KANTOR & H. FLÜGEL 1964, H. FLÜGEL 1964) aus dem Korralpen-Kristallin dürften Abkühlungswerte einer frühalpiden Phase sein. Möglicherweise entspricht dieser Vorgang der obengenannten jüngeren Überprägung älterer Gneise.

Nach H. HERITSCH 1963 a sind die Gesteine der Almandin-Disthen-Subfazies zuzurechnen.

II/3 b. „Gradener Serie“

Diese von F. HERITSCH 1921 : 164 definierte Hangend-Folge des Koralm-Kristallins wurde von W. RITTLER (unver.) in die tiefere „Göbnitz-Zone“ und die höhere „Gradener Zone“ gegliedert. Die Hauptmasse der ersteren Zone bilden Almandin-Stauroolith-Schiefer. In ihnen sind schmale Bänder von Quarziten, Plagioklasschiefern, Glimmer- und Gneisquarziten und Marmoren eingelagert. Stellenweise sind die Gesteine auch als Stauroolith-Granat-Gneise zu bezeichnen.

Mineralogisch bestehen sie aus:

Quarz: Undulös auslöschend, teilweise stark kataklastisch.

Feldspat: Falls vorhanden, Plagioklas (Oligoklas).

Glimmer: Muskovit und Biotit.

Stauroolith: Große Porphyroblasten (bis 5 cm lang!).

Granat: Groß, mit verlegtem si. Almandin.

Ferner stellenweise Disthen, Turmalin, Erz, Apatit, Rutil, Titanit, Chlorit.

Den stark wechselnden Mineralbestand zeigt folgende Tabelle nach F. HERITSCH 1925 a : 109:

Tab. 7: Integrations-Analysen von Gesteinen der Göbnitz-Zone (Vol.-%)

Probe Nr.:	1	2	3
Quarz	2,8	—	1,7
Feldspat	18,2	6,1	4,8
Biotit	8,4	12,8	9,9
Muskovit	26,7	50,2	58,1
Granat	26,2	24,1	14,8
Stauroolith	16,5	—	2,7
Disthen	—	—	4,0
Rutil	—	0,5	0,7
Chlorit	—	1,0	—
Turmalin	—	3,2	—
Erz etc.	1,2	1,9	3,3

1. Stauroolith-Gneis, Weg Sattelwirt—Jägerwirt.

2. Granat-Glimmer-Schiefer, Scherzberg.

3. Stauroolith-Disthen-Gneis, Katzbachgraben.

Die Grenze zu den Gneisen der „Teigitsch-Serie“ ist unscharf. In den höheren Teilen treten in dieser Zone 1—3 m mächtige Pegmatitlinsen auf.

O. HOMANN 1962 : 52 rechnete diese Pegmatite ebenso wie die übrigen Gesteine der Gößnitz-Zone jedoch noch seiner „Disthenflasergneis-Zone“ zu, wobei er den Disthengehalt als trennendes Merkmal beider Zonen auffaßte.

Die höhere „Gradener Zone“ beginnt nach W. RITTLER (unver.) mit einem auffallenden dunkelgrünen, feinkörnigen Glimmerquarzit-Band. Es ist meistens nur wenige Meter mächtig und basal teilweise pegmatoid durchadert. Gegen oben gehen die Quarzite in graue Almandin-Schiefer bzw. in schmutziggelbe Chlorit-führende Glimmerschiefer über, wobei letztere vor allem in den höheren Lagen auftreten. Die Gesteine sind teilweise stark quarzitisch.

Als Abschluß der Serie treten chloritoidführende Glimmerschiefer auf.

Als Einschaltungen finden sich geringmächtige Silikatmarmore, Amphibolite, Plagioklasschiefer und Granatgneise.

Eine Diaphthorese ist nach O. HOMANN 1962 : 52 im Gegensatz zu älteren Angaben nicht feststellbar.

Mineralfaziell ist diese Folge charakterisiert durch:

Quarz: z. T. kataklastisch.
 Feldspat: Plagioklas. In den Plagioklasschiefern mit 50 An (Labrador) teilweise inverszonar. Ferner Kali-Feldspat.
 Glimmer: Biotit und Muskovit.
 Hornblende: Dunkelgrün (Anal. F. HERITSCH & F. LIEB 1924 : 337).
 Granat: Almandin, groß mit si aus Erz und mit Einschlüssen von Rutil, Quarz, Biotit, Calzit, Hornblende (Anal. F. HERITSCH & F. LIEB 1924 : 337).
 Ferner: Zoisit, Calzit, Ilmenit, Turmalin, Erz, Titanit, Chlorit.

Einen Überblick über die mineralogische Zusammensetzung einiger Amphibolite und Gneise gibt Tab. 8:

Tab. 8: Integrations-Analysen von Gesteinen der „Gradener Zone“ (Vol.-%)

Probe Nr.:	1	2	3	4
Hornblende	86,97	80,00	32,46	—
Quarz	—	—	0,86	16,3
Plagioklas	9,71	8,1	—	20,8
Zoisit etc.	1,35	8,7	3,95	1,9
Titanit etc.	1,97	3,2	2,33	2,6
Granat	—	—	19,05	27,1
Diabl. Gewebe	—	—	41,43	—
Glimmer	—	—	—	29,4

1. Amphibolit, Dietenberg, O. M. FRIEDRICH 1929.
2. Amphibolit, Dietenberg, O. M. FRIEDRICH 1929.
3. Eklogit-Amphibolit am Bahndamm nördlich des Dietenbergs, O. M. FRIEDRICH 1929.
4. Granat-Gneis, Marmorbruch im Teigtischgraben, F. HERITSCH & F. LIEB 1924.

Tab. 9: Chemische Analysen von Gesteinen des Koralm-Kristallins

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6
Gew.-%:						
SiO ₂	67,42	55,36	68,64	50,15	25,95	51,30
TiO ₂	0,67	1,05	0,86	—	—	0,77
Fe ₂ O ₃	1,05	2,08	1,22	2,43	0,46	1,88
FeO	3,99	6,96	4,83	5,78	1,70	8,57
MnO	—	—	—	—	—	0,50
Al ₂ O ₃	16,87	21,73	13,81	21,33	5,06	15,63
MgO	1,12	2,54	1,86	2,69	2,50	3,21
CaO	1,39	1,72	1,32	4,05	32,87	11,78
Na ₂ O	2,34	2,24	2,33	4,06	0,36	3,15
K ₂ O	2,99	3,72	2,98	5,48	1,17	1,40
P ₂ O ₅	—	0,12	—	0,50	0,20	—
S	—	0,96	0,70	—	—	—
H ₂ O	2,27	1,74	1,76	3,03	2,13	3,19
CO ₂	—	—	—	0,80	28,58	—
	100,11	100,22	100,31	100,30	100,98	101,38

1. Hirschegger Gneis, Hirschegger Gebiet, Anal. F. ANGEL & A. RUSCH 1928.
2. Teigitsch-Gneis, Teigitsch-Stollen, Anal. F. ANGEL & A. RUSCH 1928.
3. Teigitsch-Gneis, Teigitsch-Stollen, Anal. F. ANGEL & A. RUSCH 1928.
4. Plagioklasschiefer, Steinbruch im Teigitschgraben bei Gaisfeld, Anal. F. HERITSCH & F. LIEB 1924.
5. Marmor, Steinbruch im Teigitschgraben bei Gaisfeld, Anal. F. HERITSCH & F. LIEB 1924.
6. Amphibolit, Steinbruch im Teigitschgraben bei Gaisfeld, Anal. F. HERITSCH & F. LIEB 1924.

II/4. Das Kristallin von Radegund

Im Norden und Westen tektonisch vom Paläozoikum von Graz überlagert, im Süden und Osten unter das Neogen der Oststeiermark untersinkend, findet sich um St. Radegund ein dem Koralm-Kristallin sehr ähnlicher Gesteinskomplex. Er läßt eine grobe Gliederung in eine tiefere Folge, die vorwiegend aus Gneisen besteht, und in eine Glimmerschiefer-Hülle zu.

II/4a. Schiefergneise und Pegmatite

Es handelt sich überwiegend um helle, z. T. rotviolette, dickplattig und höckerig brechende Schiefergneise. Grobkörnige quarzreiche Lagen wechseln hierbei mit Granat-Glimmerzeilen. Dazu tritt linsen-, lagen- oder aderförmig Feldspat (Metatexite).

A. KUNTSCHNIG 1927 : 95 und J. ROBITSCH 1949 : 114 versuchten in Anlehnung an die Gliederung der Koralm-Gesteine durch F. HERITSCH & F. CZERMAK 1923 eine Typisierung der Schiefergneise von Radegund. Der Unterschied zwischen den einzelnen Gesteinen (Hirschegger Gneis, Gößnitz Gneis, Stainzer Plattengneis etc.) liegt vor allem im Gesteinsgefüge, wobei die einzelnen Formen fließend ineinander übergehen.

Die Quarze löschen meist undulös aus. Neben den oft inverszonaren, z. T. trüben und spärlich Einschlüsse aufweisenden Plagioklasen (10—30 An), findet sich auch Kalifeldspat. Biotit und Muskovit ist reichlich vorhanden. Weiters finden sich Disthen, Staurolith, Rutil, Zirkon und Apatit. Örtlich tritt Granat und Turmalin hervor.

Die Gesteine zeigen stellenweise eine Diaphthorese (Chloritisierung von Granat, Staurolith-Pseudomorphosen) und häufig starke postkristalline Durchbewegung.

Als Einschaltungen in diesen Gneisen finden sich granatführende, lichtgraue Biotitquarzite (W-Hang des Rinegger Rückens, Steinberg) mit Feldspatführung, fein- bis grobkörnige Silikatmarmore mit Plagioklas-, Zoisit-, Hornblende- und Granatführung (Raabtal), und Zoisit- bzw. Plagioklas-Amphibolite (Oberdorf a. d. R., Ebersdorf südl. St. Radegund).

Nach E. NEUWIRTH 1951:161 besteht das letztgenannte, schwachschieferige, schwarzgrüne, feinkörnige Gestein aus grünen Hornblenden (61 Vol.-%), Plagioklas (55—65 An), Klinozoisit, Apatit, Titanit und Ilmenit. Dazu kommen im Amphibolit von Oberdorf a. d. R. noch Epidot und Granat.

Innerhalb dieses Gneiskomplexes, aber auch verbreitet in der höheren Glimmerschiefer-Serie treten zahlreiche „Pegmatit“-Stöcke, -Linsen und -Schlieren auf. Die hellen, massigen, grobkörnigen Gesteine zeigen bisweilen eine schriftgranitische Verwachsung von Quarz und Feldspat (F. ANGEL etc. 1939 : L, H. HERITSCH & P. PAULITSCH 1954).

Der Plagioklas ist ein Albit bis Oligoalbit (Analyse F. MACHATSCHKI 1927 : 243), mit zahlreichen Einschlüssen von Quarz und Muskovit. Die Zwillingslamellen können gebogen sein. Der Mikroklin zeigt mikroperthitische Ausbildung. Der kataklastische Quarz ist rauchgrau. Regelmäßig findet sich auch Muskovit als Hauptgemengeteil. An Mineralen wurden beobachtet: Turmalin (Anal. F. MACHATSCHKI 1927 : 243), Spodumen (Anal. K. SCHOKLITSCH in F. ANGEL 1933 : 443), blaßbläulicher Beryll, Apatit, Uranminerale, Zirkon und Xenotim (A. ALKER 1967, 1972).

Der Mineralbestand verarmt gegen das Hangende zu. An der Grenze gegen die paläozoischen Schiefer der Passailer Mulde und in diesen finden sich nur mehr Quarzgänge mit teilweise großen Muskovitbildungen. Jedoch konnte O. HOMANN 1959 a : 193 südlich von Semriach beim Paulurl einen Apatit-führenden Grobkorn-Aplit beschreiben, der im primären Epidot-Biotit-Kontakt mit den paläozoischen Grünschiefern dieses Raumes steht. Er zeigt, daß pegmatoide Mobilisate noch in das Paläozoikum eindringen können.

Vermutlich entspricht die Genese der Schiefergneise der der Koralm-Gneise.

II/4b. Glimmerschiefer, Amphibolite usw.

Ohne scharfe Grenze folgen über den Schiefergneisen von Radegund Granat-(Almandin-)Glimmerschiefer bis dunkle Granatphyllite. Die erstgenannten Gesteine führen teilweise bis zu 6 Zentimeter große Staurolithkristalle (beim Schöckelkreuz z. B.) bzw. 1—5 mm große Chloritoidtafeln. Stellenweise entwickeln sich aus den Glimmerschiefern auch dunkle Quarzite bis Granat-Glimmerquarzite.

Mineralfaziell bestehen die Gesteine neben Quarz und Muskovit aus Biotit, Almandin, Staurolith, Disthen, Chloritoid, Chlorit, selten Albit bis Oligoklas.

Partienweise findet sich auch hier starke Durchtränkung der hellen bzw. dunklen Glimmerschiefer durch Feldspatsubstanz.

Eingeschaltet in diese Serie finden sich neben den bereits oben beschriebenen Pegmatitstöcken Amphibolite und Kalksilikatschiefer. Nach E. NEUWIRTH 1951 : 164 handelt es sich hierbei ausschließlich um Paraamphibolite. Sie stellen meist geringmächtige, kleine linsenförmige Körper dar.

Tab. 10: Integrations-Analysen von Amphiboliten und Kalksilikatschiefern des Radegunder Kristallins (Vol.-%) (E. NEUWIRTH 1951)

	Ho	Pl	Q	Di	Kl+Zo	Ep	Gr	Ap	Bi	Ti+Il	Ca
1	94	—	—	—	4	—	—	+/-	—	2	—
2	78	14	—	—	2	—	—	—	1	5	—
3	53	22	—	9,5	9,5	—	—	1	—	5	—
4	32	36	6	—	12	—	6	—	—	8	—
5	30	22	—	42	2	—	—	+/-	—	4	—
6	23	17	—	—	—	9	—	+/-	3	3	45
7	12	2	69	—	11	—	1	—	—	5	—
8	—	21	—	—	—	17	—	1	40	3	18

1. Amphibolit vom Rineggberg.
2. Amphibolit von Oberschöckel-Nord.
3. Amphibolit von Rinegg-Südwest.
4. Amphibolit von Oberschöckel-Nord.
5. Amphibolit von Rinegg-Südwest.
6. Kalksilikatschiefer Buchgraben-Hang.
7. Zoisitamphibolit nördl. Radegund.
8. Kalksilikatschiefer am östl. Buchgraben-Hang.

Die Gesteine können als biotitführende Plagioklasamphibolite, Granatamphibolite, Hornblende-Diopsidfels, Hornblende-Zoisitschiefer, Hornblende-Plagioklasschiefer, Kalksilikatschiefer usw. bezeichnet werden (J. HANSELMAYER 1965, E. NEUWIRTH 1951).

Der Mineralbestand der Hornblende-Gesteine ist folgender:

- Hornblende: 0,5—1,5 mm große grüne Hornblende $c : z = 20-23^0$.
 Plagioklas: meist klein, vorwiegend Andesin (30—42 An), seltener Labrador (55 bis 70 An). Meist nach dem Periklin-, seltener nach dem Albitgesetz verzwilngt. Randlich gehen die Labradore teilweise in Serizit über; z. T. inverszonar.
 Zoisit-Klinozoisit-Epidot: meist vorhanden, klein.
 Diopsid: vereinzelt auftretend, farblos.
 Biotit: tritt nur untergeordnet auf.
 Calzit: z. T. optisch anomal zweiachsig.
 Ferner: Apatit, Titanit, Ilmenit, Granat, Hämatit, Rutil.

Sie entsprechen nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung einer Prägung in der Mesozone und gleichen völlig den Paraamphiboliten der Gleinalpe.

Tab. 11: Chemische Analysen von Gesteinen des Kristallins von Radegund

Probe Nr. : Gew.-%	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	46,13	49,26	44,32	57,64	65,25	54,70
TiO ₂	1,80	1,36	1,80	1,37	0,62	1,44
Al ₂ O ₃	9,61	17,81	20,99	19,75	17,94	21,60
Fe ₂ O ₃	4,02	2,21	2,76	0,92	1,64	4,96
FeO	6,67	7,42	4,64	4,06	4,17	4,17
MnO	—	—	—	—	—	0,34
MgO	14,02	5,04	6,32	2,43	1,59	1,97
CaO	13,19	9,74	15,28	10,23	1,17	1,36
Na ₂ O	2,67	5,48	2,88	2,88	2,59	1,51
K ₂ O	—	0,28	0,02	—	3,94	4,25
P ₂ O ₅	—	0,23	sp.	—	—	0,13
H ₂ O	2,37	1,71	1,29	1,21	1,31	2,74
	100,48	100,54	100,30	100,49	100,22	99,17

Analytiker: 1—4: E. NEUWIRTH 1951, 5: A. KUNTSCHNIG 1927, 6: J. GIPTNER in F. ANGEL 1965.

1. Hornblendeschiefer, Rineggberg.
2. Plagioklasamphibolite, Oberschöckel-Nord.
3. Diopsidführender Plagioklasamphibolit, Rinegg-Südwest.
4. Hornblendequarzit nördlich Kreuzwirt.
5. Schiefergneis, Steinberg P. 603.
6. Granatphyllit von Klein-Tivoli.

II/5. Schrifttum

1. ANGEL, F., Petrographisch-geologische Studien im Gebiete der Gleinalpe (Steiermark). — Jahrb. geol. Bundesanst., 73, 63—98, Wien 1923.
2. —, Das Gleinalpengebiet als metamorphe Einheit. — N. Jahrb. Mineral. etc. Beil. Bd. 51, 213—239, Stuttgart 1924 (1924 a).
3. —, Gesteine der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 60 B, 302 S. Graz 1924 (1924 b).
4. —, Die Magmentfaltung im Gleinalmgebiet (Steiermark). — N. Jahrb. Mineral. Beil. Bd. 54, 423—467, Stuttgart 1928.
5. —, Spodumen und Beryll aus den Pegmatiten von St. Radegund bei Graz (Sammelmitteilung). — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 43, 441—446, Wien 1933.
6. —, Der Kraubather Olivinfels- bis Serpentin Körper als Glied der metamorphen Einheit der Gleinalpe. — Fortschr. Mineral etc., 23, XC—CIV, Berlin 1939.
7. —, Mineralfazies und Mineralzonen in den Ostalpen. — Wiss. Jahrb. Univ. Graz, 251—304, Graz 1940.
8. ANGEL, F. & BIRNBAUM, N., Glimmeramphibolit aus dem Kainachtal. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 36, 141—146, Wien 1923.
9. —, Zur Kenntnis der Gleinalm-Paraschiefer. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 37, 113—140, Wien 1925.
10. ANGEL, F. & MARTINY, G., Die Serpentine der Gleinalpe. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 38, 353—375, Wien 1925.
11. ANGEL, F., MEIXNER, H. & WALTER, L., Über den Lehrausflug zur Kristallinsel von Radegund bei Graz, 26. August 1938. — Fortschr. Mineral, etc., 23, XLVII—LIV, Berlin 1939.
12. ANGEL, F. & RUSCH, A., Chemisch-petrographische Untersuchungen an Gesteinen der Stubalpe (Steiermark). — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 39, 255—303, Wien 1928.
13. ANGEL, F. & SCHARITZER, R., Grundriß der Mineralparagenese. — 293 S., Wien 1932.
14. ANGEL, F. & SCHENK, W., Chemisch-petrographische Studien über den Gleinalmkern. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 39, 8—27, Wien 1928.

15. ANGEL, F. & SCHNEIDER, E., Die Amphibolite des Gleinalpengebietes. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 36, 1—24, Wien 1923.
16. ANGEL, F. & TROJER, F., Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose — Radex-Rdsch., 315—334, Radenthein 1953.
17. BECK-MANNAGETTA, P., Die wurzellose, venetische Metamorphose des Korralpenkristallins. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 86, 10—12, Wien 1949.
18. — , Über den Bau der Korralpe. — Fortschr. Mineral., 32, 88—89, Berlin 1953.
19. — , Zur Deutung der Eklogite im Korralpenkristallin (Zentralalpen). — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt. (III), 7, 437—450, Wien 1961.
20. CLAR, E., Über die Geologie des Serpentinstockes von Kraubath und seiner Umgebung. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 64/65, 178—214, Karte 1 : 25.000, Graz 1929 (1929 a).
21. CLOOS, A., Das Kammgebiet der Korralpe. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 63, 119 bis 135, Karte 1 : 25.000, Graz 1927.
22. FLÜGEL, H., Die tektonische Stellung des „Altkristallins“ östlich der Hohen Tauern. — N. Jahrb. Geol., Mh., 202—220, Stuttgart 1960 (1960 a).
23. FRASL, G., Anzeichen schmelzflüssigen und hochtemperierten Wachstums an den großen Kalifeldspaten einiger Porphyrrgranite, Porphyrrgranitgneise und Augengneise Österreichs. — Jahrb. geol. Bundesanst., 97, 71—131, Wien 1954.
24. FRIEDRICH, O. M., Der Stauroolith von Dietenberg bei Ligist in Weststeiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 64/65, 215—223, Graz 1929.
25. — , Die Talklagerstätten des Rabenwaldes, Oststeiermark. — Berg- und Hüttenm. Mh., 92, 66—85, Wien 1946.
26. HAUSER, A., Petrographische Studien und Profile aus dem Gebiete der Mugel. (Mugel-Rennfeldzug, Steiermark). — N. Jahrb. Mineral. etc., Beil. Bd. 70, A, 356—384, Stuttgart 1935.
27. — , Petrographische Begehungen in der Grauwackenzone der Umgebung Leobens. I. Hornblendegarbenschiefer. — Verh. geol. Bundesanst., 238—243, Wien 1936.
28. — , II. Gesteine mit Granat-Porphroblasten. — Verh. geol. Bundesanst., 147—150, Wien 1937 (1937 a).
29. — , III. Serpentine und Begleiter. — Verh. geol. Bundesanst., 219—226, Wien 1937 (1937 b).
30. — , IV. Die Marmore. — Verh. geol. Bundesanst., 87—95, Wien 1938 (1938 a).
31. — , V. Quarzite, Glimmerschiefer und Gneise. — Verh. geol. Bundesanst., 121—131, Wien 1938 (1938 b).
32. HERITSCH, F., Granit aus der Umgebung von Übelbach in Mittelsteiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 295—297, Wien 1908.
33. — , Geologie der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 57, 224 S., Karte 1 : 300.000, Graz 1921.
34. — , Amphibolgesteine von Stubalpe, Korralpe und aus den Seetaler Alpen — Centralbl. Mineral. etc., 696—703, Stuttgart 1922.
35. — , Die Gliederung des Altkristallins der Stubalpe in Steiermark. — N. Jahrb. Mineral. etc., Beil. Bd. 51, 73—117, Stuttgart 1925 (1925 a).
36. — , Das tektonische Fenster von Fischbach. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 101, 1—27, Wien 1928.
37. HERITSCH, F. & CZERMAK, F., Geologie des Stubalpengebirges in Steiermark. — 56, S., Karte 1 : 37.500, Graz 1923.
38. HERITSCH, F. & LIEB, F., Ein mineralreicher Marmor im Stubalpengebiet. — Centralbl. Mineral. etc., 334—339, Stuttgart 1924.
39. HERITSCH, H. & PAULITSCH, P., Über einen Schriftgranit von Radegund bei Graz. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt. (III), 4, 18—27, Wien 1954.
40. HÖLLER, H., Bericht (1959) über petrographische Untersuchungen auf Blatt Graz 1 : 100.000.— Verh. geol. Bundesanst., A 40—A 41, Wien 1960 (1960 a).
41. HOMANN, O., Der geologische Bau des Gebietes Bruck a. d. Mur-Stanz. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn., 14, 1—47, Graz 1955.
42. — , Apatitführender Grobkornaplit (Pegmatit) im Grazer Paläozoikum. — Berg- & Hüttenm. Mh., 104, 193—195, Wien 1959 (1959 a).
43. — , Bericht über die landeskundliche Bestandsaufnahme im Raume Pack. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 26—29, Graz 1959 (1959 b).
44. — , Aufnahmebericht über Kristallinanteile auf Blatt 134 Passail (1959). — Verh. geol. Bundesanst., A 42-A 45, Wien 1960.

45. KIESLINGER, A., Geologie und Petrographie der Koralpe IX, Der Bau der Koralpe und seine Beziehungen zu den Nachbargebieten. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 137, 491—532, Wien 1928.
46. KOBER, L., Das östliche Tauernfenster. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. 98, 201—242, Wien 1923.
47. — , Der geologische Aufbau Österreichs. — 204 S., Wien 1938.
48. LADURNER, J., Das Quarzgefüge der Muglneise. — Verh. geol. Bundesanst., 99—118, Wien 1949.
49. MACHATSCHKI, F., Steirische Chloritoidschiefer. — Geol. Archiv, 2, 188—206, Königsberg 1923.
50. — , Beitrag zur Kenntnis der mittelsteirischen Pegmatite und ihrer Mineralien. — Centralbl. Mineral. etc., A, 240—254, Stuttgart 1927.
51. MELXNER, H., Monazit, Xenotim und Zirkon aus Apatit-führenden Pegmatiten des steirisch-kärntnerischen Altkristallins. — Zeitschr. Kristallogr. (A), 99, 50—55, Leipzig 1938.
52. — , Neue mineralogische Seltenheiten aus der Ostmark. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 51, 434—439, Leipzig 1940.
53. MELXNER, H. & WALTER, L., Die Minerale des Serpentinegebietes um Kraubath (Obersteiermark). — Fortschr. Mineral. etc., 23, LXXXI—LXXXIX, Berlin 1939.
54. METZ, K., Die tektonische Stellung diaphthoritischen Altkristallins in der steirischen Grauwackenzone. — Zentralbl. Mineral., etc., B, 315—328, Stuttgart 1937.
55. — , Die Frage der Vergleichbarkeit von nordeuropäischem und alpinem Grundgebirge. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 253—260, Stuttgart 1952 (1952 a).
56. — , Gedanken zu baugeschichtlichen Fragen der steirisch-kärntnerischen Zentralalpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 50, 201—250, Wien 1958.
57. — , Karte 1 : 300.000 und Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 89, 87—103, Graz 1959 und Steir. Heimatatlas.
58. METZ, K. & HELFRICH, H., Beiträge zur Kenntnis der Seckauer Tauern I, Die Kerngesteine (Gneise und Granite) — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 130—157, Graz 1953.
59. NEUWIRTH, E., Die Amphibolite von Radegund. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 79/80, 149—164, Graz 1951.
60. PURKERT, R., Geologie des Kulm bei Weiz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 63, 91 bis 110, Karte 1 : 25.000, Graz 1927 (1927 a).
61. ROBITSCH, J., Das Radegunder Kristallin. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 77/78, 101—138, Karte 1 : 25.000, Graz 1949.
62. RÖSSNER, H., Über Radiumgehalt der Gesteine des Gleinalpen-Kerns. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 44, 495—504, Wien 1933.
63. SCHMIDT, W., Grauwackenzone und Tauernfenster. — Jahrb. geol. Staatsanst., 71, 101—116, Wien 1921.
64. — , Gefügestatistik. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 38, 392—423, Wien 1925.
65. SCHWINNER, R., Zur Geologie der Oststeiermark. Die Gesteine und ihre Vergesellschaftung. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 141, 319 bis 358, Wien 1932.
66. — , Zur Geologie von Birkfeld. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 72, 67—100, Karte 1 : 25.000, Graz 1935.
67. — , Die Albitisierung in Oststeiermark und angrenzenden Gebieten. — Mitt. Reichsamt f. Bodenf., 1, 81—97, Wien 1940 (1940 a).
68. — , Nachtrag zu: Die Albitisierung in Oststeiermark und angrenzenden Gebieten. — Mitt. Reichsamt f. Bodenf., 1, 311—314, Wien 1940 (1940 b).
69. — , Geologische Probleme der Raabalpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 39, 85—98, Wien 1951 (1951 a).
70. STAUB, R., Aktuelle Fragen im alpinen Grundgebirge. — Schweiz. Mineral., Petrogr. Mitt., 28, 422—442, Zürich 1948.
71. STINI J., Neue und wenig bekannte Gesteine aus der Umgebung von Bruck a. d. Mur. — N. Jahrb. Mineral. etc., 91—111, Stuttgart 1915.
72. — , Gesteine aus der Umgebung von Bruck a. d. Mur. — 59 S., Feldbach 1917 (1917 a).
73. — , Granitgneis von Birkfeld. — Centralbl. Mineral. etc., 22—29, Stuttgart 1918.
74. — , Kartenblatt Bruck a. d. Mur/Leoben. — Zone 16/Kol. XII, 1 : 75.000, Geol. Bundesanst. Wien 1932.

75. SPENGLER, E., Ein neues Vorkommen von Serpentin auf der Gleinalpe. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 50, 80—83, Graz 1913.
76. SUESS, E., Das Antlitz der Erde. — Bd. 3, Teil 2, 789 S., Wien 1909.
77. SY, E., Neuaufnahmen im Grazer Paläozoikum 1955/56: 2. Das Paläozoikum und Kristallin nördlich vom oberen Breitenauer Tal. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 115—120, Wien 1957.
78. TOLLMANN, A., Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchung des Zentralalpinen Mesozoikums. — Mitt. Ges. Geol. Bergb. Studenten Wien, 10, 3—62, Wien 1959.
79. WAAGEN, L., Aufnahmsbericht über Kartenblatt Graz (5155). — Verh. geol. Bundesanst., 53—55, Wien 1932.
80. WEBER, A., Der „Paragonitschiefer“ vom Rabenwald bei Anger, Oststeiermark. Eine Richtingstellung. — Zentralbl. Mineral. A, 252—254, Stuttgart 1938.
81. WEINZEDL, F., Die Paragenese des Serpentin-Reaktionshofes von Traföß. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 46, 73—84, Wien 1935.
82. WIESENEDER, H., Verbreitung und Entstehung der korund- und spinellführenden Gesteine der Oststeiermark. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 97, 109—119, Wien 1960.
83. —, Die Korund-Spinellfelse der Oststeiermark als Restite einer Anatexis. — Mineral. Mitteilungsbl. Joanneum, 1—30, Graz 1961.

Ferner: 87, 113, 145, 238, 449, 566, 589, 795, 806, 811, 813, 819.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

821. ALKER, A., Uranminerale aus dem Kristallin von St. Radegund, Stmk. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1967, 3—5, Graz 1967.
822. —, Über Mineralfunde im Kristallin von St. Radegund bei Graz. — Zur Mineralogie und Geologie der Steiermark, Der Aufschluß, SH 22, 67—68, 1 Abb., Heidelberg 1972.
823. ANGEL, F., Petrographische Studien an der Ultramafit-Masse von Kraubath (Steiermark). — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1964, 1—125, Graz 1964.
824. —, Petrographisch-petrochemische Berichte über einige Gesteinstypen der Umgebung von Graz. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1965, 1—11, Graz 1965.
825. ANGEL, F. & LASKOVIC, F., Beitrag zur Kenntnis der Enstatit-Bronzitfelse der Ultramafit-Masse von Kraubath (Steiermark). — Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl., (I), 175, 35—55, Wien 1966.
826. BECK-MANNAGETTA, P., Über das Westende der Pannonischen Masse. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 59, 139—150, 3 Abb., Wien 1967 (1967 a).
827. —, Die „venoide“ Genese der Koralpengneise. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1967, 6—10, Graz 1967 (1967 b).
828. —, Versuch einer tektonischen Gliederung der östlichen Zentralzone der Ostalpen. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 1969, 70—73, Wien 1969.
- 828 a. BECKER, L. P., Beiträge zur Gesteinskunde des Stub-/Gleinalpenzuges, Steiermark. I. Steinplan/Kleinlobming und Umgebung. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1973, 1—31, Graz 1973.
- 828 b. BECKER, L. P. & SCHUMACHER, R., Metamorphose und Tektonik im Gebiet zwischen Stub- und Gleinalpe, Stmk. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 65, 1—32, 5 Taf., 5 Abb., Wien 1973.
829. FLÜGEL, H., Die Geologie des Grazer Berglandes (Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000). Mit Beiträgen von A. ALKER, V. MAURIN, M. MOTTL und A. THURNER. — Mitt. Museum Bergb., Geol. & Techn. 23, 212 S., 4 Abb., Graz 1961.
830. —, Das Steirische Randgebirge. — Geol. Führer, 42, 153 S., 15 Abb., 4 Taf., Borntraeger 1963.
831. —, Versuch einer geologischen Interpretation einiger absoluter Altersbestimmungen aus dem ostalpinen Kristallin. — N. Jahrb. Geol. etc. Mh., 613—625, Stuttgart 1964.
832. HADITSCH, J. G., Die Hangbewegungen in der Umgebung des Granitsteinbruches von Stubenberg (Steiermark), I. Art und Ausmaß der Gleitungen. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1970, 1—22, 20 Abb., Graz 1970.

833. — , Die Hangbewegungen in der Umgebung des Granitsteinbruches von Stubenberg (Steiermark). II. Bemerkungen zum mineralogischen Aufbau, zur technischen Gesteinsbeschreibung und Folgerungen aus den Untersuchungsergebnissen. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1971, 38—50, 6 Abb., Graz 1971.
834. HANSELMAYER, J., Neue Funde von Kalksilikatschiefern im Radegunder Kristallin. — Mitt. naturwiss. Ver. Stmk. 95, 84—88, Taf. 1, Graz 1965.
835. HERITSCH, H., Exkursion in das Kristallgebiet der Gleinalpe, Fensteralpen-Humpelgraben, Kleinthal.-Mitt. naturw. Ver. Stmk., 93, 159—177, Graz 1963.
836. — , Pyrit und Magnetkies in einem Marmor der Gleinalpe, Steiermark. — Anz. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl., 1963, 128—130, Wien 1965 (1965 b).
837. — , Kristallgebiet der Gleinalpe, Fensteralpen-Humpelgraben, Kleinthal. — Fortschr. Miner., 42, 155—157, Stuttgart 1965 (1965 a).
838. — , Die Anwendung des Magnetkies-Geothermometers auf einige Fundpunkte in den östlichen Ostalpen (Gleinalpe, Koralpe, Rabenwald). — Anz. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl., 1965, 194—199, Wien 1965 (1965 b).
839. — , Pyroxene mit Entmischungslamellen in gabbroartigen Gesteinen des steirischen Randgebirges. — Anz. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl., 1966, 136—139, Wien 1966.
840. — , Über die Bildungstemperatur der Talklagerstätten auf dem Rabenwald. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1967, 40—45, 1 Abb., Graz 1967.
841. — , Ein Beitrag zur Frage der Bildungsbedingungen der Talklagerstätten auf dem Rabenwald. — Mitt. naturw. Ver. Stmk. 100, 28—36, 2 Abb., Graz 1971.
842. HERMANN, U., Die Umwandlung eines gabbroiden Gesteines aus dem Utschgraben bei Bruck an der Mur, Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 102, 15—23, 1 Abb., Graz 1972.
843. HÖLLER, H., Skolezit auf Klüften von Amphibolit im Granitbruch Fensteralpen-Humpelgraben/Gleinalpe, — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 94, 89—91, Graz 1964.
844. HOMANN, O., Das kristalline Gebirge im Raume Pack — Ligist. — Joanneum, Mineral. Mittbl. 1962/2, 21—62, 21 Abb., Graz 1962.
845. KANTOR, J. & FLÜGEL, H., Altersbestimmungen an Gesteinen des Steirischen Kristallins. — Anz. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Kl., 1964, 225—226, Wien 1964.
846. MÜLLER, R., Versuche zur Verwertung serpentinitischer Gesteine für die Nickelgewinnung. — Berg- u. Hüttenm. Mh. 95, 77—80, Wien 1950.
847. PLATEN, H. v. & HÖLLER, H., Experimentelle Anatexis des Stainzer Plattendgneises von der Koralpe, Steiermark, bei 2, 4, 7 und 10 kb H₂O-Druck. — N. Jahrb. Mineral. Abh., 106, 106—130, Stuttgart 1966.
848. PROSSNIG, W., Untersuchungen an granitoiden Gesteinen und Amphiboliten der Gleinalpe (Steiermark). — Unver. Diss. Mineral.-Petrogr. Inst. Univ. Graz, 244 S., Graz 1969.
849. ROST, F., Zur faziellen Einstufung österreichischer Peridotite. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 92—98, Graz 1967.
850. TUFAR, W., Ein Amethyst von Stubenberg. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 15—16, Graz 1962.
851. — , Die Erze des „Saussuritgabbros“ von Birkfeld (Steiermark). — Joanneum, Min. Mittbl. 1965, 13—21, 5 Abb., Graz 1965.
- 851 a. SCHUMACHER, R., Beiträge zur Gesteinskunde des Stub-/Gleinalpenzuges, Steiermark II. Rachau-Gleinalpe-Terenbachalpe. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 41, 96—120, 10 Abb., Graz 1974.
852. WEISS, A., Zirkonvorkommen im Raume Köflach — Pack. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 23—25, Graz 1970.
853. — , Die Talklagerstätten des Rabenwaldes und ihre Mineralien. — Zur Mineralogie und Geologie der Steiermark, 22. SH. Aufschluß, 56—65, 1 Abb., Heidelberg 1972.
854. WIESENEDER, H., Die alpine Gesteinsmetamorphose am Alpenostrand. — Geol. Rdsch., 52, 238—246, Stuttgart 1962.
855. — , Über die Genesis chloritoidführender Gesteine der Oststeiermark. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 1967, 124—128, Graz 1967 (1967 a).
856. — , Über die Genesis chloritoidführender Gesteine der Oststeiermark. — Joanneum, Mineral. Mitt. 1967, 124—128, Graz 1967 (1967 b).

857. — , The Eastern End of the Central Alps. — Guide to Excursion 32 C, Intern. Geol. Congr. Prague, 25—42, 3 Abb., Prag 1968.
858. — , Gesteinsserien und Metamorphose im Ostabschnitt der Österreichischen Zentralalpen. — Verh. Geol. Bundesanst. 1971, 344—357, Wien 1971.

III. Das Altpaläozoikum

Im Bereich der Karte treten, voneinander durch das Kristallin der Gleinalpe und des Rennfeldes getrennt, in der NW-Ecke und im Zentralteil des Blattes altpaläozoische Ablagerungen auf. Erstere gehören der „Steirischen Grauwackenzone“ an, während letztere die Hauptmasse des Paläozoikums von Graz bilden.

III/1. Das Altpaläozoikum der Grauwackenzone

In der Karte wurden drei Gesteinsfolgen auseinandergehalten. Es handelt sich hierbei um lithologisch definierte Komplexe, deren Alter nur zum Teil durch einige wenige Fossilfunde bekannt ist.

Erzführender Kalk

Hierzu wurden von J. STINI 1932 die nördlich von Leoben, gegen St. Peter-Freienstein auftretenden, mächtigen, gebankten graublauen Kalke gerechnet. Sie sind teilweise marmorisiert. Nach K. METZ 1938 : 179 ist die Grenze dieser Kalke gegen die umgebenden Schiefer eine tektonische. Örtlich sind die Kalke stark geklüftet und brecciös. Sie wurden verschiedentlich abgebaut (A. HAUSER & H. URREGG 1950 b : 27).

Bis auf unbestimmbare Conodontenreste (A. FENNINGER & H. L. HOLZER 1970) wurden im Bereich des Kartenblattes bisher keine Fossilien gefunden. Auf Grund der Feststellungen im Raume von Eisenerz kann jedoch vermutet werden, daß die erzführenden Kalke dem Silur/Devon angehören.

Feinschichtige Grauwackenschiefer (z. T. phyllitisch)

Unter diesem Begriff wird im Bereich des Blattes eine Folge von phyllitischen bis quarzitischen Gesteinen mit Einschaltungen verschiedener Grünschiefer, schwarzer Kieselschiefer und dünner, blauer Kalk- bzw. Kalkschieferlagen zusammengefaßt. Die Hauptmasse der Gesteine bilden matt silberglänzende, graue bis grünlichgraue Serizitphyllite. Teilweise sind in ihnen Quarz und Serizit in papierdünnen Lagen angeordnet, wodurch eine feinste Streifung und Bänderung des Gesteins hervorgerufen wird, was zur Namengebung durch W. HAMMER 1924 geführt hat.

Zusammen mit diesen Gesteinen kommen bleigraue, plattige Tonschiefer vor. Durch das Auftreten von Chlorit können sie eine leicht grünliche Tönung erhalten.

In Analogie mit dem Raume Eisenerz dürfte der größte Teil der Schiefer dem Ordovicium bzw. Silur angehören.

Meta-Diabase, Tuffe und Grünschiefer

Die genannten Gesteine wurden von A. HAUSER 1939 eingehend dargestellt. Bei den Meta-Diabasen handelt es sich um fleckige, grüne Gesteine. Sie sind meist massig entwickelt. Nach der Systematik von F. ANGEL 1932 sind sie seiner Gruppe 9/B/III zuzuordnen.

U. d. M. zeigt sich ein Klinochlor-Serizit-Gewebe mit Hornblende-Porphyroblasten. Dazwischen treten untergeordnet Epidotknäuel und mit Hornblendenädelchen dicht gespickte Plagioklase auf. Andere Typen zeigen eine reliktsche feinophitische Grundmasse mit Plagioklas-Einsprenglingen, die meist stark zersetzt und umgewandelt sind. Gelegentlich zeigt sich ein alter Zonarbau mit einem Andesinkern und einer Oligoklas-hülle.

Verbreitet sind mehr oder minder gemengte Tuffe bis Tuffite. Sie liegen als dünnblättrige bis schiefrige Fleckengrünschiefer bis Grünschiefer vor.

U. d. M. erkennt man ein feinkörniges Grundgewebe aus Serizit, Epidot, Biotit, Chlorit, Albit, Quarz und bisweilen Calzit. Als Einsprenglinge treten Hornblendens bzw. Biotit oder Chlorit auf. Häufig sind auch Limonit-Pseudomorphosen, seltener noch kenntliche Pyrite.

Die Tuffe weisen alle Übergänge zu den sedimentären Tonschiefern bzw. ihren phyllitischen Umprägungsprodukten auf.

Sie zeigen eine epizonale Metamorphose (Grünschiefer-Fazies von F. ANGEL 1940 : 272), wobei jedoch einzelne Typen als Vertreter einer stärkeren Umprägung (Prasinit-Unterfazies) gedeutet werden könnten („Norizitische“ Tuffite von A. HAUSER 1939).

Anzeichen postkristalliner Deformation sind oft gut erkennbar (A. HAUSER 1939 : 216, 223).

III/2. Das Altpaläozoikum von Graz

III/2 a. Erforschungs-Geschichte

Schon wenige Jahre nachdem M. ANKER 1828 die Schichten des Grazer Berglandes dem Übergangsgebirge G. A. WERNER's zugewiesen hatte, konnte F. UNGER 1843 a zeigen, daß sie wenigstens zum Teil dem 1839 aufgestellten devonischen System zuzuordnen sind. Aber erst 1868 sehen wir bei E. SUESS den Versuch, auf lithologischer Basis eine Gliederung dieser Ablagerungen durchzuführen. Mit G. STACHE 1884 begann der Kampf um eine Untermauerung dieser Litho-Stratigraphie durch die Bearbeitung der in den einzelnen Schichten gefundenen Fossilien und damit um deren Umbau zu einer Bio-Stratigraphie. Ein erstes Ergebnis in dieser Richtung konnte K. A. PENECKE 1894 vorlegen. Es wurde zur Basis aller weiteren Arbeiten und Versuche, von denen als bedeutendste die große Arbeit von F. HERITSCH 1915/1917 genannt werden muß, die als die erste zusammenfassende Darstellung des Grazer Paläozoikums gelten darf.

Wenn man von einigen deckentheoretischen Überlegungen absieht, standen zu dieser Zeit wohl fast alle Forscher des Grazer Paläozoikums auf dem Standpunkte einer „gebundenen Tektonik“. Erst R. SCHWINNER 1925 löste sich davon und vertrat die Ansicht eines Schubmassenbaues, der vor allem die Lösung einer Reihe stratigraphischer Probleme zu bringen schien. Damit begann eine erste Umdeutung der Stratigraphie. Das Ergebnis der zahlreichen Arbeiten, die wir aus dieser Zeit F. HERITSCH und seinen Schülern verdanken, finden wir in dem 1943 erschienenen Werk „Stratigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen“ zusammengefaßt bzw. in der Arbeit von H. FLÜGEL 1953 d.

Zu dieser Zeit begann es sich jedoch bereits zu zeigen, daß die litho-stratigraphischen Grundlagen dieses bio-stratigraphischen Denkgebäudes dieses nicht mehr tragen konnten. Damit setzte ein Umbruch in den Vorstellungen über die Stratigraphie der Ablagerungen des Grazer Paläozoikums ein.

III/2 b. Schichtfolge

Der Maßstab der Karte, sowie die ungleichmäßige Durcharbeitung des Raumes zwang gerade bei der Darstellung der paläozoischen Ablagerungen von Graz zu einer sehr starken Vereinfachung. Heute bereits lithologisch oder faunistisch trennbare Einheiten mußten daher zusammengezogen werden. In der vorliegenden Arbeit werden jedoch die dergestalt vereinigten Horizonte bzw. Schichten gesondert behandelt.

Nach unserer heutigen Kenntnis können wir im Paläozoikum von Graz drei Faziesbereiche unterscheiden. Es sind dies (1) die Rannach-Fazies, (2) die Hochlantsch-Fazies und (3) die Tonschiefer-Fazies.

(1) Die Rannach-Fazies (F. HERITSCH 1927 c: 116)

Die Rannach-Fazies tritt nördlich und westlich von Graz auf. Sie verzahnt sich im Bereich des Hoch-Trötsch und Plesch-Mühlbacher-Zuges im Norden bzw. Nordwesten mit der Hochlantsch-Fazies. Sie ist charakterisiert durch eine mächtige Entwicklung von Dolomiten und Dolomitsandsteinen im mittleren, und eine geringmächtige kalkige Entwicklung im höheren Mittel-Devon.

Schichten von Kher

(Ordovicium?, Silur/Lochkovium; H. W. FLÜGEL & H. P. SCHÖNLAUB 1971 : 142)

Im Raume von Kher nordwestlich von Graz findet sich als tiefstes Bauglied eine Schieferfolge, die in ihrer dort anzutreffenden charakteristischen Zusammensetzung im Paläozoikum westlich der Mur weite Verbreitung hat.

Das Hauptgestein stellen häufig chloritische, bräunlichgrüne, schmutzige und tonig-sandige Gesteine dar. Stellenweise sind sie mergelig entwickelt, wobei der Karbonatanteil gegen das Hangende zu zunimmt, so daß es hier zur Entwicklung toniger, unreiner, rötlicher oder brauner Kalke kommen kann.

Auffallend ist der hohe Limonitgehalt der Schiefer („Falbenschiefer“ L. WAAGEN 1929 : 59), der in erster Linie aus der Zersetzung von Pyrit herührt und im Gestein zur Bildung limonitischer Nester und Knoten führen kann. A. KRÖLL (unpubl.) gab aus dieser Folge auch Arkosen an. Charakteristisch sind Grünschiefer und Fleckengrünschiefer. Ihre Verknüpfung mit Meta-Diabasen (S. 61) läßt vermuten, daß es sich hierbei z. T. um einstige Tuffite und Tuffe handelt. Seltener finden sich dunkle Kieselschiefer (I. PELTZMANN 1940) oder kieselige Tonschiefer (R. KNEBEL 1938).

Die Mächtigkeit dieser Folge dürfte einige hundert Meter betragen. Ihr Liegendes ist nirgends aufgeschlossen.

In den Tiefbohrungen von Peggau wurde in stark wechselnder Mächtigkeit eine Diabasschiefer-Folge erbohrt. (H. SEELMEIER 1941 : 78, 1944 : 22), die wir als Äquivalent der Schiefer von Kher betrachten können. Sie bildet das Liegende graphitischer Tonschiefer und Kalke, die auf Grund ihrer Fauna dem Mittel-Devon angehören (vgl. S. 56). Die oft kalkigen Grünschiefer zeigen bisweilen Spuren einer Bleiglanz-Zinkblende-Vererzung (H. SEELMEIER 1944 : 19). Sie gehen gegen unten zu in blaue und graue tonige Schiefer und phyllitische Kalkschiefer über, in denen die Bohrungen bei teilweisen Endteufen von über 600 m steckengeblieben sind.

Ein analoges Profil wurde bei Guggenbach erbohrt, welches H. FLÜGEL 1953 e, dank des Entgegenkommens von H. SEELMEIER, publizieren konnte. Wahrscheinlich stellt, im Sinne von F. ERHART-SCHIPPEK (unver.), die liegende graphitische Schiefer-Kalk-Folge sowohl in den Bohrungen Peggau als auch in der Bohrung Guggenbach eine Fortsetzung der Kalkschieferzone von Übelbach-Frohnleiten dar (S. 52).

Wie Tab. 12 zeigt, wurden bisher aus den Kalklinsen der Schichten von Kher zwei altersverschiedene Conodontenfaunen bekannt (H. W. FLÜGEL & H. P. SCHÖNLAUB 1971).

Tab. 12: Conodontenfaunen der Schichten von Kher

	Genovevakreuz Kherer Wald	Winkel-Oberbüchl
<i>Prioniodina bicurvata</i> BRANSON & MEHL	+	
<i>Prioniodina excavata</i> BRANSON & MEHL	+	
<i>Spathognathodus inclinatus inclinatus</i> (RHOD.)	+	+
<i>Spathognathodus inclinatus wurmi</i> (BI. & SAN.)	+	
<i>Spathognathodus inclinatus</i> ssp. indet.		+
<i>Spathognathodus</i> sp.		+
<i>Spathognathodus steinhornensis</i> ssp. indet.	+	
<i>Acodus</i> cf. <i>similis</i> RHODES	+	
<i>Acodus</i> n. sp.	+	
<i>Plectospathodus extensus</i> RHODES	+	
<i>Pelekygnathus</i> sp.	+	
<i>Hindeodella equidentata</i> RHODES		+
<i>Hindeodella</i> sp.	+	
<i>Ligonodina</i> sp.	+	
<i>Ozarkodina typica denckmanni</i> ZIEGLER	+	
<i>Ozarkodina</i> cf. <i>media</i> WALLISER		+
<i>Ozarkodina zieglerei</i> ssp. indet.		+
<i>Ozarkodina</i> cf. <i>jaegeri</i> WALLISER		+
<i>Sagittodontus</i> cf. <i>thuringicus</i> JENTZSCH	+	
<i>Neoprioniodus excavatus</i> (BRANSON & MEHL)		+
<i>Oneotodus beckmanni</i> BISCHOFF & SANNEMANN	+	

Die Fauna der „Kalke des Genovevakreuzes“ gehört in das Lochkovium, die Fauna der Kalke von „Winkel“ in das Ludlovium (*siluricus*- bis *latialatus*-Zone).

Damit bietet sich eine Gliederung der Schichten von Kher in einen tieferen, vorwiegend vulkanogenen Komplex (Untere Schichten von Kher), der vielleicht dem Ordovicium angehört und einen höheren, vorwiegend sandig-kalkigen Komplex (Obere Schichten von Kher), der das Silur und Lochkovium umfaßt, an (vgl. H. W. FLÜGEL & H. P. SCHÖNLAUB 1972 : 146, H. W. FLÜGEL 1972 : 117).

Östlich der Mur zeigt sich eine zunehmende epizonale Metamorphose der Schieferfolge von Kher. Gleichsinnig damit nimmt die Durchbewegung der Gesteine stark zu. Chloritphyllite, Serizitphyllite und Chloritoidschiefer (F. MACHATSCHKI 1923), wie sie beispielsweise auf der Platte bei Graz auftreten, zeigen den allmählichen Übergang in die „Schieferfolge von Passail“.

Tab. 13 zeigt den Chemismus einiger Gesteine dieser Folge.

Westlich und südlich von Stiwill bilden das Hangende der Grünschieferfolge von Kher mergelig-sandige Gesteine, die bei ihrer Verwitterung zu auffallenden ockriggelben, entkalkten Sandsteinen werden. Diese Sandsteine lieferten unmittelbar östlich des Gehöftes Fürpaß oberhalb von Stiwill eine größere Brachiopoden-, Trilobiten- und Korallenfauna (V. MAURIN & H. FLÜGEL 1958 : 224); u. a. fanden sich Vertreter der Gattungen *Calymene*, *Cheirus* (*Crotalocephalus*), *Scutellum*, *Phacopidella* (?), *Hallia*, *Zaphrentis*, *Favosites*, *Thamnopora*, *Pleurodictyum*, *Antholites*, *Cladochonus*, *Fenestella* und *Hemitrypa*.

Die Mächtigkeit dieser Folge beträgt im genannten Profil westlich von Stiwill rund 30 bis 50 m, wobei es infolge des allmählichen Überganges in die hangenden Crinoiden-Kalke schwer fällt, eine sichere Grenze zu ziehen.

Tab. 13: Chemische Analysen von Gesteinen der Platte bei Graz

Probe Nr.: Gew.-%	1	2	3
SiO ₂	42,88	61,81	45,39
TiO ₂	2,56	0,87	1,47
Al ₂ O ₃	30,80	18,84	31,70
Fe ₂ O ₃	2,16	4,94	1,48
FeO	4,36	2,45	6,90
MnO	0,03	sp.	sp.
MgO	2,82	2,23	1,01
CaO	0,98	—	0,63
Na ₂ O	1,99	0,64	2,52
K ₂ O	5,15	3,11	4,01
P ₂ O ₅	0,38	0,21	sp.
B ₂ O ₃	0,20	nb.	nb.
CO ₂	0,35	0,08	0,44
C	0,14	0,27	0,65
H ₂ O+	5,48	4,32	4,09
H ₂ O-	0,29	0,55	0,20
	100,57	100,32	100,49

1. Chlorit-Serizit-Phyllit des Einödgraben. Anal. J. GIPTNER in F. ANGEL 1965.
2. Chlorit-Serizit-Schiefer der Platte. Anal. J. GIPTNER in F. ANGEL 1965.
3. Chloritoid-Phyllit der Lineck-Kuppe. Anal. F. MACHATSCHKI 1924.

Derartige sandig-ockrige Gesteine besitzen im Hangenden der Schiefer von Kher eine weite Verbreitung.

F. HERITSCH 1930 b, e, 1943, E. HABERFELLNER & F. HERITSCH 1930, V. KAHR 1951 beschrieben entsprechende fossilführende Gesteine aus dem Raum südlich Stiwill, von Plankenwart, vom Kherwald bei Rein, von Thalwinkel westlich Gösting und von Zitoll (vgl. H. SEELMEIER 1944 : 3). Die Überlagerung dieser Schichten durch Kalke des tieferen Pragium läßt vermuten, daß die genannten Gesteine dem Lochkovium angehören.

Diese Schichten wurden unter dem Namen „Schichten von Stiwill“ von H. FLÜGEL 1961 : 38 von den „Schiefern von Kher“ getrennt. Nach H. W. FLÜGEL & H. P. SCHÖNLAUB 1971 : 145 ist diese Trennung jedoch nicht aufrecht zu halten. Die Schichten von Stiwill stellen eine lokal entwickelte fazielle Entwicklung der höheren Schichten von Kher dar.

Crinoiden-Schichten (Pragium; H. W. FLÜGEL 1960 b : 117)

Das Hangende der Schichten von Kher bilden meist hellgraue bis hellbläuliche Crinoidenkalke und blaue Kalkschiefer, die häufig tonige Häute auf den Schichtflächen tragen. Untergeordnet treten auch gelbliche, oft stark durchbewegte Kalke auf (z. B. Stattegger Graben). E. CLAR 1933 b : 26 gab aus dieser Folge auch gelbliche und rötliche Rauhewacken, dunkle Dolomitbänke, rötliche Dolomitbreccien usw. an. H. SEELMEIER 1944 : 3 beschrieb aus dem Stübinggraben dunkelblaue Plattenkalke bis Tonflaserkalke.

Vereinzelt finden sich auch Tufflagen (z. B. Gösting, Ruinenweg).

Die Mächtigkeit unterliegt starken Schwankungen, scheint jedoch 50 bis 100 m nicht zu übersteigen.

Die organo-detritischen Kalke wurden zeitweise als eine Vertretung des Silurs betrachtet (vgl. H. FLÜGEL 1958 a : 58).

Neben häufig auftretenden Crinoiden der Fam. Lecythocrinidae fanden sich:

Syringaxon zimmermanni WEISSERM.
Entelophyllum sp.
Favosites forbesi forbesi M. E. H.
Favosites forbesi nitidula POČTA
Favosites bisingeri bisingeri M. E. H.
Favosites cf. gotlandicus aberrans REGNELL
Heliolites (Heliolites) porosus repletus LINDSTR.
Heliolites (Heliolites) spongodes spongodes LINDSTR.
Thamnopora vermicularis (McCOY)
Chaetetes yuannensis (MANS.)
Rosenella sp.

Als indeterminate Formen haben sich *Scutellum* sp. und *Discina* sp. (F. HERITSCH 1930 a) erwiesen.

Nicht überprüfbar ist der von H. SEELMEIER 1944 : 3 angegebene Fund einer

Septatrypa deflexa (BARR.)

im Stübinggraben.

Im Raum von Stiwoll, wo die Crinoiden-Schichten im Hangenden der Sandsteine von Stiwoll (S. 37) mit unreinen Flaserkalken einsetzen, konnte von H. P. SCHÖNLAUB in ihnen

Spathognathodus inclinatus ssp. indet.
Spathognathodus steinbornensis ssp. indet.
Spathognathodus optimus MOSKALENKO
Neoprioniodus excavatus (BRANSON & MEHL)
Plectospathodus extensus RHODES
Ozarkodina media WALLISER?
Icriodus sp.
Panderodus sp.
Oneotodus beckmanni BISCHOFF & SANNEMANN

gefunden werden. SCHÖNLAUB vermutete auf Grund dieser Fauna eine Einstufung in das tiefere Pragium.

Dolomit-Sandstein-Folge

(Pragium/Zlichovium; F. HERITSCH 1911 a : 621)

Die Dolomit-Sandstein-Folge kann lithologisch stellenweise in einen unteren (Dolomitsandstein-Bank), einen mittleren (Diabastuff-Horizont) und einen oberen Teil (Dolomit-Bank) gegliedert werden (F. HERITSCH 1917 a : 88). Häufig fehlt jedoch der Diabastuff-Horizont, wodurch diese Gliederung über größere Räume sehr erschwert wird.

Die Dolomitsandstein-Bank kann durch das folgende, von H. J. HADITSCH (unver.) aufgenommene Detail-Profil des Steinbruches bei Punkt 399 im Gösting-Graben charakterisiert werden (vgl. H. W. FLÜGEL 1972 : 131):

Es folgen vom Liegenden ins Hangende:

- 4,50 m blaue Plattendolomite mit einzelnen tonige Lagen (Crinoiden-Kalk?)
- 23,00 m blaugraue Sandsteine mit feinen tonige Häuten auf ss.
- 1,00 m dünnbankige Sandsteine mit Tonlagen.
- 0,60 m dünnplattige, dunkelblaue Dolomite.
- 6,40 m dünn- bis dickbankige, in den höheren Teilen ungeschichtete und crinoiden-führende Sandsteine.
- 0,60 m plattige, dunkelblaue Dolomite.
- 0,80 m sandige Schiefer mit feinen Tonhäuten auf ss.

- 1,35 m blaugraue bis blaue, ungeschichtete Sandsteine.
- 0,15 m dünngeschichteter, sandiger Dolomit.
- 1,95 m dünngebankter, blaugrauer „Bythotrephis-Sandstein“.
- 10,00 m braunroter bis graublauer dickbankiger Sandstein.
- 4,50 m dunkelblauer, enggeklüfteter Dolomit.
- 2,00 m geschieferter Sandstein mit tonigen Häuten.
- 2,50 m blauer, teilweise etwas sandiger, schlecht geschichteter Dolomit.
- 0,90 m hellblaugrauer Sandstein.
- 1,60 m blaugrauer, z. T. brecciöser, sandiger Dolomit.
- 9,25 m hellgrauer dünn- bis dickbankiger Sandstein.
- 0,95 m dunkelblauer bis blauschwarzer Dolomit von mächtigeren grobgeschichteten, grauen bis hellbraunen Sandsteinen überlagert.

Dieser starke Gesteinswechsel in vertikaler Richtung zeigt sich auch in der Horizontalen.

Die gelblichen bis rötlichen Quarz-Sandsteine bestehen zum überwiegenden Teil aus reinen, nicht abgerollten Quarzsplittern. Untergeordnet finden sich scharf gegitterte Mikroklone, klare Albite bis Oligoklase, Biotit, Turmalin, Zirkon, Rutil, Apatit und Pyrit (O. W. BLÜMEL 1956 : 14). Nach F. ANGEL 1929 : 146 stammen diese Gemengteile aus einem postkristallin deformierten Kristallinbereich. Als Kittsubstanz tritt Dolomit auf.

Bei stärkerer Beteiligung von dolomitischem Bindemittel kommt es zur Ausbildung von Dolomitsandstein (F. ANGEL 1929, H. FLÜGEL 1953 a). Die in einem dolomitischen Bindemittel eingebetteten Quarze zeigen eine deutliche Einregelung (H. FLÜGEL 1953 a, 1954 b). Seltener sind reine Dolomite (H. FLÜGEL 1953 a : 40). Sie gleichen petrographisch völlig der Ausbildung des Dolomitkittes der Dolomitsandsteine. Teilweise werden diese Dolomite kalkig, wobei jedoch reine Kalklagen nur selten auftreten (z. B. östlich der Ruine Gösting).

Einen Überblick über den Chemismus der Gesteine gibt Tab. 14.

Tab. 14: Chemismus von Gesteinen der Dolomitsandstein-Bank

Proben-Nr.: Gew. %	1	2	3	4	5
CaCO ₃	2,18	15,87	24,7	44,41	27,29
MgCO ₃	2,20	12,74	13,8	11,44	32,39
Al ₂ O ₃	1,40	—	2,2	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—
Rückstand	93,82	70,62	55,0	44,09	40,62
H ₂ O	—	—	4,6	—	—
	99,60	99,23	100,3	99,94	100,30

1. Sandstein des Raschberges (F. HERITSCH 1917 b).
2. Sandstein von St. Gotthard (F. HERITSCH 1917 b).
3. Dolomitsandstein von Stübing (A. MORLOT 1847 a).
4. Kalkiger Dolomitsandstein von Thal (F. HERITSCH 1917 b).
5. Dolomitsandstein von Krottendorf (F. HERITSCH 1917 b).

Vor allem im Grenzbereich zu den unterlagernden Crinoiden-Kalken treten in der Dolomitsandstein-Bank nicht selten sandige Tonschiefer, Tonmergel und Sandsteine auf, die auf ihren Schichtflächen schwarze bis graue, flache bandartige Bildungen zeigen. W. GOEPPERT 1858 : 77 brachte sie mit der Algengattung Bythotrephis in Zusammenhang und gab daher den Gesteinen ihren heute noch gebräuchlichen Namen „Bythotrephis-Schiefer“.

Nach A. SEILACHER in H. FLÜGEL 1964 handelt es sich um *Scalarituba* sp. Eine eingehende Erörterung dieser Ablagerungen findet sich bei H. FLÜGEL 1956 b : 48. Es handelt sich um keinen stratigraphischen Horizont. Am Bamederkogel fanden sich in diesen, oft sehr mürben, gelben Sandsteinen (H. FLÜGEL 1956 b : 47):

Syringaxon zimmermanni WEISSERM.
Syringaxon cf. curta POČTA
Syringaxon graecensis SCHOUPPÉ
Barrandeophyllum n. sp. aff. perplexum (POČTA)
Favosites sp.
Atrypa cf. obovata SOW.

Eventuell handelt es sich bei diesem Fundpunkt um ein Äquivalent der gelben Sandsteine von Stiwoll, bzw. der Crinoiden-Kalke. Es würde dies zeigen, daß die unter dem Namen „Bythotrephis-Schiefer“ bekannten Gesteine bereits unter der eigentlichen Dolomitsandstein-Bank einsetzen.

Der die Dolomitsandstein-Bank überlagernde Diabastuff-Horizont ist nur im Raume von Gösting und im Plabutsch-Buchkogel-Zug ausgebildet. Er besteht aus mehreren, meist nur geringmächtigen grünen und violetten Tuff- und Tuffitbänken, die mit Dolomiten bzw. Sandsteinen wechsellagern (vgl. S. 64).

Die darüberfolgende Dolomit-Bank wurde von F. HERITSCH 1922 in eine tiefere Abteilung aus hellen und eine höhere aus dunklen Dolomiten gegliedert. Diese rein lithologische Gliederung ist jedoch nicht überall durchführbar.

Die hellen Dolomite gleichen in ihrem Gefüge völlig den Dolomiten der Dolomitsandstein-Bank (H. HANSELMAYER 1952 : 119). Typisch ist der hackige Bruch der Gesteine, der zu einem grusig-sandigen Zerfall führt. Das Fugensystem des Handstück-Bereiches entspricht hierbei dem des km-Bereiches (H. FLÜGEL 1951 a : 195).

Örtlich finden sich Bänke mit Stromatolithen.

Die dunklen, graublauen Dolomite unterscheiden sich von den hellen nur in dem größeren Gehalt an organischem Pigment, welches Ursache der Färbung ist. Es durchsetzt als feine Durchstäubung die Dolomitkristalle.

Vereinzelt treten als hangendstes Glied der Dolomit-Sandstein-Folge dunkel-graubleue bis schwarze, sich rau und sandig anfühlende Amphiporen-Dolomite auf. Sie bilden oft mehrere Meter mächtige, grobbankige Lagen, die erfüllt sind von

Amphipora ramosa desquamata LECOMPTE

(z. B. Floriani-Berg, St. Johann und Paul, Schalk a. Plabutsch usw.). Das Korngefüge ist deutlich von dem der bisher beschriebenen Dolomite unterschieden. Während dieses aus einem gleichkörnigen Pflaster feinkörniger Dolomitkristalle (0,01—0,04 mm) aufgebaut ist, zeigen die Amphiporen-Dolomite eine ungleiche Körnung (0,01—1,0 mm).

Über den Chemismus der Dolomite gibt Tab. 41 Auskunft.

Die Mächtigkeit der Dolomit-Sandstein-Folge schwankt stark. A. KUNTSCHNIG 1937 : 123 gab für den Plabutsch (westl. Graz) etwa 550 m an, wobei auf die Dolomitsandstein-Bank 250 m, auf die hellen Dolomite etwa 80 m, auf die dunklen ca. 200 m entfallen sollen. Dagegen dürfte im Plesch-Mühlbacherzug diese Folge weit über 1000 m Mächtigkeit besitzen.

Während F. ANGEL 1929 : 149 für die Genese der Dolomite der Dolomitsandstein-Bank an eine primäre Abscheidung von Dolomit in einem küstennahen Flachsee-

bereich dachte, nahm J. HANSELMAYER 1952 : 132 für die höheren, hellen und dunklen Dolomite die Möglichkeit einer metasomatischen Dolomitisierung, eventuell gleichzeitig mit direkter Dolomit-Sedimentation an. Die Amphiporen-Dolomite faßte er als metasomatische Bildungen auf. F. ANGEL & F. TROJER 1953 : 323 neigten zur Anschauung einer frühdigenetischen metasomatischen Dolomitisierung anorganischer Kalkausfällungen. Auch das, wenn auch seltene, Auftreten von Fossilien in der Dolomit-Sandstein-Folge spricht für die letztgenannte Deutung.

Der Nachweis von Stromatolithen und das Auftreten von *Scalarituba* in den tonig-siltigen Partien spricht für sehr flaches Wasser, wobei zeitweise ein Gezeitenbereich angenommen werden darf. In diese Vorstellung paßt auch das Bild einer sehr frühen Dolomitisierung.

Wie die Zusammensetzung des Sandmaterials zeigt, stammt dieses aus einem postkristallin deformierten Kristallinbereich, wobei das Fehlen von Granat und Hornblende auf ein Liefergebiet hindeutet, in welchem Metamorphite gegenüber Plutoniten zurücktraten.

Tab. 15: Fossilien der Dolomit-Sandstein-Folge

	1	2	3	4
<i>Zelophyllia? cornuvaccinum</i> PEN.			+	
<i>Thamnophyllum</i> sp. (PEN.)		+		
<i>Mictophyllum</i> cf. <i>graecense</i> (PEN.)			+	
<i>Syringaxon zimmermanni</i> (WEISS.)	+			
<i>Favosites styriacus styriacus</i> (PEN.)			+	
<i>Favosites styriacus perforatus</i> (SCHOUPEPÉ)			+	
<i>Favosites alpinus</i> PEN.	+			+
<i>Favosites</i> sp.	+			
<i>Thamnopora</i> cf. <i>reticulata</i> (BL.)				+
<i>Thamnopora</i> sp.	+			
<i>Striatopora? cf. suessi</i> (PEN.)	+			
<i>Heliolites</i> sp.		+		
<i>Amphipora ramosa desquamata</i> LECOMPTE				+
<i>Septalaria</i> cf. <i>ascendens</i> (STEIN.)		+		
<i>Michelinoceratidae</i>		+		
<i>Grazosteus hoernesii</i> GROSS	+			

1. Dolomitsandstein-Bank; 2. Helle Dolomite; 3. Dunkle Dolomite; 4. Amphiporen-Dolomite.

Das Alter der Dolomit-Sandstein-Folge wird durch die sie unterlagernden Crinoiden-Kalke einerseits, die in ihrem Hangenden folgenden Barrandei-Kalke andererseits mit höherem Pragium bis Zlichovium fixiert. Verschiedentlich dürfte die basale Dolomitsandstein-Bank jedoch noch tiefer herabreichen und faziell die Crinoiden-Kalke vertreten. Sicher reicht örtlich die Dolomit-Sandstein-Folge bis in das Mittel-Devon, wie das Auftreten der *Amphiporen*-Dolomite erkennen läßt.

Im Bereiche des Plesch-Mühlbacher-Zuges reicht die Dolomit-Sandstein-Folge zeitlich jedoch sicher bedeutend höher (H. FLÜGEL 1956 d : 45). Sie umfaßt hier auch noch Teile des höheren Givetiums, wie aus der Faunen-Führung sedimentär eingeschalteter Kalkbänke hervorgeht. Diese Entwicklung wurde von I. MEGGENDORFER (unver.) „Sandstein-Fazies“ genannt (vgl. H. FLÜGEL 1956 d).

Diese Kalke lieferten:

Disphyllum hsianghsiense kostetskae (SOSHK.)
Peneckiella achanayensis SOSHK.

Eine sehr ähnliche Folge findet sich im östlichen Teichalm-Raum (E. CLAR etc. 1929 : 14). Gelbgraue bis braune, stellenweise graublau bis schwarze, feinkörnige Sandsteine wechsellagern hier mit meist geringmächtigen Dolomiten, Kal-

ken und Kalkschiefern. Ihre Verbreitung und Abgrenzung wurde auf der Karte nur schematisch angedeutet, da scharfe Grenzen nicht vorhanden sind.

Im Bereiche des Osser unterlagern bzw. verzahnen sich diese Sandsteine mit den Osser-Kalken (S. 53).

Eine eigenartige und in ihrer Bedeutung noch nicht geklärte Entwicklung stellen die im Florianiberg-Buchkogel auftretenden, bis zu 100 m mächtig werdenden grauen und braunen Rauhacken, gelben und braunen, meist mylonitischen Kalke, braunen Tonschiefer mit einzelnen grauen und braunen Dolomitlagen sowie ockrige tonige Gesteine dar. Sie wurden von A. SCHÄFER 1937 : 135 auf Grund ihrer braunen Anwitterung „Braungesteine“ genannt. Er faßte sie als eine fazielle Vertretung der dunklen Dolomite auf. Nach J. HANSELMAYER 1949 handelt es sich z. T. um tektonisch entmischte Kalkmergel.

Barrandei-Schichten (Eifelium; K. A. PENECKE 1889 : 19)

Das Hangende der Dolomit-Sandstein-Folge bilden etwa 150 bis 450 m mächtige, meist dunkelgraublau Kalke. Ihre stark wechselnde Mächtigkeit dürfte teilweise mit einer Vertretung ihrer basalen Teile durch die dunklen Amphiporen-Dolomite in Zusammenhang stehen.

Neben blauen, gebankten Kalktypen finden sich schwarze, oft graphitisch abfärbende, rote, tonige crinoidenführende, dünnsschichtige, teilweise mergelige Kalke bis Kalkschiefer, sowie organo-detritische Kalke, die in Korallen- bzw. Brachiopodenkalke übergehen können. Bisweilen werden die Gesteine dolomitisch. Einschaltungen von grauen bis schwarzen Tonschiefern sind für einzelne Profile (Gaisberg-Sattel, Madersberg usw.) charakteristisch.

Mikrofaziell handelt es sich vorwiegend um Biogenschuttkalke mit oft reicher Führung von Korallen, Stromatoporen, Crinoiden sowie dem Brachiopodengenus *Zdimir*. Die Organismen sind meist nicht mehr in Lebensstellung und bisweilen durch Strömung eingeregelt.

Es handelt sich vermutlich um Sedimente eines sehr flachen Ablagerungsraumes, in dem sich lokal im Sublitoral Crinoidenrasen, Brachiopodenschill, Korallen und Stromatoporen-Biostrome bildeten.

Einen guten Einblick in diese Ausbildung zieht das Profil des Forstaufschließungsweges Attems im Schindlgraben bei Gösting (H. W. FLÜGEL 1972).

Tab. 16: Umfang und Begriff der *Barrandei*-Schichten 1874—1958

C. CLAR 1874	K. A. PENECKE		F. HERITSCH		H. FLÜGEL 1958
	1889	1894	1927	1935	
Korallen- Kalk	Zone des <i>Heliolites</i> <i>Barrandei</i>		Barrandei- Schichten	Pentamerus- Kalk	Barrandei- Kalk
				Korallen- Kalk	
					Dolomit-Sand- stein-Folge
Diabas- Stufe			*		

Die Kalke sind örtlich sehr fossilreich, wobei — abgesehen von *Zdimir* cf. *hercynicus* (HALF.) riffbildende Organismen überwiegen. Folgende Formen wurden bisher angeführt:

	1.	2.	Bemerkungen
<i>Zeapora gracilis</i> PEN.		+	
<i>Zelophyllia? cornuaccinum</i> (PEN.)	+	+	
<i>Tryplasma hercynica</i> (ROEM.)		+	
<i>Tryplasma devonica</i> (PEN.)		+	= <i>Spiniferina</i>
<i>Hallia sophiae</i> HERITSCH		+	
„ <i>Amplexus</i> “ <i>ungeri</i> PEN.		+	
<i>Thamnophyllum stachei</i> PEN.	+	+	
<i>Thamnophyllum murchisoni</i> PEN.	+	+	
<i>Thamnophyllum boernesii</i> PEN.		+	
<i>Thamnophyllum germanicum</i> SCRUTTON		+	
<i>Thamnophyllum</i> sp. (nov. sp.?)	+		
<i>Thamnophyllum germanicum schouppéi</i> SCRUTTON		+	Fpkt. Trötsch
„ <i>Synaptophyllum</i> “ <i>heritschi</i> SCHOUPPÉ		+	nomen nudum Gattung fraglich
<i>Metriophyllum gracile</i> (SCHLUET.)		+	
„ <i>Cyathophyllum</i> “ <i>ungeri</i> PEN.	+	+	Gattung fraglich
„ <i>Cyathophyllum</i> “ <i>boernesii</i> PEN.		+	
<i>Mictrophyllum graecense</i> (PEN.)	+	+	
<i>Grypophyllum</i> cf. <i>denckmanni</i> WDKD.		+	= <i>L. multiseptatum</i> ; MEYER, A. 1937
<i>Grypophyllum</i> sp.		+	= <i>L. vermiculare</i> vgl. W. GRÄF 1958 b : 95
<i>Leptoinophyllum smyckai</i> KETTN.		+	W. GRÄF 1958 b : 95.
<i>Disphyllum</i> cf. <i>aequiseptatum</i> (M. E. H.)		+	
<i>Disphyllum caespitosum</i> (GOLDF.)		+	= <i>D. goldfussi</i> , vgl. H. FLÜGEL 1956 d : 51.
<i>Cyathophyllum (Peripaedium) crassum</i> (HALLER)		+	
<i>Acanthophyllum heterophyllum</i> (M. E. H.)		+	
<i>Sparganophyllum</i> sp.		+	Fpkt.: Plabutsch- gipfel
<i>Stringophyllum (Sociophyllum) elongatum</i> (SCHL.)		+	
<i>Neospongophyllum schlüteri</i> (PEN.)		+	
<i>Plasmophyllum cristatum</i> (FRECH)		+	= <i>Lith. margina- tum</i> ; MEYER, A. 1937
<i>Plasmophyllum</i> sp.		+	Fpkt.: Frauenkogel, Gösting.
<i>Favosites styriacus styriacus</i> PEN.	+	+	<i>F. styriacus</i> und
<i>Favosites grandis</i> HER.	+	+	<i>F. grandis</i> sind
<i>Favosites stromatoporoides</i> (ROEM.)		+	nach F. BORO- VICZÉNY & H. FLÜGEL 1962 zu trennen.
<i>Favosites alpinus</i> PEN.	+	+	<i>F. ottiliae</i> ist damit synonym.
<i>Favosites graffi</i> PEN.		+	Von A. SCHOUPPÉ 1954 b : 35 der Gat- tung <i>Columnopora</i> zugerechnet.
<i>Thamnopora boloniensis</i> (GOSS.)		+	vgl. M. KROP- FITSCH & A.
<i>Thamnopora dubia</i> (BLAINV.)		+	SCHOUPPÉ 1953.
<i>Thamnopora reticulata</i> (BLAINV.)	+	+	
<i>Thamnopora vermicularis</i> (M'COY)	+	+	

<i>Striatopora</i> (?) <i>suessi</i> PEN.	+	+	
<i>Striatopora</i> (?) <i>subaequalis</i> (M. E. H.)		+	
<i>Alveolites suborbicularis</i> LAM.		+	
<i>Aulopora tubaeformis</i> GOLDF.	+	+	
<i>Aulopora minor</i> GOLDF.		+	
<i>Aulopora conglobata</i> GOLDF.		+	
<i>Aulopora serpens serpens</i> GOLDF.		+	
<i>Aulopora serpens minor</i> GOLDF.		+	
<i>Syringopora alpina</i> CHARL.		+	
<i>Syringopora bilberi</i> PEN.		+	
<i>Syringopora schulzei</i> PEN.		+	
<i>Syringopora expansa</i> MAUER		+	
<i>Chaetetes yuannensis</i> (MANS.)	+	+	= <i>Monotrypa fibrosa</i>
<i>Heliolites</i> (H.) <i>porosus barrandei</i> PEN.	+		
<i>Heliolites</i> (H.) <i>porosus repletus</i> LINDST.			H. FLÜGEL 1956 c
<i>Heliolites</i> (H.) <i>porosus turcicus</i> WEISS.		+	
<i>Heliolites</i> (H.) <i>porosus paucitabulatus</i> H. FLÜG.		+	
<i>Heliolites</i> (H.) <i>peneckeii</i> H. FLÜG.		+	
<i>Actinostroma bifarium</i> (NICH.)		+	vgl. E. FLÜGEL 1958 b.
<i>Actinostroma papillosum</i> (BARG.)	+	+	
<i>Actinostroma clathratum</i> (NICH.?)		+	
<i>Actinostroma cf. distans</i> (RIPPER)		+	
<i>Actinostroma multiplatum</i> E. FLÜG.		+	
<i>Actinostroma</i> sp.		+	
<i>Anostylostroma multilamellatum</i> (E. FLÜG.)		+	
<i>Anostylostroma carnicum</i> (VIN.)		+	
<i>Anostylostroma densatum</i> (E. FLÜG.)	+	+	
<i>Anostylostroma alpinum</i> (E. FLÜG.)		+	
<i>Anostylostroma cf. neglectum</i> (POČTA)		+	
<i>Anostylostroma cf. artyschtense</i> (YAVORSKY)		+	
<i>Anostylostroma cf. amygdaloides</i> (LECOMPTE)		+	
<i>Anostylostroma cf. subtile</i> (POČTA)		+	
<i>Anostylostroma</i> sp.	+	+	
<i>Clathrocoilonabeona</i> (YAVORSKY)		+	
<i>Stromatoporella cf. parasolitaria</i> GALL. & JEAN		+	
<i>Stromatoporella eriensis</i> (PARKS)		+	
<i>Stromatoporella laminata</i> (BARG.)		+	
<i>Stromatoporella conferta</i> (NICH.)		+	
<i>Ferestromatopora tyrganensis</i> (YAVORSKY)		+	
<i>Parallelopora crassa</i> E. FLÜG.		+	
<i>Taleastroma cf. pachytexta</i> (LECOMPTE)		+	
<i>Stromatopora?</i> sp.		+	
<i>Syringostroma</i> sp.		+	
<i>Caunopora placenta</i> PHILL.		+	
<i>Stachyodes?</i> sp.		+	
<i>Fenestella crasseseptata</i> GORT.		+	
<i>Spirorbis omphaloides</i> GOLDF.		+	
„ <i>Orthis</i> “ <i>elegantula</i> BARR.	+		Die Brachiopodenfauna bedarf einer völligen Neubearbeitung. Die Liste kann daher kaum zu Vergleichen herangezogen werden
„ <i>Orthis</i> “ <i>gentilis</i> GORT.	+		Leider ist ein Großteil der Formen nicht mehr auffindbar.
<i>Dalmanella praecursor</i> BARR.	+		
<i>Dalmanella fritschi</i> SCUPIN	+		
<i>Stropheodonta piligera</i> (SANDB.)	+		
<i>Stropheodonta interstitialis</i> (PHILL.)	+		
<i>Stropheodonta gigas</i> MCOY	+		
<i>Strophomena striatissima</i> GORT.	+		
<i>Strophomena verneuili</i> BARR.	+		
<i>Strophomena bohémica</i> BARR.	+		
<i>Strophomena sowerbyi</i> BARR.	+		
<i>Strophomena phillipsi</i> BARR.	+		
<i>Orthothetina umbracula</i> (SCHLOT.)	+		

<i>Chonetes venustus</i> BARR.		+
<i>Eodevonaria dilatata</i> (ROEM.)		+
<i>Pentamerus clari</i> HOERN.		+
<i>Zdimir cf. bercynicus</i> (HALF.)	+	+
„ <i>Conchidium</i> sp. aff. <i>pseudobaschkiricum</i> (TSCHERN.)“		+
<i>Latonotoechia latona</i> (BARR.)		+
<i>Sicorhyncha amalthea</i> (BARR.)		+
<i>Atrypa reticularis</i> (L.)		+
<i>Atrypa aspera</i> (SCHLOTH.)		+
<i>Atrypa flabellata</i> GOLDF.		+
<i>Atrypa sagittata</i> MAUER		+
? <i>Hysterolites (Acrospirifer) mosellanus</i> SOLLE		+
<i>Hysterolites (Acrospirifer) intermedius</i> (SCHLOTH.)		+
<i>Spirifer pseudospeciosus</i> FRECH		+
<i>Delthyris (Quadrithyris) tiro</i> BARR.		+
<i>Delthyris (Quadrithyris) falco</i> BARR.		+
<i>Spirifer aviceps</i> KAYSER		+
<i>Spirifer concentricus</i> SCHNUR		+
<i>Spirifer sophiae</i> HERITSCH		+
<i>Spirifer hassacki</i> HERITSCH		+
<i>Spirifer subcabedanus</i> BARROIS		+
<i>Eospirifer secans</i> BARR.		+
<i>Cyrtina heteroclyta heteroclyta</i> (DEFR.)		+
<i>Cyrtina heteroclyta laevis</i> KAYSER		+
<i>Retzia haidingeri</i> BARR.		+
<i>Retzia decurio</i> BARR.		+
<i>Athyris dubia</i> BARROIS		+
<i>Athyris campomanesi</i> ARCH.		+
<i>Athyris triplesoides</i> OEHLERT		+
<i>Amphigenia bureauii</i> OEHLERT		+
<i>Conocardium bohemicum</i> BARR.		+
<i>Conocardium nucella</i> BARR.		+
<i>Conocardium marsbi</i> OEHLERT		+
<i>Lunulicardium analogum</i> BARR.		+
<i>Paracyclas rectangularis</i> SANDB.		+
<i>Bellerophon altemontanus</i> SPITZ		+
<i>Bellerophon tumidus</i> (SANDB.)		+
<i>Bellerophon hicksi</i> WHIDBORNE		+
<i>Oxydiscus minimus</i> TSCHERN.		+
<i>Murchisonia bilineata</i> GOLDF.		+
<i>Murchisonia kayseri</i> SPITZ		+
<i>Murchisonia convexa</i> SPITZ		+
<i>Pleurotomaria texta</i> BARR.		+
<i>Pleurotomaria peneckeii</i> HERITSCH		+
<i>Polytropsis inaequiradialis</i> OEHLERT		+
<i>Polytropsis involuta</i> BARR. ?		+
<i>Naticopsis confusa</i> BARR.		+
<i>Strophostylus varians</i> HALL		+
<i>Strophostylus expansus orthostoma</i> BARR.		+
<i>Tripleuroceras victor</i> (BARR.)		+
<i>Maladeia</i> sp.		+
<i>Icriodus curvatus</i> (B. & M.)		+
<i>Icriodus nodosus</i> HUDDLE		+

= *Sp. speciosus*;
siehe G. SOLLE
1953 : 84, 113.

1. Tiefere *Barrandei*-Schichten (Korallen-Kalk)
2. Höhere *Barrandei*-Schichten (Pentamerus-Kalk)

Trotz dieser reichen Fauna ist eine biostratigraphische Einstufung der *Barrandei*-Schichten infolge des Fehlens einer modernen Bearbeitung schwierig.

Der Korallenfauna gibt vor allem das Auftreten der Gattung *Thamno-phyllum* ein eigenes Gepräge. Im polnischen Devon sind ähnliche Faunen für das Givetium charakteristisch, in Belgien treten sie bereits im höheren Eifelium auf. Ebenso zeigt die Stromatoporenfauna eine Menge von Elementen des Eifeliums und des Givetiums.

Unter den Brachiopoden ist vor allem *Zdimir cf. hercynicus* wichtig. Diese Art ist eine Leitform für das Eifelium von Belgien und des Harz.

Die verschiedentlich beobachtbare Unterlagerung der *Barrandei*-Schichten durch Amphiporen-Dolomite einerseits, ihre Überlagerung durch den Kanzel-Kalk des Givetiums andererseits läßt vermuten, daß die *Barrandei*-Schichten dem (höheren?) Eifelium, eventuell auch basalem Givetium angehören.

Östlich von Graz treten am Plabutsch (A. KUNTSCHEW 1937 : 118), am Madersberg und am Frauenkogel b. Gösting (J. HANSELMAYER 1956) meist ebenflächige, dunkle Tonschiefer als Einschaltungen in den *Barrandei*-Schichten auf. Sie sind meist nur wenige Meter mächtig und zeigen bankweise einen sehr großen Fossilreichtum.

Von K. A. PENECKE 1894 : 577 wurden diese Gesteine als „Chonetenschiefer“ bezeichnet.

Lithologisch handelt es sich um mausgraue, rosarote bis gelbliche Tonschiefer, braungelbe, tonige Kalkschiefer bis rosafarbige oder gelbfleckige Kalkschiefer, dünnplattige hellbraungelbe Quarz-Serizit-Siltsteine, graue Tonsandsteine bzw. dolomitische Tonsandsteine (J. HANSELMAYER 1957 b).

U. d. M. bestehen die Gesteine aus Quarzsplitter, Goethit, Serizit, Stilpnomelan, Illit, Rutil, selten Magnetit, wenig Graphit, Limonit. Dazu kommt in den Kalkschiefern und Mergeln noch Calcit.

Einen Einblick in den Chonismus gibt Tab. 17.

Die Fossilien liegen meistens als flache Goethithäute, z. T. dicht über- und nebeneinander auf den Schichtflächen angehäuft vor. F. HERITSCH 1943 : 380 und J. HANSELMAYER 1957 b nahmen an, daß der ursprüngliche Erhaltungszustand Pyrit gewesen sein dürfte.

Trotz des Fossilreichtums treten relativ wenige Arten auf. Nach F. HERITSCH 1935 a : 194 fanden sich:

Chonetes subquadrata ROEM.
Chonetes sarcinulata SCHL.
Chonetes oblonga FRECH
Chonetes n. sp. HERITSCH

Spirifer aculeatus SCHNUR
Pterinea fasciculata GOLDF.
Pterinea costata GOLDF.
Pterinea cf. bifida SANDB.

Dazu kommt *Maladeia* sp. (= *Dalmania heideri* PEN.).

Nach A. J. BOUCOT besitzt die Brachiopodenfauna keine stratigraphische Aussagekraft, da bei dem Erhaltungszustand eine, den heutigen Anforderungen genügende, sichere Bestimmung nicht mehr gegeben werden kann.

Eine ähnliche Einschaltung in den *Barrandei*-Kalken stellen die von J. HANSELMAYER 1957 a beschriebenen Illit-Schiefertone der Südflanke des Kollerkogel dar. Es handelt sich hierbei um zeitweilig abgebaute, weiße, geringmächtige Tone, die durch das Vorherrschen von Illit charakterisiert sind.

Es dürfte sich bei diesen tonigen Sedimenten um verschiedenzeitliche Bildungen innerhalb der *Barrandei*-Kalke handeln, wobei die lokalen Faziesänderungen zu einer dem Tonschlamm-Milieu entsprechenden Häufung von Chonetes, die ja auch in der rein kalkigen Entwicklung auftreten, geführt haben mag.

Tab. 17: Chemische Analysen toniger Gesteine des Grazer Devons

Probe Nr.:	1	2	3	
Gew.-%				
SiO ₂	7,49	50,76	50,89	
TiO ₂	0,07	0,44	0,22	
Al ₂ O ₃	1,61	19,74	8,27	
Fe ₂ O ₃	3,44	7,25	1,77	1. Tonige Choneten-Kalkschiefer Frauenkogel b. Gösting. Anal. KOHLHAUSER, R. & J. HANSELMAYER 1956
FeO	0,08	8,08	0,09	
MnO	sp.	sp.	sp.	
MgO	0,67	2,02	7,07	2. Chonetenschiefer des Gaisberg. Anal. R. KOHLHAUSER & J. HANSELMAYER in J. HANSELMAYER 1957 b
CaO	47,38	1,49	11,63	3. Dolomitischer Tonsandstein Madersbergsteinbruch. Anal.: J. GIPTNER in J. HANSELMAYER 1953 b.
BaO	—	sp.	—	
Na ₂ O	0,05	1,22	0,29	
K ₂ O	0,44	2,63	2,36	
P ₂ O ₅	0,13	0,03	0,15	
CO ₂	37,48	6,20	14,75	
S	—	—	1,49	
H ₂ O	1,08	0,61	1,69	
	99,92	100,47	100,67	

Kanzel-Kalk (unteres Givetium; M. VACEK 1907 : 185)

Das Hangende der *Barrandei*-Kalke bilden hellgraue bis leicht gelbliche, z. T. rötlich geflammte Kalke. Sie können bis über 100 m mächtig werden. Mikrofaziell handelt es sich zumeist um gefleckte Biomikrite (vorwiegend Echinodermatenreste) mit allen Übergängen zu Echinodermaten-Schuttkalken einerseits bzw. reinen Mikriten andererseits. Örtlich können die Kalke brecciös ausgebildet sein bzw. Hornsteinknollen enthalten. Eine unregelmäßige, nesterförmige Dolomitisierung ist häufig. Vor allem in den basalen Anteilen kann es zur Entwicklung von bis mehrere Zehner-Meter mächtiger, oft schwarz gefärbter Dolomite kommen, die, wie im Plabutsch-Buchkogelzug (J. HANSELMAYER 1952 : 124) mit gelbbraunen Kalken, braunen Sandsteinen und Kalksandsteinen sowie rauhwackentartigen, sandigen Kalken wechsellagern können.

Vereinzelt treten in den Kanzel-Kalken geringmächtige Aschentuff-Lagen auf. (E. CLAR 1933 b : 30).

Die Fossil-Führung ist auffallend gering und beschränkt sich zumeist auf einzelne Vorkommen von biothermalen Korallen-Assoziationen mit:

- Acanthophyllum (Acanthophyllum) torquatum* (SCHLÜTER) ?
- Acanthophyllum (Neostrophophyllum) concavum* (WALTHER)
- Thamnophyllum germanicum* SCRUTTON
- Thamnophyllum hoernesii* PEN.
- Thamnophyllum cylindricum* SEN SHING YOH
- Stringophyllum (Stringophyllum) ? isactis* (FRECH)
- Favosites alpinus* PEN.
- Favosites styriacus styriacus* PEN.
- Favosites stromatoporoides* (ROEM.)
- Favosites radiceformis* (QUENST.)
- Favosites goldfussi eifelensis* PEN.
- Thamnopora dubia* (De BLAIN.)
- Thamnopora vermicularis* (M'COY)
- Thamnopora reticulata* (De BLAIN.)
- Striatopora ? suessi* PEN.
- Aulopora tubaeformis* GOLDF.
- Hermatostroma* sp.
- Spirifer latinus* GORT.

Conodonten (*Polygnathus linguiformis* HINDE, *Polygnathus costatus* KLAPPER) sind auffallend selten.

Möglicherweise handelt es sich bei den meist massig bis dickbankig entwickelten Kanzel-Kalken um stark durchwühlte und weitgehend homogenisierte lagunäre Bildungen mit einzelnen Riffknospen. Als Typus-Profil kann die Entwicklung im Steinbruch Dennig an der Bundesstraße Graz-Gratkorn betrachtet werden (H. W. FLÜGEL 1972 : 136).

Goniatiten-Bank (oberes Givetium; F. HERITSCH 1927 a : 224)

Über dem Kanzel-Kalk folgen nur wenige Meter mächtige gelbe bis rötliche Flaserkalke vom Typus der Steinberg-Kalke. Sie lieferten nach F. HERITSCH & A. SCHOUPPE 1941 eine Goniatitenfauna, die jedoch infolge ihres Erhaltungszustandes keine sichere Bestimmung gestattet. Wie jedoch die Conodonten-Untersuchungen von K. SAID 1962 und G. FLAJS 1966 zeigten, gehören diese Kalke der *varcus*-Zone an.

Mikrofaziell handelt es sich um gefleckte oder laminierte z. T. biogenführende Mikrite (vorwiegend Cephalopodenreste) mit Einschaltungen von Echinodermatenschutt-Lagen.

Die Kalke wurden von H. FLÜGEL 1961 : 52 mit den Kanzel-Kalken vereinigt, da eine kartenmäßige Trennung im Rahmen der Wanderkarte nicht möglich war. Da sie jedoch faziell deutlich von den Kanzel-Kalken abweichen und zeigen, daß die Umstellung des Sedimentationsraumes in Richtung auf die Cephalopoden-Fazies bereits im oberen Givetium erfolgte, erscheint es richtig, diese Kalke von den Kanzel-Kalken i. e. S. abzutrennen und als eigene stratigraphische Einheit zu benennen, wobei auf den bereits von F. HERITSCH 1927 a geprägten Namen zurückgegriffen werden kann.

Eine Zusammenstellung der Conodonten-Fauna findet sich bei G. FLAJS 1966. Das von ihm bearbeitete Profil WNW der Kanzel kann als Typus-Profil angesehen werden.

Steinberg-Kalk (Ober-Devon; F. ROLLE 1856 : 241)

Das Ober-Devon konnte bisher nur im Bereiche der Rannach-Fazies nachgewiesen werden. Es besteht aus bunten, meist hellgrauen, gelblichen, bräunlichen, roten oder violetten, teilweise dolomitischen Kalken mit tonig-glimmerigen Häuten auf den Schichtflächen (Tonflaserkalke). Eine starke Auflinsung der Gesteine (J. HANSELMAYER 1951 a : 1954 a; R. PURKERT 1927 b), sowie eine merkbare Verformung der Makrofossilien (die Clymenien können eine Längung von 1 : 1,2 bis 1 : 1,3 zeigen) sind Hinweise auf eine kräftige Durchbewegung der Schichten.

Mikrofaziell handelt es sich um Mikrite bis Biomikrite.

Als Einschaltungen in den Steinberg-Kalken sind Phosphorit-Horizonte, wie sie im do III von Au b. Gratwein und des Forstkogel auftreten (H. HÖLLER 1958) bemerkenswert. Teilweise sind die etwa drei bis fünf Zentimeter im Durchmesser messenden Phosphorit-Geoden direkt in den Kalken eingeschlossen, teilweise sind sie in einer erdig-phosphoritischen Matrix als schmale, linsenförmige Körper zwischen den Kalkbänken angereichert.

Die Mächtigkeit der Steinberg-Kalke schwankt stark, was z. T. damit zusammenhängen dürfte, daß das Ober-Devon nur an wenigen Stellen (z. B. Forstkogel bei Steinberg) vollständig entwickelt ist. Seine Mächtigkeit beträgt in

diesem Fall ca. 130 m. Das Fehlen vor allem des höheren Ober-Devons in vielen Profilen (z. B. Rannach) ist auffallend (vgl. S. 77).

Auch die von E. CLAR 1933 b als „Kalkschiefer der Rannachwiese“ bezeichneten Gesteine gehören größtenteils dem Ober-Devon an.

Die von H. FLÜGEL 1953 d : 80 gebrachte Liste der Makrofauna stützt sich meist auf Angaben aus älterer Literatur. Ihre Überprüfung dürfte wohl eine weitgehende Änderung dieser Liste bringen. Andererseits ist der genaue Fundort der Faunen nur mehr in wenigen Fällen sicher feststellbar, so daß eine derartige Revision nur bedingten Wert hat. Es wird daher hier von der Wiedergabe dieser Faunenliste Abstand genommen.

Die Mikrofauna mit Ausschluß des Grenzbereiches dm/do zeigt folgende Liste:

- Ancyrodella buckeyensis* STAUFER
- Ancyrodella curvata* (BR. & MEHL)
- Ancyrodella lobata* BR. & MEHL
- Ancyrognathus euglypheus* STAUFER
- Angulodus walrathi* (HIBB.)
- Apatognathus inversus* SANN.
- Bryantodus cf. biangulatus* BISCHOFF
- Bryantodus dignatus* STAUFER
- Falcodus aculeatus* SANN.
- Falcodus variabilis* SANN.
- Hindeodella deflecta* HIBB.
- Hindeodella germana* HOLMES
- Icriodus cornutus* SANN.
- Icriodus curvatus* BR. & MEHL
- Icriodus nodosus* (HUDD.)
- Icriodus symmetricus* BR. & MEHL
- Ligonodina delicata* BR. & MEHL
- Ligonodina falciformis* UL. & BASSLER
- Ligonodina monodentata* BISCHOFF & ZIEGLER
- Nothognathella abnormis* BR. & MEHL
- Ozarkodina arcuata* BR. & MEHL
- Ozarkodina elongata* E. R. BRANSON
- Palmatodella delicatula* UL. & BASSLER
- Palmatolepis crepida* SANN.
- Palmatolepis distorta* BR. & MEHL
- Palmatolepis glabra* UL. & BASSLER
- Palmatolepis gracilis* BR. & MEHL
- Palmatolepis martenbergensis* MÜLLER
- Palmatolepis minuta* BR. & MEHL
- Palmatolepis perlobata* UL. & BASSLER
- Palmatolepis quadrantinodosalobata* SANN.
- Palmatolepis inflexa* MÜLLER
- Palmatolepis regularis* COOPER
- Palmatolepis rhomboidea* SANN.
- Palmatolepis subgracilis* ? BISCHOFF
- Palmatolepis subperlobata* BR. & MEHL
- Palmatolepis tenuipunctata* SANN.
- Palmatolepis termini* SANN.
- Palmatolepis triangularis* subsp. indet
- Polygnathus communis* BR. & MEHL
- Polygnathus decorosa* STAUFFER
- Polygnathus glabra* UL. & BASSLER
- Polygnathus normalis* MILL. & YOUNG.
- Polygnathus procera* SANN.
- Polygnathus rimulata* UL. & BASSLER
- Polygnathus sinelamina* BR. & MEHL
- Polygnathus symmetrica* E. R. BRANSON
- Polygnathus styriaca* ZIEGLER

Prioniodina armata (HINDE)
Prioniodina prona (HUDDLE)
Prioniodina smithi (STAUFER)
Pseudopolygnathus marburgensis BISCHOFF & ZIEGLER
Pseudopolygnathus micropunctata BISCHOFF & ZIEGLER
Pseudopolygnathus dentilimeata E. R. BRANSON
Roundya aurita SANN.
Roundya franca SANN.
Spathognathodus costatus (E. R. BRANSON)
Spathognathodus crassidentatus (BR. & MEHL)
Spathognathodus inornatus (BR. & MEHL)
Spathognathodus spinulicost. spinulicostatus (E. R. BRANSON)
Spathognathodus spinulicost. ultimus BISCHOFF
Spathognathodus strigosus (BR. & MEHL)
Spathognathodus stabilis (BR. & MEHL)
Spathognathodus tridentatus (E. R. BRANSON)

Eine Zusammenstellung der Conodonten des Grenzbereiches dm/do findet sich bei G. FLAJS 1966.

Einen guten Einblick in die Entwicklung liefern die Steinbrüche nördlich des Afritsch-Kinderdorfes in Steinberg.

(2) Hochlantsch-Fazies (F. HERITSCH 1927 a : 9)

1927 a erkannte F. HERITSCH erstmalig die lithologisch und faunistisch vom übrigen Grazer Devon etwas abweichende Entwicklung des Hochlantschstockes. Sie ist charakterisiert durch ein überwiegend kalkiges Devon, bei Zurücktreten tonig-sandiger Sedimente, durch eine verstärkte Entwicklung basischer Eruptiva und ein besonders in den mittleren Anteilen verhältnismäßig häufiges Auftreten von Korallen und Stromatoporen, wobei stockbildende Rugosa, im Gegensatz zur Entwicklung in der Rannach-Fazies, charakteristisch sind.

Folge von Laufnitzdorf (Silur, Devon; H. FLÜGEL 1960 b : 118)

Der Südfuß des Schiffal wird von einer z. T. stark von Hochlantsch-Kalken überrollten Folge von schmutziggroßen bis -braunen, tektonisch teilweise stark beanspruchten Tonschiefern aufgebaut. In sie sind mehrere, meist nur wenige Meter mächtige unreine, tonige Kalk-Bänke eingeschaltet. Diese, meistens braunen bis grauen, seltener rötlichen, tentakulitenführenden Kalke lieferten einige Conodonten

Spathognathodus inclinatus (RHODES)
Spathognathodus cf. transitans BISCHOFF & SANNE MANN
Spathognathodus cf. wurmi BISCHOFF & SANNE MANN
Spathognathodus n. sp.
Trichonodella inconstans WALLISER
Trichonodella excavata (BRANSON & MEHL)
Hindeodella equidentata RHODES
Plectospathodus extensus RHODES
Ozarkodina media WALLISER
Ozarkodina cf. media WALLISER
Prioniodina bicurvata (BRANSON & MEHL)

Die genannten Gesteine sind altersmäßig vergleichbar mit den Kalken von Winkel, d. h. sie gehören in das Ludlovium.

Die Tonschiefer sind teilweise stark verquarzt.

Zusammen mit diesen Gesteinen finden sich graugrüne bis bräunliche, glimmerige Sandsteine bzw. Grauwacken-Sandsteine.

U. d. M. zeigen sie nach H. HÖLLER 1960 a einen Aufbau aus mehr oder minder eckigen, verschiedenkörnigen Quarz-Bruchstücken, teilweise zersetzten Plagioklasen (An 5–10%) und Gesteinstrümmern, die in einer Matrix aus feinschuppigem Glimmer (meist Biotit bzw. Chlorit) eingebettet sind.

Die Altersstellung dieser sandigen Gesteine ist vorläufig noch ungeklärt. P. JESENKO (unver.; vgl. H. FLÜGEL 1953 d : 82) sah in diesen Gesteinen Karbon. In der Karte wurden sie nicht getrennt ausgeschieden.

Die nordöstliche Fortsetzung dieser Folge stellen die grünlichgrauen bis schwärzlichen Tonmergel des Heuberggrabens dar. Mit ihnen zusammen treten bis zu einige Meter mächtige Züge schwarzer, meist stark zerbrochener Kiesel-schiefer auf (E. CLAR etc. 1929 : 12).

In ihnen glaubte F. HERITSCH 1931 einen Graptolithen gefunden zu haben. Nach J. JAEGER 1969 : 173 handelt es sich dabei jedoch um eine Gleitspur.

Auch hier sind, wie bei Laufnitzdorf, die Gesteine mit unreinen, tonigen Kalken verknüpft. Die begonnene Bearbeitung durch H. L. HOLZER zeigt, daß in diesen Kalken auch Oberdevon vertreten ist. O. M. FRIEDRICH 1930 : 203 beschrieb ferner Grünschiefer, Diabase und Diabastuffe (vgl. S. 63), die mit den Tonschiefern zusammen auftreten. Ein Äquivalent der Grauwacken von Laufnitzdorf könnten die schwarzgrauen, festen, grobbankigen Sandsteine bis Kiesel-schiefer-Breccien darstellen, die den Schiefern zwischengelagert sind.

Derselben Folge wurden auch die von E. SY 1957 beschriebenen Gesteine am Kristallinrand nördlich des Hochlantsch-Stockes zugerechnet.

Im Raume des Schattleitner-Grabens wird die Hauptmasse der Gesteine aus harten, blaugrauen, feinschichtigen Tonschiefern, die olivfarben bis gelblich anwittern und vereinzelt sandige Partien aufweisen, gebildet. Untergeordnet treten in ihnen tonige, häufig unreine Kalke auf, die verschiedentlich (südl. Schattleitner Graben, Gehöft Winkler etc.) metasomatisch in Magnesit umgewandelt sind. Ferner finden sich Sandsteine sowie dunkle Kiesel-schiefer und Radiolarien-führende Lydite. Die Kiesel-schiefer lieferten im Hangenden des Breitenauer Magnesitstockes indeterminate, jedoch gut erkennbare Graptolithen-reste.

Durch Bohrungen wurden im Liegenden des Magnesits der Breitenau mächtige Kiesel-schiefer angetroffen, die vermutlich ebenfalls in diese Folge gehören.

Kalkschiefer-Folge

(Unter- bis tieferes Mittel-Devon; C. CLAR 1874 : 63)

Die Karbonat-Folge der Hochlantsch-Fazies beginnt meistens mit plattigen bis dünn-schiefrigen, meist blaugrauen Kalken und Kalkschiefern. Häufig weisen die Schichtflächen der Gesteine einen tonig-feinglimmigen Belag auf. Daneben treten schwarze oder rötliche, flasrige Kalke und mergelig-tonige Schiefer auf. Lokal finden sich Einschaltungen blauer Dolomite und Sandsteine sowie von Diabastuffen bzw. -tuffiten. Im Raume des Plesch-, Mühlbacherkogels westlich von Gratwein verzahnt sich dieser Komplex mit der Dolomit-Sandstein-Folge, die hier bis in das höhere Mittel-Devon reicht (F. HERITSCH 1917 a : 79, H. FLÜGEL 1953 d : 63, H. FLÜGEL 1956 d).

Massigere Kalke lieferten westlich des Stübinggrabens (A. KRÖLL unver.), südlich des Ratlosgrabens (F. ERHART-SCHIPPEK unver.) und im Türnauer

Tab. 18: Stratigraphische Eingliederung der Kalkschiefer — Folge 1894—1961.

	K. A. PENECKE 1894	F. HERITSCH 1917 a	A. KRÖLL 1949 (unver.)	L. WAAGEN 1937 b	H. FLÜGEL 1961
Mittel- Devon					
Unter- Devon		Kalkschiefer- Stufe i. w. S.		Kalkschiefer- Stufe im Allgem.	? Kalkschiefer- Folge ?
Silur	Kalkschiefer- Stufe		Kalkschiefer- Stufe i. e. S.		

Graben (E. CLAR etc. 1929) Faunen, die die fossilführenden Gesteine in das Mittel-Devon einstuft:

<i>Thamnophyllum stachei</i> PEN.	<i>Striatopora ? suessi</i> PEN.
<i>Thamnophyllum hörnesi</i> PEN.	<i>Syringopora schulzei</i> PEN.
<i>Zelophyllia ? cornuaccinum</i> (PEN.)	<i>Syringopora hilberii</i> PEN.
<i>Favosites goldfussi eifelensis</i> PEN.	<i>Alveolites suborbicularis</i> LAM.
<i>Favosites styriacus styriacus</i> PEN.	<i>Heliolites (Heliolites) porosus barrandei</i> PEN.
<i>Favosites grandis</i> HERITSCH	<i>Chaetetes yuannensis</i> (MANSUY)
<i>Favosites alpinus</i> PEN.	<i>Záimir cf. hercynicus</i> (HALF.)
<i>Thamnopora boloniensis</i> (GOSS.)	

In der Karte wurden mit dieser Kalkschiefer-Folge die „Kalke des Mooskogel“ (E. CLAR etc. 1929 : 15) vereinigt, die von F. HERITSCH 1917 b : 330 als das „auffallende Kalkband“ des Hochlantsch-Nordabfalles bezeichnet worden waren. Es handelt sich hierbei meistens um dunkle plattige Kalke und dicke Kalkschieferbänke, die mit Dolomiten wechsellagern. Sie werden von den mächtigen Diabasen der Wallhütten-Alm überlagert (Profil bei F. HERITSCH 1917 b : 329). Im Profil des Nestelbodner treten auch in den tieferen Teilen der „Kalke des Mooskogel“ Diabase auf.

An Fossilien konnten in diesen Kalken bisher gefunden werden:

<i>Thamnophyllum peneckeii</i> SCHOUPPE (nom. nudum)	
<i>Thamnophyllum boernesii</i> PEN.	<i>Favosites alpinus</i> PEN.
<i>Thamnophyllum purchisoni</i> PEN.	<i>Thamnopora boloniensis</i> (GOSS.)
<i>Hexagonaria darwini</i> FRECH.	<i>Striatopora ? suessi</i> PEN.
<i>Favosites grandis</i> HER.	

Einen anderen, ebenfalls hierhergestellten Kalktypus stellen die „Osser-Kalke“ dar (M. VACEK 1891 : 46).

Es handelt sich bei diesen Kalken um blaugraue, helle Flaserkalke, deren Schichtflächen häufig von rötlichen tonigen Häutchen bedeckt sind. Crinoidenstielglieder sind in den Kalken nicht selten. Die Kalke sind stellenweise stark tektonisch beansprucht und die Fossilreste häufig ausgewalzt und verzerrt. Gelegentlich werden die Kalke dolomitisch. In den tieferen Teilen sind Einlagerungen dunkler Tonschiefer nicht selten.

An Fossilien wurden nach F. HERITSCH 1943 : 399 gefunden:

<i>Thamnophyllum stachei</i> PEN.	<i>Striatopora ? suessi</i> PEN.
<i>Favosites grandis</i> HER.	<i>Thamnopora</i> sp.
<i>Favosites alpinus</i> PEN.	„ <i>Stromatopora concentrica</i> GOLDF.“

Die im Bereiche des Osser und der Passailer Alpe auftretenden Kalke ver-zahnen sich mit gelbgrauen bis bräunlichen, feinkörnigen Sandsteinen und

blauen Dolomiten, die der Dolomit-Sandstein-Folge angehören. Es zeigen sich damit im Raume der Teichalpe die gleichen Verhältnisse wie am Plesch-Mühlbacherkogel (S. 42).

(In der Karte konnten diese Verhältnisse nur sehr schematisch dargestellt werden. Es wurde daher auch von einer deutlichen Grenzziehung Abstand genommen und die faziellen Übergänge nur durch Signatur angedeutet.)

Nach H. KOLMER, 1973 entspricht der Rückstand der Kalkschiefer dem der Dolomitsandsteine.

Schichten der Hubenhalt (Eifelium; K. A. PENECKE 1894 : 578)

Die Kalkschiefer-Folge des Türnauer Grabens geht nach oben zu ohne scharfe Grenze in eine Wechsellagerung blauer, teilweise toniger Plattenkalke und bläulicher Dolomite über. An ihrer Basis schalten sich stellenweise geringmächtige gelbliche Dolomite und dolomitische Kalke ein (F. HERITSCH 1917 b : 318). K. A. PENECKE 1894 : 578 bezeichnete diese Folge als „Kalke und Kalkschiefer der Hubenhalt“. Sie wird etwa 100 Meter mächtig.

F. HERITSCH 1943 : 405 u. a. veröffentlichten von hier folgende Fauna:

Amplexus sp.

Thamnophyllum stachei PEN.

„*Cyathophyllum*“ *heterocystis* PEN.

Disphyllum caespitosum (GOLDF.)

Stringophyllum (Sociophyllum) elongatum (SCHLÜTER)?

Favosites styriacus styriacus PEN.

Thamnopora boloniensis (GOSS.)

Favosites alpinus PEN.

Alveolites suborbicularis LAM.

Favosites graffi PEN.

Syringopora schulzei PEN.

Favosites bohemicus MAURER

Heliolites (Heliolites) porosus barrandei PEN.

„*Columnopora*“ *penecke*i SCHOUPPE

Stromatopora concentrica GOLDF. ?

Möglicherweise entspricht die Wechsellagerung von Dolomiten und Kalken, die zwischen Teichalmhaus und Touristenheim aufgeschlossen ist (in der Karte irrtümlich in der Farbe des Hochlantsch-Kalkes ausgeschieden), den Kalken der Hubenhalt. Sie lieferte einige, erst teilweise bearbeitete Faunen:

Thamnophyllum g. *schoupp*e SCR.?

Actinostroma papillosum (BARG.)

Thamnophyllum boernesi PEN.

Actinostroma salairicum YAVORSKY

Thamnophyllum germanicum SCR.

Gerronostroma sp.

Favosites grandis HER.

Atelodictyon fallax LECOMPTE

Favosites alpinus PEN.

Clathrocoilona sp.

Favosites graffi PEN.

Anostylostroma cf. *neglectum* (POČTA)

Thamnopora boloniensis GOSS.

Zdimir cf. *hercynicus* (HALF.)

Heliolites porosus repletus LINDST.

Wahrscheinlich stellen die Kalke der Hubenhalt keine eigene Bank dar, sondern nur einen örtlich abtrennbaren Teil der Kalkschiefer-Folge.

Sie dürften ein stratigraphisches Äquivalent der *Barrandei*-Schichten (Eifelium) darstellen.

Calceola-Schichten (Givetium; K. A. PENECKE 1889 : 19)

Über der Kalkschiefer-Folge bzw. den Kalken der Hubenhalt folgen dunkelgraue oder blaue, fossillere Dolomite mit gelegentlichen Einschaltungen von Sandsteinbänken, Ton- und Kalkschiefern. Im Raume südlich der Teichalpe haben die Dolomite eine größere Verbreitung (E. CLAR etc. 1929 : 10). Im tieferen Teil der Schichtfolge sind Diabase, Meta-Diabase, gabbroide Diabase und Diabasporphyrite (F. ANGEL 1931, 1932) nicht selten (vgl. S. 61).

Das Hangende dieser Wechsellagerung bilden bis zu 200 m mächtige blaugraue, teilweise faserige Kalke mit vereinzelt Einschaltungen von Dolomiten und Diabasen. Die Kalke sind zum Teil sehr licht und etwas marmorisiert.

Bisher wurden folgende Arten aus den *Calceola*-Schichten bekannt (E. FLÜGEL 1958 a, H. W. FLÜGEL 1971, W. GRÄF 1958 b, F. HERITSCH 1943):

- Thamnophyllum stachei* PEN.
Thamnophyllum germanicum schoupei SCR.?
Thamnophyllum hoernesii PEN.
Acanthophyllum heterophyllum (M. E. H.)
Leptoinophyllum smyckai KETTEN.
Leptoinophyllum cf. smyckai KETTEN.
Leptoinophyllum cf. moravicum KETTEN.
Stringophyllum (Sociophyllum) longiseptatum (BULV.)
Cyathophyllum (Cyathophyllum) dianthus GOLDF.
Zelophyllia ? cornuvaccinum (PEN.)
Plasmophyllum (Plasmophyllum) caespitosum (SCHLÜTER)
Plasmophyllum (Plasmophyllum) pseudoseptatum (SCHULZ)
Plasmophyllum (Mesophyllum) vesiculosum (GOLDF.)
Neospongophyllum cf. murale WDKD.
 „*Tabulophyllum*“ *chernichevi* BULV. ?
Moravophyllum tenuiseptatum KETTEN.
Grypophyllum denckmanni WDKD.
Grypophyllum sp.
Ceratophyllum ceratites (GOLDF.)
 „*Cyathophyllum*“ *ballioides* FRECH
Disphyllum caespitosum (GOLDF.)
Heliophyllum planum (LUDW.)
Dohmophyllum beliantoides (GOLDF.)
Calceola sandalina LAM.
Favosites styriacus styriacus PEN.
Favosites grandis HERITSCH
Favosites graffi PEN.
Favosites goldfussi eifelensis PEN.
Favosites alpinus PEN.
Thamnopora sp.
Alveolites suborbicularis LAM.
Alveolites minimus LECOMPTE
Aulopora tubaeformis GOLDF.
Heliolites (Heliolites) porosus repletus LINDST.
Heliolites (Heliolites) porosus barrandei PEN.
Heliolites (Heliolites) porosus minimus CERRI
Heliolites (Heliolites) spongodes LINDST. subsp. indet.
Heliolites (Heliolites) hanuši KETTEN. ?
Chaetetes yuannensis (MANS.)
Chaetetes regularis LECOMPTE
Hermatostroma cf. episcopale NICH.
Hermatostroma roemeri NICH.
Taleostroma pachytexta (LECOMPTE)
Atelodictyon graecense E. FLÜGEL
Anostylostroma carnicum (VIN.)
Anostylostroma alpinum (E. FLÜGEL)
Amphipora ramosa (PHIL.)
Spirifer undifer GOLDF.
Gypidula globa BRONN
Murchisonia turbinea GOLDF.

Aufgrund der Fauna dürften die *Calceola*-Schichten in das tiefere Givetium zu stellen sein (H. W. FLÜGEL 1971).

Quadrigenium-Schichten (Givetium; K. A. PENECKE 1889 : 21)

Im östlichen Teil des Hochlantsch-Stockes werden in der Zachenspitze die *Calceola*-Schichten von hellgrauen, dünn geschichteten bis gebankten, teilweise flasrigen Kalken überlagert. Sie gehen lateral und vertikal in die massigen Hochlantsch-Kalke über. Untergeordnet treten in den Kalken auch Einschaltungen roter Kalkmergel auf.

An Fossilien fanden sich vor allem im Raume der Zachenspitze nach W. GRÄF 1958 b, F. HERITSCH 1943 und H. FLÜGEL & K. SCHIMUNEK 1960:

<i>Hexagonaria hexagona</i> (GOLDF.)	<i>Favosites goldfussi eifelensis</i> PEN.
<i>Hexagonaria darwini</i> FRECH	<i>Favosites graffi</i> PEN.
<i>Hexagonaria cf. sanctacrucensis</i> MOENKE	<i>Favosites alpinus</i> PEN.
<i>Stringophyllum ? isactis</i> (FRECH)	<i>Thamnopora</i> sp.
<i>Stringophyllum ? cf. isactis</i> (FRECH)	<i>Alveolites suborbicularis</i> LAM.
<i>Disphyllum pasbiense</i> (SOSHK.)	<i>Heliolites</i> sp.
<i>Tryplasma cf. fasciculare</i> (SOSHK.)	<i>Chaetetes yuannensis</i> (MANS.)
<i>Leptoinophyllum ? sp.</i>	<i>Amphipora ramosa</i> (PHIL.)

Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Kalken um eine Vertretung des mittleren bis höheren Givetiums, wobei F. HERITSCH 1943 : 413, aufgrund des Auftretens von *Stringophyllum isactis* (FRECH), der Meinung war, daß sie bis in die *Sparganophyllum*-Stufe von WEDEKIND reichen.

Hochlantsch-Kalk (Givetium, Frasnium?; C. CLAR 1874 : 63)

Der im Hochlantschgipfel mehr als 300 m mächtige, massige und ungeschichtete, sehr reine Hochlantsch-Kalk besitzt meistens eine helle, weißgraue, blaugraue, rötliche oder blau-rötliche Färbung. Charakteristisch ist eine rote Eisenoxydhydrat-Färbung längs der Klüfte und Bankungsfugen, wodurch der Eindruck einer roten Äderung des Gesteines hervorgerufen wird. Häufig finden sich intraformationale Breccien. Besonders in den tieferen Horizonten treten graue oder rötliche Hornsteinlagen und -knollen auf.

Fossilien sind in den Kalken relativ selten:

<i>Favosites goldfussi eifelensis</i> PEN.	<i>Alveolites suborbicularis</i> LAM.
<i>Favosites alpinus</i> PEN.	<i>Heliolites (Heliolites) porosus turcicus</i> WEISS.
<i>Thamnopora</i> sp.	<i>Chaetetes yuannensis</i> (MANS.)

Die Untersuchung einiger Proben auf eine etwaige Conodonten-Führung verlief bisher negativ.

Die Frage nach dem zeitlichen Umfang des Hochlantsch-Kalkes ist heute noch nicht zu beantworten. Seine Lage über den *Calceola*-Schichten bzw. den *Quadrigenium*-Kalken einerseits, die oben angeführte kleine Faunula andererseits machen es wahrscheinlich, daß er zumindest teilweise dem obersten Mittel-Devon angehört. Wie jedoch bereits F. HERITSCH 1943 : 425 anführte, ist es möglich, daß er in seinen höheren Anteilen noch in das Ober-Devon hineinreicht.

(3) Tonschiefer-Fazies (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1952 : 227)

Striatoporen-Kalk, Kalk- und Tonschiefer, Quarzite

Die dritte, in ihrer stratigraphischen Reichweite noch nicht klar erfaßte Fazies-Entwicklung des Mittel-Devons von Graz stellt die Tonschiefer-Fazies dar. Sie ist im Raume des Gradenbachtals nördlich von Köflach, im Liegenden des Schöckelkalkmassives der Tanneben (Peggau, Rechberg, Schrems etc.), im

nördlichen Weizer Bergland bzw. nördlich des Schöckelstockes und am Nordost-
rande des Grazer Paläozoikums entwickelt.

Es handelt sich um eine Folge von graphitischen, dunklen, teilweise pyrit-
führenden Ton- bis Graphit-(Kohlenstoff-)Schiefern, dunklen Kalken mit einer
häufigen Calzit-Änderung und dunklen, jedoch nur selten auftretenden Dolomiten
bzw. quarzitischen Sandsteinen. Die Kalke führen häufig Striatoporen-Äst-
chen, die auch bei einer stärkeren Durchbewegung der Gesteine und Auswaschung
der Fossilien meist noch gut erkennbar und bestimmbar sind. Diese Kalke haben
besonders im Raume zwischen Gradenbachtal und Weizer Bergland eine größere
Verbreitung. Dagegen sind die Tonschiefer bzw. dunklen, phyllitischen Schiefer
vor allem am Nordostrande des Paläozoikums mächtig entwickelt (Tonschiefer
des Weitzbauer, E. FLÜGEL 1957 a; W. GRÄF 1958 a. Heilbrunner Phyllite
H. BOIGK 1951; H. ZETINIGG 1962). Auffallend ist ein hoher Pyrit-Gehalt
der Schiefer. Vereinzelt treten auch dunkle, kieselige Schiefer bzw. quarzitischer-
serizitische Schiefer auf. Wie auch H. BOIGK 1951 : 251 beschrieb, finden sich
gegen das Hangende dieser bis zu 450 m mächtigen Folge (W. GRÄF 1958 a)
zahlreiche Einschaltungen von dunklen Kalkbänken und -linsen. Diese Wechsel-
lagerung leitet kontinuierlich zu den Kalken des Hochschlagzuges über. Völlig
analoge Verhältnisse finden wir auch im Hangenden der Tonschiefer-Folge des
Rechberg (Passailer Feld Nord), wo ebenfalls eine allmähliche Zunahme kalkiger
Lagen innerhalb der Tonschiefer festgestellt werden kann, wodurch ein Übergang
in die Kalkschiefer-Folge der Hochlantsch-Basis gegeben ist.

Bei den Kalken des Hochschlagzuges („Hochschlag-Serie“ von E. FLÜGEL
1957 a) handelt es sich um hellblaue bis weißliche, oft stark tonige Plattenkalke
und engschiefrige, mit dunklen, grauen Tonschiefern wechsellagernde Kalk-
schiefer. Dazu kommen Chloritoid-Schiefer, Grünschiefer, die von W. GRÄF
1958 a aufgrund ihres Mineralbestandes als Spilitabkömmlinge gedeutet wurden
und Spilite (S. 65).

Örtlich treten in dieser Folge auch Karbonat- bzw. Serizit-Quarzite auf.
E. FLÜGEL 1957 a schätzte die Mächtigkeit der Kalke des Hochschlag und der
liegenden Tonschiefer auf etwa 600 bis 800 m.

Wie das Auftreten von Chloritoidschiefern zeigt, weisen die Gesteine am
Nordostrande des Grazer Paläozoikums Zeichen einer beginnenden Metamor-
phose auf, die sich u. a. auch im Auftreten von Chloritschiefern bis Chloritphyl-
liten etc. äußert.

Die Folge ist charakterisiert durch das Auftreten von undulös auslöschendem Quarz,
vereinzelt auch Plagioklas (8—15 An) mit Albit-Verzwilligung, Serizit, Klinochlor, Karbo-
nat, Chloritoid, Erz und Kohlenstoff. Dieser Mineralbestand würde einer Prägung in der
mittleren Epizone (Grünschieferfazies von F. ANGEL 1940) entsprechen (E. CLAR
1929 d : 156). Die Deformation ist jünger als diese Metamorphose.

Fossilien sind in der Tonschiefer-Fazies relativ selten:

<i>Zelophyllia ? cornuvaccinum</i> (PEN.)	<i>Thamnopora</i> sp.
<i>Thamnophyllum germanicum</i> SCR.	<i>Striatopora ? suessi</i> PEN.
<i>Thamnophyllum stachei</i> PEN.	<i>Favosites grandis</i> HER.
<i>Thamnophyllum murchisoni</i> PEN.	<i>Syringopora schulzei</i> PEN.
<i>Tryplasma devonica</i> PEN.?	<i>Heliolites</i> sp.
<i>Tryplasma</i> sp.	<i>Zdimir</i> sp.

Diese Fauna spricht für eine Einstufung der fossilführenden Kalke in das
Eifelium (*barrandei*-Niveau), wobei vermutlich die mächtigen Tonschiefer des
basalen Anteils dem Unter-Devon angehören und ein Äquivalent der Dolomit-
Sandstein-Folge bzw. der Kalkschiefer-Folge darstellen dürften.

Im Bereich des Schöckelstockes wurden auf der Karte in gleicher Farbe wie die *Striatoporen*-Kalke, die „Übergangsschichten“ von E. CLAR 1933 a : 126 ausgeschieden. Es handelt sich um eine Folge verschiedener Kalke, grauer Dolomite, gelblicher, quarzitischer Sandsteine und sandiger, gelblicher Schiefer. Ihre stratigraphische Stellung ist unklar. Ihre Verknüpfung mit graphitischen Schiefen (z. B. am Gsullberg) wie sie in der Tonschiefer-Fazies weite Verbreitung besitzen, läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß auch die Gesteine der „Übergangsschichten“ der Tonschiefer-Fazies zuzurechnen sind.

Das Liegende dieser Tonschiefer-Kalk-Folge ist nicht einheitlich. Im Raum Peggau-Passail sind es chloritische, grüne Schiefer, Meta-Diabase, Tuffe usw. (S. 61). Bereits E. CLAR 1935 b : 7 hatte daher in der Passailer Mulde die Möglichkeit einer lithologischen Gliederung der Schiefer in einen höheren Anteil, der vorwiegend aus dunklen Phylliten besteht und einen tieferen, der aus hellen oder grünlichen, etwas höher metamorphen Schiefen aufgebaut ist, erwogen. Andererseits wird am Nordostrand des Paläozoikums die Tonschiefer-Folge von granatführenden, phyllitischen Glimmerschiefern, Amphiboliten, granatführenden Glimmerquarziten usw. des oststeirischen Kristallins (S. 17) unterlagert, während im Bereich des Weizer Berglandes ein allmählicher Übergang aus den Tonschiefern in den sie hier (invers?) unterlagernden Schöckelkalk aufgeschlossen ist (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1956 : 30).

Auffallend ist die häufige Bindung der Tonschiefer-Fazies an den Schöckel-Kalk (Köflach, Peggau, Schöckel-Nordabfall, Weizer Bergland). Dies hat zeitweise dazu geführt, daß die fossilführenden Kalke dieser Fazies, die lokal mit dem Schöckel-Kalk verschuppt sein können, als ein Beweis für das devonische Alter desselben herangezogen wurden (vgl. H. FLÜGEL, V. MAURIN & K. NEBERT 1952). Auf der anderen Seite wurden die dunklen Tonschiefer unter der Bezeichnung „Grenzphyllit“ (C. CLAR 1874 : 63) als tiefstes Schichtglied des Grazer Paläozoikums aufgefaßt.

Die im Bereich der Tonschiefer-Fazies auftretende Blei-Zink-Vererzung (vgl. S. 212) soll nach W. TUFAR 1972 eine syngenetische Bildung sein.

Nördlich des Hochlantsch finden sich in einer Folge dunkler Tonschiefer, Kieselschiefer, Flaser- und Bänderkalke, Fe- und Mn-Vererzungen. Die Erze treten hier in den grauen Schiefen in Form toniger Spateisensteine auf. Sie besitzen teilweise einen erheblichen Gehalt an Mangan (vgl. Tab. 30, S. 118). Die Lager schwanken in ihrer Mächtigkeit stark und können bis zu einem Meter erreichen. E. CLAR 1929 c : 152 nahm an, daß es sich hierbei um sedimentäre Sideritlagerstätten handelt.

Dieser Typus geht bei Ansteigen des Mn- und Abnahme des Fe-Gehaltes in Vorkommen über, wie sie im Heuberggraben abgebaut wurden. Auch hier handelt es sich um Lager manganreicher Brauneisenerze, die in Tonschiefer eingeschaltet sind. (K. A. REDLICH 1931 : 135).

Schöckel-Kalk (C. CLAR 1874 : 63)

Unter dieser Bezeichnung wird seit C. CLAR 1874 ein Kalktekonit verstanden, der bei Köflach, Peggau, im Schöckelgebiet und im Weizer Bergland größere Verbreitung besitzt.

Nach H. SEELMEIER 1942 a können drei Gesteinstypen auseinandergelassen werden: (1) graublau, helle bis dunkle, halbmetamorphe Kalke, (2) rein weiße, entpigmentisierte Kalke und (3) weißgraue bis graublau, meist gut gebänderte Kalke. Die dichten bis feinkristallinen Gesteine sind meistens sehr ungleichkörnig (A. HAUSER & H. URREGG 1949 b : 24). Ihr Gefügebild kann auf eine mehrmalige, nichtsymmetriekonstante Verformung zurückgeführt werden

(H. FLÜGEL, V. MAURIN & K. NEBERT 1952), wobei die Durchbewegung nicht überall gleiche Intensität erreichte.

Der nichtkarbonatische Anteil besteht nach H. HÖLLER 1966 : 69 im wesentlichen aus Graphit, Serizit und Chlorit. Es spricht dies für eine schwache Metamorphose des Gesteins.

Die häufig plattig entwickelten Kalke sind meist normal zu geklüftet. Dies und die Reinheit des Kalkes (Tab. 42, S. 201) brachten es mit sich, daß der Schöckelkalk in zahlreichen Brüchen als Baustein, Schotter oder Brantkalk abgebaut wird (vgl. S. 199).

An Fossilien wurden bisher nur im Arzwaldgraben westlich von Peggau von K. NEBERT Crinoidenreste und *Favosites* sp. gefunden. Die übrigen aus angebleichem Schöckelkalk beschriebenen Funde stammen aus tektonischen Einschaltungen (H. FLÜGEL, V. MAURIN & K. NEBERT 1952).

Über die verschiedenen stratigraphischen Einstufungen dieses Kalkes (vom Kambrium bis ins Karbon) unterrichtet die Arbeit von V. MAURIN 1954 : 90.

Wenngleich, bis auf den oben angeführten Fund eines *Favosites* sp., bisher Fossilfunde, die eine sichere zeitliche Einordnung dieses Kalkes möglich machen würden, fehlen, so deutet doch die vielerorts zu beobachtende, enge Verknüpfung mit dunklen, fossilführenden mitteldevonischen Kalken der Tonschieferfazies (Weizer Bergland, Peggau, Köflach) auf ein (mittel?) devonisches Alter hin (S. 56).

Paläozoikum unbekannter Stellung

Einige Gesteinsfolgen des Grazer Paläozoikums lassen infolge des Fehlens gesicherter Faunen eine zeitliche Einordnung nur schwer zu. Sie werden daher gesondert behandelt.

Schiefer der Passailer Mulde

Zwischen Semriach und dem Pommersberg östlich St. Kathrein am Off. treten als das Liegende der devonischen Kalkschiefer des Hochlantsch bzw. der Tonschiefer-Folge des Rechberg vorwiegend epizonale Metamorphite auf.

Sie wurden in der älteren Literatur als „Semriacher Schiefer“ (C. CLAR 1874 : 64) oder als „Quarzphyllite“ (M. VACEK 1891) bezeichnet und mit den Grünschiefer-Folgen, die westlich von Semriach und von Peggau das Liegende der Crinoiden-Kalke und Dolomit-Sandstein-Folge bilden, vereinigt. Tektonische Überlegungen brachten R. SCHWINNER 1925 zu einer Trennung dieser beiden Folgen. Dies fand seinen terminologischen Niederschlag in den Begriffen „Untere Schiefer“ (F. HERITSCH 1917 b : 355) oder „Passailer Phyllite“ (R. SCHWINNER 1925 : 249) und „Obere Schiefer“ (F. HERITSCH 1917 : 355) oder „Taschenschiefer“ (R. SCHWINNER 1925 : 223), wobei jedoch R. SCHWINNER 1925 beide Schieferfolgen als gleichaltrig ansah und seiner Serie III b (Vorcaradocium) eingliederte (Vgl. S. 37).

Wie die Untersuchungen von R. SCHWINNER 1925 und W. FLIESSER (unpubl.) gezeigt haben, bilden hellgraue, oft dünnblättrige Phyllite, dunkle Kohlenstoff-Phyllite und grünliche Chloritphyllite die Hauptmasse der Gesteine. Dazu kommen weiße, bisweilen gebänderte Marmore, unreine, tonige, oft gelbliche Kalke mit Einschlüssen von Schieferschollen und -lagen sowie Quarzite („Hundsberg-Quarzit“, s. u.). Neben diesen Sediment-Abkömmlingen treten Plagioklas-führende oder -freie Grünschiefer, Biotit-führende Grünschiefer, Grünfleckschiefer und Hornblendchloritschiefer, die vermutlich teilweise metamorphe Tuffe und Tuffite darstellen, auf. Massige, grüne Meta-Diabase (S. 61) bzw. grobkörnige „gabbroide“ Diabase stellen einerseits im Raume um Passail, andererseits östlich St. Kathrein a. Off. Einschaltungen in dieser Folge dar.

Von Interesse ist das Auftreten eines Grobkornaplit (O. HOMANN 1959 a.)

der südlich von Semriach diese Folge durchbricht und eine primäre Kontaktzone aufweist (S. 27).

Der bezeichnende Mineralbestand der Paragesteins-Folge ist Serizit (selten Muskovit), Chlorit und Epidot, Quarz, selten Plagioklas, Turmalin, Ilmenit, Magnetit, Pyrit, Karbonat und kohliges Pigment. Es entspricht dies einer epizonalen Prägung. Sie erfolgte prä- bis syntektonisch.

Die stratigraphische Stellung dieser Folge ist ungeklärt. Fossilien konnten bisher keine gefunden werden. Sowohl im Norden, als auch im Süden überlagern devonische Kalk- und Tonschiefer den besprochenen Komplex. Eine Abtrennung von diesen höheren dunklen Tonschiefern ist in dem meist sehr schlecht aufgeschlossenen Gelände sehr schwierig, weshalb auf der Karte darauf verzichtet wurde.

Aus dieser Lagerung ergibt sich die Möglichkeit, daß es sich z. T. um eine vordevonische Folge handelt. Lithologisch entspricht sie weitgehend den Schichten von Kher, wobei diese jedoch geringere Metamorphose zeigen (S. 36).

Die große Mächtigkeit dieser Folge zeigen die Bohrungen von Peggau (S. 190), die im Liegenden von schwarzen, fossilführenden Kalken und Schiefen der Tonschieferfazies diese Grünschiefer angetroffen haben. Von Interesse ist, daß, wie diese Bohrungen zeigen, im Liegenden wieder graphitische dunkle Kalke und Schiefer auftreten. Ihre stratigraphische und tektonische Position ist völlig unklar.

(In der Karte wurden die Schiefer der Passailer Mulde trotz ihrer epizonalen Metamorphose nicht gesondert ausgeschieden, sondern mit den Tonschiefern und Grünschiefern des Devons vereinigt. Es geschah dies einerseits zufolge der meist auftretenden Schwierigkeit einer sicheren Abtrennung und andererseits um die vermutlich gleiche stratigraphische Position der Schiefer östlich und westlich der Mur zu betonen.)

Quarzite des Hundsberges (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1952 : 227)

Südlich von Passail stehen am Hundsberg grobkörnige, hellgraue bis gelbliche Quarzite an. Sie wechsellagern mit Serizitquarziten bis Quarzitschiefern. Eben solche Gesteine konnten weiter westlich bis zum Angerwirt bei Semriach und gegen Osten bis über St. Kathrein a. Off. und nordöstlich vom Pommersberg (in der Karte nicht ausgeschieden) gefunden werden.

U. d. M. zeigen sich große, undulös auslöschende Quarze die oft reich an Einschlüssen sind, in einem feinkörnigen Grundgewebe aus Quarz und Muskovit. Teilweise finden sich auch gefüllte Plagioklase, die nach W. FLIESSER (unver.) einen An-Gehalt bis 15% aufweisen können.

Die Gesteine weisen bisweilen eine makroskopisch deutlich erkennbare lineare Vorzeichnung auf s auf, bei der es sich um eine B-Achse (überprüft durch die Quarzachsen-Regelung) handelt.

Die zeitliche Stellung dieser Gesteine ist, ebenso wie ihre Abkunft, ungeklärt.

Grenzzone des Schöckels

(z. T. triasverdächtig; A. KUNTSCHNIG 1927 : 105)

Der Begriff „Grenzzone“ wurde von A. KUNTSCHNIG 1927 : 105 für eine Gesteinsfolge im Raume des Weizer Berglandes geprägt, bei der wir es heute für denkbar halten, daß sie triadisches Alter hat (vgl. S. 82). Diese Bezeichnung wurde von E. CLAR 1933 a : 113 bei seiner Bearbeitung des Schöckelstockes übernommen. Er verstand darunter einen „Reibungsteppich“ zwischen Radegunder Kristallin und Schöckelkalk aus — seiner Ansicht nach — silurisch/devonischen Gesteinen.

Es handelt sich nach E. CLAR 1933 a und aufgrund eigener Beobachtungen um eine Folge von Serizitschiefern, Kalkglimmerschiefern, gelb anwitternden, dünnstiefrigen Kalken mit glimmerigen Häuten auf den Schichtflächen, roten und gelben Schiefer- bis Zellenkalken, gelblich-sandigen Rauhdecken, dolomitischen Kalken, lichtgrauen bis weißen, oft zu Aschen verwitternden Dolomiten und Dolomithbreccien, Sandsteinen, bläulichen, teilweise gebänderten Kalken usw. Dazu kommen Schuppen von phyllonisiertem, diaphthoritischem Radegunder Kristallin.

Die Mächtigkeit dieser Folge schwankt, wohl zufolge tektonischer Anschoppungen, stark. Im Profil von Maria Trost beträgt sie kaum 30 m, während sie im Raume von Rinegg über 300 m mächtig ist.

In den höheren Anteilen dieser Folge fand E. CLAR 1933 a : 122 dunkelgraue bis grauviolette Kalkschiefer und Crinoiden-Kalke. Neben einem Brachiopodenrest gab er von hier den Fund einer

„*Alleynea*“ *perfecta* POČTA

an. Das Stück dürfte in Verlust geraten sein. Möglicherweise handelte es sich um *Syringaxon zimmermanni* WEISS. (Vgl. S. 42.)

Dadurch wäre in dieser Zone das Auftreten altpaläozoischer (devonischer?) Gesteine nachgewiesen. Auf der anderen Seite erinnern besonders die tieferen Teile der Folge z. T. stark an die Entwicklung, die wir aus der triasverdächtigen Raasberg-Folge von Weiz kennen.

Bereits F. HERITSCH 1923 a : 146 war die Ähnlichkeit mit zentralalpines Mesozoikum aufgefallen. Es wurde daher auch für diese Zone der Verdacht ausgesprochen, daß ein Teil ihrer Gesteine der Trias angehören könnte. (V. MAURIN 1959, H. FLÜGEL 1960 a).

III/2 c. Effusiva

Verschiedentlich treten im Grazer Alt-Paläozoikum basische Effusiva auf. Nach ihrer Zusammensetzung bzw. dem Grad ihrer Umbildung können drei Gruppen auseinandergehalten werden:

Metadiabase und -Tuffe (-Tuffite)

Die Metadiabase stellen massige bis schiefrige, meist oliv- bzw. hell- bis dunkelgrüne Gesteine dar. Besonders auf der Platte, am Hiening, der Tasche, im Passail-Heilbrunner Feld, dem Hoch-Trötsch und Hoch-Lantsch sowie zwischen Kher und dem Übelbachgraben besitzen sie größere Verbreitung, wobei jedoch nur die wichtigeren Vorkommen in der Karte verzeichnet werden konnten.

Ihre Mächtigkeit schwankt stark. Sie kann, wie am Hoch-Trötsch, bis nahezu hundert Meter erreichen, liegt jedoch meist bedeutend darunter. Soweit die primäre Struktur noch erkennbar ist, besitzen die Gesteine ein dichtes oder ein porphyrisches Aussehen.

Das Grundgewebe besteht aus primären Pyroxenen, Feldspatleisten, z. T. reichlich Magnetit und Ilmenit sowie Apatit. Dazu kommen als Einsprenglinge basische Plagioklasse und seltener Augite („Uralit-Porphyrite“).

Metamorphe Umsetzung kann zur Entstehung von zersetztem Feldspat, Albit, Calzit, Serizit, Chlorit, Epidot und Klinozoisit, Uralitisierung der Augite sowie zur Bildung von Leukoxen führen (F. ANGEL 1932, V. HANSEL 1885, J. HANSELMAYER 1950, A. HAUSER & H. URREGG 1951 b, L. WELISCH 1910, H. HÖLLER 1960 a).

Einen besonderen Typus stellen die „gabbroiden Diabase“ des Hochlantsch

dar (F. ANGEL 1931). Es handelt sich um grobkörnige, massige Gesteine mit bis zu sieben Millimeter großen, „gefüllten“ Plagioklasen und Pyroxenen. Man findet derartige Gesteine auch im Passailer Feld und im Raume von Heilbrunn.

O. HOMANN (unver. Bericht) bezeichnete ein hierhergehörendes Gestein von Punkt 960 bei Burgstall (südlich Passail) als Hornblende-Porphyr. Die feinkörnige ophitische Grundmasse besteht aus Epidot, Serizit, Chlorit, feinnadeliger Hornblende, Biotit und Titanit. Darin treten als porphyrische Einsprenglinge Hornblende (mit zahlreichen Einschlüssen von Biotit, Titanit und Epidot) und einschlußreiche basische Plagioklase auf.

Seltener sind die Metadiabase als Mandelsteine ausgebildet (H. HÖLLER 1960 b), so in der Bärenschütz, bei Rothleiten und im Heuberggraben. Häufig direkt verknüpft mit den Metadiabasen finden sich grüne bis violette diabasische Metatuffe und -tuffite („Waldsteinit“ von F. ANGEL 1954). Bei stärkerer Umprägung verwischt sich ihr vulkanischer Charakter völlig und es liegen dann Grün- bis Fleckengrünschiefer vor. Die meist gut geschieferten, feinkörnigen Gesteine entsprechen in Mineralbestand und Chemismus (Tab. 20) weitgehend dem der Metadiabase, sieht man von sedimentären Beimengungen ab.

Die Tuffe sind stellenweise reich an Lapilli (z. B. Heuberggraben). Nach O. M. FRIEDRICH 1930 : 203 führen sie nicht selten Kalifeldspat (Mikroperthit), was ihn zur Annahme bewog, daß es sich um mitgebrachtes Quarzkeratophyr-Material handeln könnte.

In den Diabasen der Platte finden sich mehrere Magnetitlager. Sie wurden von A. TORNQUIST 1929 : 174 als liquidmagmatische Bildungen gedeutet. Die in den Diabasen als isolierte Oktaeder auftretenden Magnetite schließen sich in diesen Lagern zu derben Erzpartien und -schnüren zusammen (A. TORNQUIST 1929 : 169). Es handelt sich dabei um 0,4 m bis maximal 2,5 m mächtige, langgezogene Erzlinsen, wobei der Erzgehalt in den weniger mächtigen Lagern am größten ist.

Die Lagerstätte wird durch NO streichende Verwerfer stark gestört. Der Eisengehalt liegt zwischen 29% und 54%. Eine Analyse zeigt Tab. 19. Nach F. HEGEMANN 1958 a : 214 finden sich an Spurenelementen 0,01% Ti, 0,001% V, 0,003% Ni, 0,005% Cu und 0,3—0,5% Mn.

Postvulkanische Erscheinungen stellen nach A. TORNQUIST 1929, O. M. FRIEDRICH 1930, E. CLAR 1929 c, F. ANGEL 1954 und F. HEGEMANN 1958 a die extrusiv-sedimentären Magnetit-Vererzungen im Heuberggraben, bei Neustift (Andritz), am Plankogel sowie um St. Jakob i. d. Breitenau dar.

O. M. FRIEDRICH 1930 : 203 beschrieb aus dem Heuberg-Graben südlich von Mixnitz einige hierher gehörende Hämatitbaue.

Die Vererzung ist an eine Folge von Metadiabasen, Grünschiefern und tuffreichen Schiefern gebunden. Es handelt sich um einen dichten Hämatit in einer sehr feinkörnigen dunkelroten Matrix von Quarz. Das Erz bildet lagerartige, mehrere Meter mächtige Körper, die tektonisch vom Nebengestein getrennt sind. Randlich gehen die Erze in einen Saum von dunkelgrünem Thuringit über.

Den Chemismus zeigt Tab. 19.

Tab. 19: Chemismus der Hämatitvererzungen Heuberggraben

Probe Nr.:	1	2	3	4
Gew. %:				
SiO ₂	21,95	48,6	38,7	17,30
Fe ₂ O ₃	77,09	17,6	9,2	67,91
Al ₂ O ₃	—	20,5	20,2	12,28
CaO	—	—	12,4	0,24
MgO	—	—	—	0,22
Glv.	—	4,5	13,0	1,57
	99,04	91,2	93,5	99,52

1. Roteisen, Heuberggraben (O. M. FRIEDRICH 1930)
 2. Grüner Roteisenerzschiefer, Heuberggraben (O. M. FRIEDRICH 1930)
 3. Violetter Diabaseisenerzschiefer, Heuberggraben (O. M. FRIEDRICH 1930)
 4. Roteisen, Heuberggraben (O. M. FRIEDRICH 1930)
- F. HEGEMANN 1958 a : 212 gab ferner noch 0,06% Ti, 0,03% V und 0,01% Mn an.

O. M. FRIEDRICH 1959 : 21 brachte die Vererzung mit den Diabaseruptionen in Zusammenhang, wobei eine jüngere, schwach epizonale Metamorphose zur Bildung von Hämatit, Thuringit usw. führte.

Eine ähnliche Vererzung wurde von A. TORNQUIST 1929 : 174 aus Ober-Andritz b. Graz beschrieben. Hier findet sich eine Magnetit-Roteisen-Lagerstätte, die am Ende des 19. Jh.s beschürft wurde. Sie geht in eine Folge grauer, paläozoischer, phyllitischer Tonschiefer und Tuffe über. Die Erze bilden sechs bis sieben Zentimeter mächtige Lager. Sie bestehen aus Magnetit, der in Quarz eingeschlossen ist und nach O. M. FRIEDRICH 1959 : 21 weitgehend zu Eisenglanz umgesetzt ist. In einzelnen Schnüren tritt auch Zinnober auf.

Nach F. HEGEMANN 1958 a : 211 treten als Spuren auf: 0,03% V, 0,05% Mn, 0,003% Ni, 0,002% Co, 0,008% Cu und 0,001% Mo.

Die Lagerstätte zeigt eine starke dynamometamorphe Umprägung. O. M. FRIEDRICH 1959 : 21 verglich sie mit der Hämatitvererzung im Heuberggraben. A. TORNQUIST 1929 : 176 glaubte, daß es sich um ursprüngliche Hämatitlager handelt, die durch Exhalation von Solfataren im Gefolge der Diabaseruption entstanden sind.

Weitere derartige Lagerstätten, die auch zeitweilig beschürft wurden, finden sich in den Diabas-Grünschieferfolgen von Stiwill und Thal b. Graz (E. HATLE 1885 : 57).

Im Zusammenhang mit diesem postvulkanischen Geschehen kam es auch innerhalb der Tuffe und Tuffite zu einem Ti- und Fe-Absatz. Die Gesteine zeigen eine verschieden starke Umprägung in der Epizone, wobei wir alle Übergänge von der Chlorit-Phyllit-Unter-Fazies bis zur Epidot-Amphibolit-Fazies von F. ANGEL 1940 feststellen können. Diese Umprägung wurde von einer Durchbewegung begleitet.

Tab. 20: Chemische Analysen basischer Effusiva des Grazer Paläozoikums.

Probe Nr.: Gew.-%:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	42,2	43,00	45,44	48,49	49,5	49,85	53,33	48,85	47,04	56,93	57,01	57,05
TiO ₂	sp.	0,95	0,65	—	—	—	—	1,64	4,58	0,28	1,19	0,20
Al ₂ O ₃	17,7	13,25	12,79	13,34	12,8	14,07	15,80	17,01	16,23	16,32	18,82	16,89
Fe ₂ O ₃	6,62	5,98	8,82	9,72	16,41	16,32	7,15	2,45	6,40	5,50	3,12	6,12
FeO	8,63	6,93	5,24	6,66	5,8	—	5,2	7,19	5,11	3,04	2,00	2,13
MnO	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,10	0,16	0,12	0,08
MgO	4,16	3,29	3,24	2,63	0,36	3,47	2,47	6,51	1,67	0,61	2,26	1,11
CaO	3,6	9,30	7,05	5,86	6,80	5,81	4,15	8,78	6,35	3,75	3,83	3,92
Na ₂ O	7,64	6,16	3,46	5,15	4,41	3,79	0,96	3,88	3,97	3,62	2,76	2,21
K ₂ O	4,05	1,96	7,79	2,09	1,18	—	2,21	0,20	2,59	2,84	3,79	3,78
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0,38	—	0,18	0,21	0,08	0,03	0,16
Glühv.	4,27	7,1	4,08	4,63	2,45	4,79	2,80	—	—	—	—	—
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	0,16	3,52	1,18	n. b.	1,14
S	—	—	—	—	—	—	—	0,05	—	0,27	0,18	0,47
H ₂ O	0,23	0,7	0,95	0,47	0,75	1,52	0,5	2,26	2,34	5,49	4,81	4,51
BaO	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—	—	—	—
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	0,05	—	—	—	—
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	0,03	—	—	—	—
InO ₂	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—	—	—
	99,10	98,62	99,51	99,04	100,46	100,00	100,57	99,42	100,11	100,07	99,02	99,77

- 1, 2 Diabas, Hochlantsch, Anal. L. WELISCH 1910
 3 Diabas, Zachengraben, Anal. L. WELISCH 1910
 4, 5 Diabas, Rettenbachklamm, Anal. L. WELISCH 1910
 6 Diabas, Heuberggraben, Anal. bei O. M. FRIEDRICH 1930
 7 Diabas, Rettenbachklamm, Anal. L. WELISCH 1910
 8 „Spilit“, Hochschlag-O, Anal. PRODINGER 1960
 9 „Waldsteinit“, Waldstein, Anal. F. ANGEL 1954
 10 Diabas-Tuff, Florianiberg, Anal. R. KOHLHAUSER—J. HANSELMAYER 1958 a
 11, 12 Diabas-Tuff, Florianiberg, Anal. R. KOHLHAUSER—J. HANSELMAYER 1960a

Die Diabase stellen teilweise Sills (gabbroide Diabase), die oberflächennahe erstarrten, dar, zum anderen Teil Lavadecken. Wahrscheinlich gehören sie einer einzigen, längerwährenden Eruptionsperiode an. Hierbei finden sich die wahrscheinlich ältesten Effusiva in den Schichten von Kher, die jüngsten im höheren Mittel-Devon (Calceola-Schichten) des Hochlantsch.

Die Tuffite sind wohl zumeist submarine Absätze. Der hohe Kalkgehalt und die enge Wechsellagerung der Gesteine mit Kalklagen kann schwer anders gedeutet werden.

Diabastuffe des Plabutsch-Zuges

Am Plabutsch-Buchkogel und dem Göstinger Berg treten in den Dolomiten des Unter-Devon mehrere Diabastuffe und -tuffitbänke auf. Die gesamte Entwicklung wird z. T. bis zu 50 m mächtig. Die Zahl der Tufflagen wechselt sehr stark. Das gleiche gilt für ihre Mächtigkeit. Während diese im Lienhard-Steinbruch bei Straßgang über elf Meter beträgt, kann sie an anderen Stellen bis auf wenige Zentimeter herabgehen. Im allgemeinen weisen die tieferen Tuffbänder eine violette bis rötliche Färbung, die höheren eine grüne auf (J. HANSELMAYER 1958 a, 1960 a).

Die Grenzen gegen die dolomitisch-sandigen Nebengesteine sind meistens scharf, stellenweise jedoch allmählich, so daß es zur Bildung tuffitisch gemengter Gesteine kommen kann.

Neben reinen Aschentuffen sind Lapilli-Tuffe nicht selten. Die groben bis feinen Lapilli stecken hierbei in einer dicken Aschenmasse. Sie sind schwarzgrau, rötlich, z. T. aber auch weißlich gefärbt und besitzen knollige bis eckige Gestalt.

Ihr Durchmesser kann mehrere Zentimeter betragen. Von Interesse ist, daß aus diesen Tuffen Auswürflinge von quarzporphyrischem Material beschrieben wurden (J. HANSELMAYER 1958 a, J. TERGLAV 1876).

Im Gegensatz zu den Metadiabas-Tuffen sind die Tuffe des Plabutsch nicht oder nur wenig umgewandelt und zeigen daher den primären Mineralbestand noch kaum verändert.

Jünger als diese Tuffe sind geringmächtige Tufflagen, die nach E. CLAR 1933 b im höheren Mittel-Devon der Hohen Rannach auftreten (auf der Karte nicht ausgeschieden).

Über den Chemismus dieser Tuffe unterrichtet Tab. 20.

„Spilite“

Am NO-Hang des Ebenschlag (Breitenau NO) konnten von W. GRÄF 1958 a massige, dunkelgrüne und graueflechte „Spilite“ gefunden werden. Sie treten als wenige Zentimeter mächtige, jedoch rund 1,5 Kilometer lang anhaltende Einschaltung in den tiefmitteldevonischen Kalken und Schiefen des Hochschlag (S. 57) auf.

Teilweise sind die Gesteine grobkörnig und lassen in einem grünlichen Grundgewebe große, schmutzig-weiße Plagioklase erkennen. Ähnliche Gesteine konnte E. SY 1957 im Breitenauer Tal feststellen.

Die massigen Gesteine bestehen aus Albit, Hornblende, Augit, Stilpnomelan, Magnetit und Ilmenit. Dazu kommen als sekundäre Bildungen Chlorit, Epidot, Uralitisierung der Augite und Füllung der Plagioklase.

Die Gesteine können als Spilite im Sinne von E. TRÖGER 1935 aufgefaßt werden. Die beiden Bearbeiter bezogen sie im Sinne von F. ANGEL 1955 zeitlich und genetisch auf das gleiche Stamm-Magma, dem auch die Metadiabase angehören. Sie sollen, wie ein Teil dieser, oberflächennahe erstarrte Sills darstellen.

Einen Einblick in den Chemismus gibt Tab. 20. Sie entspricht weitgehend der, die E. TRÖGER 1935 : 145 von einem Gestein der Insel Mullion gab.

III/3. Schrifttum (III, IV)

a. Steirische Grauwackenzone

84. FELSER, K. O., *Caninia Nikitini* STUCKENBERG aus dem schiefrigen Kalk des Häuselberges bei Leoben. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 5—6, Graz 1936.
85. HAMMER, W., Beiträge zur Kenntnis der steirischen Grauwackenzone. — Jahrb. geol. Bundesanst., 74, 1—34, Wien 1924.
86. HAUSER, A., Die diabasischen Effusiva in der Grauwackenschiefer-Serie zwischen Mur- und Ennstal. — N. Jahrb. Mineral. etc. Beil. Bd. 75, A, 205—244, Stuttgart 1939.
87. METZ, K., Die Geologie der Grauwackenzone von Leoben bis Mautern. — Jahrb. geol. Bundesanst., 87, 165—193, Karte 1 : 25.000, Wien 1938.
88. —, Die Geologie der Grauwackenzone von Mautern bis Trieben. — Mitt. Reichsst. Bodenf., 1, 161—220, Karte 1 : 25.000, Wien 1940.
89. —, Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. — Mitt. Geol. Ges. Wien 44, 1—84, Wien 1953.
90. STINI, J., Jahresbericht betreffend Blatt Bruck a. d. Mur-Leoben. — Verh. geol. Staatsanst., 20—22, Wien 1921.

Ferner 3, 7, 22, 41, 72, 74, 95, 792.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

859. EBNER, F., Bericht 1972 über stratigraphische Untersuchungen in der Steirischen Grauwackenzone (Raum Neuberg an der Mürz-Leoben). — Verh. geol. Bundesanst., A 86—87, Wien 1973.
- 859 a. FENNINGER, A. & HOLZER, H. L., Bericht über Aufnahmen 1969 auf Kartenblatt 1:200.000 Graz Nord. — Verh. geol. Bundesanst., 1970, A 25, Wien 1970.

b. Paläozoikum von Graz

91. AICHHORN, S., Geognostische Verteilung des Schiefer-, Schicht- und Massengebirges in Steiermark. — Wochenbl. stmk. Landwirtschafts-Ges., 5, 1—14, Graz 1856.
92. ANDRAE, K., Bericht über die Ergebnisse geognostischer Forschungen im Gebiete der 9. Sektion der Generalquartiermeisterstabkarte von Steiermark und Illyrien. — Jahrb. geol. Reichsanst., 5, 437, Wien 1854.
93. ANGEL, F., Dolomitsandsteine aus dem Grazer Paläozoikum. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 64/65, 136—149, Graz 1929.
94. —, Über gabbroide Kerne aus den Hochlantsch-Diabasen. — Centralbl. Mineral. etc., A, 154—161, Stuttgart 1931.
95. —, Diabase und deren Abkömmlinge aus den österreichischen Ostalpen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 69, 5—24, Graz 1932.
96. —, Waldsteinit, ein Na-metasomatischer, eisenerzdurchstäubter diabasisch-tonschieferiger Metatuffit aus der Steiermark. — Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. (III), 4, 440—453, Wien 1954.
97. BLÜMEL, O. W., Über Sandsteine der Grazer Umgebung. — Festschr. F. ANGEL, 13—18, Graz 1956.
98. BOCK, H., Der Korallenfundpunkt im Lurloch. — Centralbl. Mineral. etc., 137—138, Stuttgart 1917.
99. BOIGK, H., Zum Bau der Grazer Decken. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 102, 247—271, Hannover 1951.
100. BOROVIČZĚNY, F. & FLÜGEL, H., Biometrische Untersuchungen an *Favosites styriacus* PENECKE (Tabulata) aus dem Mittel-Devon von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 92, 7—16, 2 Abb., 1 Taf., Graz 1962.
101. CANAVAL, R., Petrefaktenfund in CLAR's Grenzphyllit. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 26, XCV, Graz 1889.
102. CLAR, C., Vorläufige Mitteilung über die Gliederung des Hochlantschzuges. — Verh. geol. Reichsanst., 113—114, Wien 1871.
103. —, Kurze Übersicht der geotektonischen Verhältnisse der Grazer Devonformation. — Verh. geol. Reichsanst., 62—65, Wien 1874.
104. —, Der Gebirgsbau des Schöckelstockes bei Graz. — Jahrb. steierm. Gebirgsver., 1, Graz 1875.
105. CLAR, E., Zur Frage der Entstehung der Bänderung von Kalken. — Geol. Archiv, 4, 38—40, München 1926.
106. —, Zum Kapitel Lösungsumsatz in Kalken. — N. Jahrb. Mineral. etc., Beil. Bd. 60, B, 167—172, Stuttgart 1928.
107. —, Neue Beobachtungen über die jüngeren Stufen des Paläozoikums von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 190—196, Wien 1929 (1929 b).
108. —, Zur Transgression des Karbons bei Gratkorn (nördl. Graz). — Verh. geol. Bundesanst., 172—173, Wien 1930.
109. —, Zur Geologie des Schöckelgebietes bei Graz. — Jahrb. geol. Bundesanst., 83, 113—136, Wien 1933 (1933 a).
110. —, Der Bau des Gebietes der Hohen Rannach bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 70, 1—23, Karte 1:25.000, Graz 1933 (1933 b).
111. —, Geologische Wanderungen im Gebiete der Hohen Rannach bei Graz. — Kl. Bücherei d. naturw. Ver. Stmk., 2, 16 S., Karte 1:25.000, Graz 1935 (1935 a).
112. —, Vom Bau des Grazer Paläozoikums östlich der Mur. — N. Jahrb. Geol. etc., Beil. Bd. 74, B, 1—39, Stuttgart 1935 (1935 b).
113. CLAR, E., CLOSS, A., HERITSCH, F., etc., Die geologische Karte der Hochlantschgruppe in Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 64/65, 3—28, Karte 1:25.000, Graz 1929.

114. CORNELIUS, H. P., Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung. — Geol. Rdsch., 16, 350—377, 417—434, Berlin 1925.
115. COTTA, B., Geologische Briefe aus den Alpen. — 328 S., Leipzig 1850.
116. DIENER, C., Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebirges. — 616 S., Wien 1903.
117. FLÜGEL, E., Neuaufnahmen im Grazer Paläozoikum 1955/56: 1. Der Hochschlagstock östlich von St. Erhard (Breitenau). — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 113—115, Wien 1957 (1957 a).
118. —, Artenrevision von *Actinostroma* NICHOLSON (Stromatoporoidea). — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 95, 25—29, Wien 1958 (1958 a).
119. —, Die paläozoischen Stromatoporen-Faunen der Ostalpen. Verbreitung und Stratigraphie. — Jahrb. geol. Bundesanst., 101, 167—186, Wien 1958 (1958 b).
120. —, Revision der Hydrozoen des Grazer Devons. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 49, 129—172, Taf. 1—6, Wien 1958 (1958 c).
121. —, Die Gattung *Actinostroma* NICHOLSON und ihre Arten (Stromatoporoidea). — Annalen Nat.-Hist. Museum, 63, 90—273, Taf. 6, 7, Wien 1959.
122. FLÜGEL, H., Nachweis der Oberdevonstufe II im Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Bundesanst., 190—195, Wien 1947.
123. —, Über die Zusammenhänge zwischen Klüftung und Talnetz im Grazer Bergland. — Geol. & Bauw., 18, 195—200, Wien 1951 (1951 a).
124. —, Neuere Untersuchungen im Grazer Paläozoikum. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 112—116, Graz 1952 (1952 a).
125. —, Graptolithenfund in einem Lyditgeröll der Kainacher Gosau. — Verh. geol. Bundesanst., 153—155, Wien 1952 (1952 b).
126. —, Kinematik einer Großfalte des Grazer Paläozoikums. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 169—180, Stuttgart 1952 (1952 c).
127. —, Vom varisch-alpidischen Bau des Grazer Paläozoikums. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 90, 162—168, Wien 1952 (1952 d).
128. —, Das sedimentäre Gefüge der Dolomitsandsteine (Grazer Paläozoikum). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 31—42, Graz 1953 (1953 a).
129. —, Die Neuaufnahme des Grazer Paläozoikums 1952/1953. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 91, 232—236, Wien 1953 (1953 b).
130. —, Die Querstruktur von Semriach bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 122—132, Wien 1953 (1953 c).
131. —, Die stratigraphischen Verhältnisse des Paläozoikums von Graz. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 55—92, Stuttgart 1953 (1953 d).
132. —, Die Deformationspläne des Grazer Paläozoikums östlich der Mur. — Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. (III), 4, 7—17, Wien 1954 (1954 a).
133. —, Das tektonische Gefüge von Kher bei Rein. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 45, 147—162, Wien 1954 (1954 b).
134. —, Die tektonischen Verhältnisse zwischen Stübinggraben und der Mur. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 40—49, Karte 1 : 25.000, Graz 1954 (1954 c).
135. —, Geologische Profile aus dem Raum des Hoch-Trötsch. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 85, 73—80, Karte 1 : 25.000, Graz 1955.
136. —, Neuaufnahmen im Grazer Paläozoikum (1954). — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 81—83, Wien 1956 (1956 a).
137. —, Neue Korallenfaunen aus dem Unterludlow von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 86, 32—57, Taf. 3, 4, Graz 1956 (1956 b).
138. —, Revision der ostalpinen Heliolitina. — Mitt. Museum Bergb., Geol. & Techn., 17, 55—102, Taf. 1—4, Graz 1956 (1956 c).
139. —, Die „Sandsteinfazies“ des Mitteldevons von Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 45—57, Wien 1956 (1956 d).
140. —, 140 Jahre geologische Forschung im Grazer Paläozoikum. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 51—78, Graz 1958 (1958 a).
141. —, Aufnahmen 1958 auf Blatt „Grazer Bergland“ 1 : 100.000. — Verh. geol. Bundesanst., A 19—A 22, Wien 1959 (1959 a).
142. —, Zur Kenntnis der Typen von *Favistella* (*Dendrostella*) *trigemma trigemma* (QUENSTEDT 1881) und *Thamnophyllum trigeminum trigeminum* PENECKE 1894. — N. Jahrb. Geol., etc., Mh., 113—120, Stuttgart 1959 (1959 b).
143. —, *Zeapora* PENECKE 1894: Eine Dasycladaceen-Gattung aus dem Mittel-Devon von Graz. — N. Jahrb. Geol., etc., Mh., 145—152, Stuttgart 1959 (1959 c).

144. — , Das Problem der Unter-Devon/Mittel-Devon- und der Silur/Devon-Grenze im Paläozoikum von Graz. — Prager Arbeitstag. Strat. Silur & Devon (1958), 115—121, Praha 1960 (1960 b).
145. FLÜGEL, H. & V. MAURIN, Aufnahme 1955 auf Blatt Graz (164). — Verh. geol. Bundesanst., 27—33, Wien 1956.
146. — , Aufnahmen 1956 auf den Blättern Graz (164), Weiz (165), Passail (134) und Birkfeld (135). — Verh. geol. Bundesanst., 18—21, Graz 1957 (1957 a).
147. — , Geologische Karte des Weizer Berglandes, 1:25.000. — Geol. Bundesanst. Wien 1958.
148. — , Geologische Wanderungen im Weizer Bergland. — Weiz, Geschichte und Landschaft, 6, 51 S., Weiz 1959.
- 148a.— , Exkursion vom 29. bis 31. Mai 1959 in das Paläozoikum, Kreide und Tertiär westlich von Graz und das Kristallin, Paläozoikum und Tertiär des Weizer Berglandes. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 53, 347—351, Wien 1961.
149. FLÜGEL, H., MAURIN, V. & K. NEBERT, Zur Altersfrage von Schöckelkalk und Grenzphyllit im Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Bundesanst., 129—142, Wien 1952.
150. FLÜGEL, H. & K. METZ, Querstrukturen in der nordöstlichen Steiermark. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 89, 43—48, Wien 1951.
151. FLÜGEL, H. & K. SCHIMUNEK, Revision der aus dem Mitteldevon von Graz beschriebenen Arten der Gattung *Hexagonaria* GÜRICH (Rugosa). — N. Jahrb. Geol., Paläont., Abh., 111, 1—29, Taf. 1, Stuttgart 1960.
152. FLÜGEL, H. & W. ZIEGLER, Die Gliederung des Oberdevons und Unterkarbons am Steinberg westlich von Graz mit Conodonten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 87, 25—60, Taf. 1—4, Graz 1957.
153. FRECH, F., *Lethaea palaeozoica*. — 688 S., Stuttgart 1880, 1897.
154. — , Über das Devon der Ostalpen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 39, 659—738, Berlin 1887.
- 154a.— , Über die Altersstellung des Grazer Devons. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 24, 47—64, Graz 1888.
155. GAERTNER, H. R., Die Eingliederung des ostalpinen Paläozoikums. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 86, 241—265, Taf. 19, Berlin 1934.
156. GOEPPERT, W., Brief an W. HAIDINGER. — Verh. geol. Reichsanst., 77—78, Wien 1858.
157. GRÄF, W., Neuaufnahmen im Grazer Paläozoikum 1956/57: Das Paläozoikum zwischen Stanzbachgraben und Hochschlag (NO St. Erhard, Breitenau). — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 96, 107—110, Wien 1958 (1958 a).
158. — , Kritische Bemerkungen zu den als „*Cyathophyllum vermiculare*“ aus dem Grazer Devon beschriebenen Korallen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 79—103, Taf. 3, Graz 1958 (1958 b).
159. GROSS, W., Über den von R. HOERNES 1891 entdeckten Arthrodiren-Rest aus dem Grazer Paläozoikum. — Jahrb. geol. Bundesanst., 101, 139—146, Wien 1958.
160. HABERFELNER, E. & F. HERITSCH, Caradoc bei Stiwill (Grazer Bergland). — Verh. geol. Bundesanst., 165—167, Wien 1930.
161. HAIDINGER, A., Über die azoische Abteilung des Grundgebirges im Murtal. — Haidingers Berichte, 3, 262—264, Wien 1847.
162. HANSEL, V., Die Eruptivgesteine im Gebiet der Devonformation in Steiermark. — Tscherm. mineral. petrogr. Mitt., (N. F.), 6, 53—81, Wien 1885.
163. HANSELMAYER, J., Die Braungesteine (Kölbergit) des Bergzuges Plabutsch—Buchkogel. — Jahresber. III. Bundesrealgymn. f. Mädchen, 7—11, Graz 1949.
164. — , Chemische Untersuchungen an devonischen Dolomiten des Bergzuges Plabutsch—Buchkogel bei Graz. — Heidelb. Beitr. Mineral. Petrogr., 2, 210—215, Heidelberg 1950 (1950 a).
165. — , Petrographische Studien an Hochtrötsch-Diabasen einschließlich einer kurzen Charakteristik der mit ihnen auftretenden Tonschiefer. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 159, 1—10, Wien 1950 (1950 b).
166. — , Der Chemismus oberdevonischer Flaserkalle des Gaisberges bei Graz. — Heidelb. Beitr. Mineral. Petrogr., 2, 492—497, Heidelberg 1951 (1951 a).
167. — , Petrographie und Chemismus der Dolomite des Plabutsch-Buchkogel-Bergzuges bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 117—133, Graz 1952.

168. — , Zur Frage des Schwefelgehaltes in Camgiten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 43—60, Graz 1953 (1953 a).
169. — , Die Tonsandsteine von der Thaler-Mühle. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 162, 1—9, Wien 1953 (1953 b).
170. — , Die bunten Flaserkalle (unteres Oberdevon) vom Gaisberg und Kollerkogel. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 50—59, Graz 1954 (1954 a).
171. — , Die Chonetenschiefer vom Frauenkogel bei Gösting. — F. ANGEL — Festschr., 69—73, Graz 1956.
172. — , Der devonische Illit-Schieferton vom Kollerkogel bei Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 95, 127—139, Wien 1957 (1957 a).
173. — , Die Chonetenschiefer des Grazer Paläozoikums. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 166, 19—42, Wien 1957 (1957 b).
174. — , Petrographie und Chemismus der violetten Diabastuffe vom Florianberg (Graz-Straßgang). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 104—120, Graz 1958 (1958 a).
175. — , Petrographie und Chemismus der devonischen grünen Diabastuffe vom Plabutsch-Bergzug (Graz). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 90, 25—40, Graz 1960 (1960 a).
176. HERITSCH, F., Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens. — Verh. geol. Reichsanst., 306—310, Wien 1906 (1906 a).
177. — , Studien über die Tektonik der paläozoischen Ablagerungen des Grazer Beckens. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 42, 170—224, Graz 1906 (1906 b).
178. — , Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 43, 96—184, Graz 1907.
179. — , Zur Stratigraphie des Paläozoikums von Graz. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 4, 619—626, Wien 1911 (1911 a).
180. — , Zur Kenntnis des Hochlantsch. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 47, 108—113, Graz 1911 (1911 b).
181. — , Neue Erfahrungen über das Paläozoikum von Graz. — Centralbl. Mineral. etc., 765—770, Stuttgart 1911 (1911 c).
182. — , Das mittelsteirische Erdbeben vom 22. Jänner 1912. — Mitt. Erdbebenkommission Akad. Wiss. N. F., 43, 14 S., Wien 1912 (1912 a).
183. — , Das Gebirge östlich vom Radstätter Tauern und vom Katschberg. — Geol. Rdsch., 3, 245—258, Berlin 1912 (1912 b).
184. — , Neue Studien im Paläozoikum von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 49, 67—74, Graz 1913.
185. — , Richtigstellung zu KOBER'S Angaben über das Paläozoikum von Graz. — Centralbl. Mineral. etc., 667—670, Stuttgart 1914 (1914 a).
186. — , Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz I. Die Fauna und Stratigraphie der Schichten mit *Heliolites Barrandei*. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 92, 551—614, 1 Taf., Wien 1915 (1915 a).
187. — , Die Stellung der Pentameruskalke der Umgebung von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 51, 92—106, Graz 1915 (1915 b).
188. — , Die österreichischen und deutschen Alpen bis zur alpinodinarischen Grenze (Ostalpen). — Handbuch region. Geol., 2, (A), 153 S., Heidelberg 1915 (1915 c).
189. — , Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz II. Die geologische Stellung der Schichten mit *Heliolites Barrandei* in der Umgebung von Graz (mit Ausschluß des Hochlantschgebietes). — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 53—112, Wien 1917 (1917 a).
190. — , Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz III. Das Devon der Hochlantschgruppe, IV. Die tieferen Stufen des Paläozoikums von Graz. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 94, 313—374, Wien 1917 (1917 b).
191. — , Transversalbeben in den nordöstlichen Alpen. — Mitt. Erdbebenkommission, Akad. Wiss., N. F., 53, 42 S., Wien 1918 (1918 a).
192. — , Die Fauna des unterdevonischen Korallenkalkes von Mittelsteiermark nebst Bemerkungen über das Devon der Ostalpen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 54, 7—52, Graz 1918 (1918 b).
193. — , Korallen vom Göstinger Jungfernsprung bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 55, 87—92, Graz 1919 (1919 a).

194. — , Neue Fossilfunde im Hochlantschgebiet. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 55, 93—95, Graz 1919 (1919 b).
195. — , Über den *Pentamerus pelagicus* BARR. von Seiersberg bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 55, 96—98, Graz 1919 (1919 c).
196. — , Über eine *Dalmania* aus den Devonschichten von Tal bei Graz. — Centralbl. Mineral., etc., 307—314, Stuttgart 1920 (1920 a).
197. — , Analogien im seismischen Verhalten der nordöstlichen Alpen und der Westkarpathen. — Geol. Rdsch., 10, 118—125, Berlin 1920 (1920 b).
198. — , Geologische Karte der Umgebung von Graz 1 : 25.000, Blatt I, Plabutsch—Maria-Trost. — Graz 1922.
199. — , Die Grundlagen der alpinen Tektonik. — 259 S., Berlin 1923 (1923 a).
200. — , Die Zentralalpen östlich vom Katschberg und Radstädter Tauern. — Sammlung geol. Führer, 32, 156 S., Berlin 1926.
201. — , Eine neue Stratigraphie des Paläozoikums von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 223—228, Wien 1927 (1927 a).
202. — , Die vormesozoischen Gebirgsbildungen in den Alpen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 79, 217—231, Stuttgart 1927 (1927 b).
203. — , Stratigraphie des Altpaläozoikums der Alpen. — Vestnik St. geol. Ustav ČSR., 3, 108—119, Praha 1927 (1927 c).
204. — , Führer zur geologischen Exkursion in das Paläozoikum von Graz. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 20, 142—143, Wien 1929 (1929 a).
205. — , Devonische Versteinerungen aus dem Schöckelkalk von Peggau bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 240—243, Wien 1929 (1929 b).
206. — , Nachweis der Stufe e-Gamma im Paläozoikum von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 133—136, Wien 1930 (1930 a).
207. — , Caradoc bei Plankenwart westlich von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 136—137, Wien 1930 (1930 b).
208. — , Karbon in der Dult bei Gratwein. — Verh. geol. Bundesanst., 160—162, Wien 1930 (1930 c).
209. — , Die Stufe e-Gamma bei Plankenwart westlich von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 168—170, Wien 1930 (1930 d).
210. — , Caradoc, Mitteldevon und Karbon bei Gratwein-Rein. — Verh. geol. Bundesanst., 170—172, Wien 1930 (1930 e).
211. — , Graptolithenfund bei Mixnitz (Hochlantschgruppe, Paläozoikum von Graz). — Verh. geol. Bundesanst., 206, Wien 1931.
213. — , Oberstes Unterdevon und unteres Mitteldevon bei Graz. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 144, 187—197, Wien 1935 (1935 a).
214. — , Geologie des Grazer Schloßberges. — Kleine Bücherei naturw. Ver. Stmk., 3, 16 S., Graz 1936.
215. — , Neue Versteinerungen aus dem Devon von Graz. — Mitt. Museum Bergb., Geol. & Techn., 1, 8 S., Taf. 1, 2, Graz 1937.
216. — , Das Paläozoikum. — Bd. I von F. HERITSCH & O. KÜHN. Die Stratigraphie der geologischen Formationen der Ostalpen. 681 S., Berlin 1943.
217. HERITSCH, F. & R. SCHWINNER, Versteinerungen aus dem Schöckelkalk. — Verh. geol. Bundesanst., 149—152, Wien 1932.
218. HERITSCH, F. & A. SCHOUPE. Zur Gliederung des Mitteldevons in der nächsten Umgebung von Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 78, 77—81, Wien 1941.
219. HERITSCH, F. & H. WOLSEGER. Eospiriferen aus dem Devon der Ostalpen. — Carinthia II, 125, 57—64, Taf. 1, Klagenfurt 1935.
220. HILBER, V., Geologie von Maria-Trost. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 47, 120—136, Karte 1 : 25.000, Graz 1911.
221. — , Die Natur der schwarzen Bänder am Plabutsch. — Centralbl. Mineral., etc., 29—30, Stuttgart 1921.
222. — , Geologie von Gösting. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 60, 114—139, Karte 1 : 75.000, Graz 1924.
223. HÖLLER, H., Phosphoritknollen im Grazer Paläozoikum. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 35—36, Graz 1958.
224. HOERNES, R., Paläozoische Bildungen der Umgebung von Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 198—202, Wien 1877 (1877 a).

225. — , Vorlage einer geologischen Manuskriptkarte der Umgebung von Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 326—330, Wien 1880 (1880 a).
226. — , Über die Gliederung der Devonbildungen von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 22. LXIX—LXXIX, Graz 1886.
227. — , Der erste Wirbeltierrest aus dem Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Reichsanst., 223—224, Wien 1891.
228. — , Schöckelkalk und Semriacher Schiefer. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 28, 249—278, Graz 1892 (1892 a).
229. — , Schöckelkalk und Semriacher Schiefer. — Verh. geol. Reichsanst., 144—159, Wien 1892 (1892 b).
230. — , Der Boden von Graz. — Ber. Tätigkeit steierm. Gewerbever. Graz 1895.
231. — , Gutachten in Angelegenheit des Baues der zweiten Trace der Seilbahn auf den Schloßberg. — 1 S., Graz 1897.
232. HÜBL, H., Chemisch-petrographisch-technische Untersuchungen an Schöckelkalken (Steiermark). I. Teil. Zur Chemie und Petrographie der Schöckelkalken und ihrer Rückstände. — Zentralbl. Mineral., etc., A, 60—94, Stuttgart 1942 (1942 a).
233. IPPEN, J., Die chemische Zusammensetzung des Dolomites am Grazer Schloßberg. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 31, 272—275, Graz 1894.
234. JESENKO, P., Die Frohnleitner „Falte“ im Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Bundesanst., 142—146, Wien 1952.
235. KAHR, V., Archeocyathacea im Paläozoikum von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 168—171, Wien 1951.
236. KNEBEL, R., Geologisches Profil der Antiklinale von Kehr. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 75, 113—114, Wien 1938.
237. KROPFITSCH, M. & A. SCHOUPPE, Revision der Tabulaten aus dem Paläozoikum von Graz. Teil I. Thamnoporen und Striatoporen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 90—117, Taf. 1, Graz 1953.
238. KUNTSCHNIG, A., Das Bergland von Weiz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 63, 91—110, Karte 1 : 25.000, Graz 1927.
239. — , Geologische Karte des Bergzuges Plabutsch-Kollerkogel. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 74, 114—132, Karte 1 : 25.000, Graz 1937.
240. MACHATSCHKI, F., Chemische Untersuchung der Devonkalke, Höhlenlehme und einiger Phosphaterden aus der Drachenhöhle bei Mixnitz (Steiermark). — Centralbl. Mineral., etc., A, 225—238, 272, 321, Stuttgart 1929.
241. MAURIN, V., Über jüngste Bewegungen im Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Bundesanst., 216—220, Wien 1953 (1953 a).
242. — , Das Paläozoikum im Raum zwischen Deutschfeistritz und Semriach. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 81—102, Karte 1 : 25.000, Graz 1954.
243. — , Aufnahmebericht 1958 über Blatt Köflach-Voitsberg (1 : 10.000). — Verh. geol. Bundesanst., A 37—A 42, Wien 1959.
244. MAURIN, V. & H. FLÜGEL, Aufnahme 1957 auf Blatt „Grazer Bergland“ 1 : 100.000. — Verh. geol. Bundesanst., 223—226, Wien 1958.
245. MENSINK, H., Eine tektonische Detailuntersuchung im Raum nördlich Gratkorn. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 123—129, Graz 1953.
246. MERIAN, P., Über das Vorkommen älterer Gebirgsformationen in den Ostalpen. — Ber. Vers. nat. Ges. Basel, 6, Basel 1844.
247. METZ, K., Beiträge zur Devonfauna im Grazer Paläozoikum. I. Fundpunkt Thaler Mühle. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 67, 116—120, Graz 1930.
248. — , Bericht (1947) der Grazer Arbeitsgemeinschaft über das Grazer Paläozoikum. — Verh. geol. Bundesanst., 57—58, Wien 1950.
249. — , Zur Frage voralpidischer Bauelemente in den Alpen. — Geol. Rdsch., 40, 261—275, Bonn 1952 (1952 b).
250. MEYER, A., Devonische Fauna am Ausgang des Schindelgrabens bei Gösting bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 264—268, Wien 1937.
251. MOHR, H., Was lehrt uns das Breitenauer Karbonvorkommen? — Mitt. Geol. Ges. Wien, 4, 305—310, Wien 1911 (1911 a).
252. — , Ein Nachwort zu: Was lehrt uns das Breitenauer Karbonvorkommen? — Mitt. Geol. Ges. Wien, 4, 627—630, Wien 1911 (1911 b).
253. — , Versuch einer tektonischen Auflösung des Nordostspornes der Zentralalpen. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 88, 633—652, Wien 1912.

254. — , Stratigraphie und Tektonik des Grazer Paläozoikums im Lichte neuer Forschungen. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 7, 46—49, Wien 1914.
255. — , Über die Entstehung einer gewissen Gruppe von Graphitlagerstätten — Berg- u. Hüttenm. Jahrb., 68, 111—145, Wien 1920.
256. — , Einige Beziehungen von Metamorphose und Gebirgsbau in den Ostalpen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 75, 114—133, Berlin 1923.
257. — , Über den Fuchsit von Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 202—208, Wien 1924.
258. — , Ein geologisches Profil durch den Kolm bei Dellach im Drautal nebst einigen Erwägungen über die Wurzelnatur des Kristallins nördlich des Draufusses. — Verh. geol. Bundesanst., 96—105, Wien 1925.
259. — , Archaische Krinoiden? — Verh. geol. Bundesanst., 177—183, 217, Wien 1926.
260. MORLOT, A., Analyse eines sandigen Dolomits vom Hausberg bei Stübing. — Haidingers Berichte, 2, 242—245, Wien 1847 (1847 a).
261. — , Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der nordöstlichen Alpen. — 208 S., Wien 1847 (1847 b).
262. — , Geologische Übersichtskarte zur Reise durch Österreich, Salzburg, Kärnten, Steiermark und Tirol bis München mit Berücksichtigung der österreichischen Alpen und des bayrischen Hochgebirges. — Wien 1847 (1847 c).
263. — , Über die Gliederung des azoischen Übergangsgebirges im Murtal. — Haidingers Berichte, 3, 236—243, Wien 1847 (1847 d).
264. — , Erläuterungen zur geologisch bearbeiteten VIII. Sektion der Generalquartiermeisterstabskarte von Steiermark und Illyrien. — Wien 1848.
265. — , Einiges über Dolomite des Grazer Schloßberges. — Haidingers Berichte, 5, 208—218, Wien 1849 (1849 b).
266. MURCHISON, A., Über den Gebirgsbau der Alpen, Apenninen und Karpathen. — Stuttgart 1850.
267. PELTZMANN, I., Graptolithen aus den „Oberen Schiefen“ der Platte bei Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 77, 89, Wien 1940.
268. — , Aus dem Paläozoikum nördlich von Graz (Rechberg, Fragnerberg bei Semriach). — Verh. geol. Bundesanst., 161—168, Wien 1949.
269. PENECKE, K. A., Über die Fauna und das Alter einiger paläozoischer Korallenriffe der Ostalpen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 39, 267—276, Taf. 20, Berlin 1887.
270. — , Vom Hochlantsch. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 26, 17—28, Graz 1889.
271. — , Das Grazer Devon. — Jahrb. geol. Reichsanst., 43, 567—616, Taf. 7—12, Wien 1894.
272. — , Exkursion in das Paläozoikum der Umgebung von Graz. — Exkursionsführer Intern. Geol. Kongr. 1903, 5, 1—9, Wien 1903.
273. — , Versteinerungen aus dem Schöckelkalk bei Graz. — Centralbl. Min., Geol. etc., 243—245, Stuttgart 1915.
274. PETERS, K., Devonformation der Umgebung von Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 25—26, Wien 1867.
275. — , Die geologische Beschaffenheit einiger Stellen des Bodens von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 2, LXXXVI—LXXXVII, Graz 1870.
276. — , Der Boden von Graz. — In ILWOLF-PETERS, 5—62, Graz 1875.
277. PLESSMANN, W., Die geologischen Verhältnisse am Westrand der Grazer Bucht. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 295—310, Stuttgart 1954.
278. PURKERT, R., Die Scherbeanspruchung des Clymenienkalkes von Steinberg bei Graz. — Centralbl. Mineral. etc., B, 362—365, Stuttgart 1927 (1927 b).
279. ROLLE, F., Geologische Untersuchungen in dem Theile Steiermarks zwischen Gratz, Obdach, Hohenmauthen-Marburg. — Jahrb. geol. Reichsanst., 7, 219—250, Wien 1856.
280. ROZSA, M., Die Entstehung des Dolomites vom Gesichtspunkt der Sedimentation primären Magnesiumkarbonats. — Centralbl. Mineral. etc., 1, 217—233, Stuttgart 1926.
281. SCHÄFER, A., Geologische Karte des Buchkogel-Florianibergzuges bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 74, 133—143, Karte 1 : 25.000, Graz 1937.
282. — , Über Bau und Arten von *Amphipora ramosa* SCHULZ. — Verh. geol. Bundesanst., 113—115, Wien 1938.

283. SCHOUPPÉ, A., Eine Visé-Transgression am Steinberg bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 81—101, Wien 1946.
284. —, Neue Fossilfunde in der Lurgrotte bei Peggau. — Protokoll Bundes-Höhlenkommission 4. Vollvers., 32—34, Wien 1949 (1949 a).
285. —, Die *Thamnophyllen* und ihre Beziehung zur Gruppe des *Cyathophyllum caespitosum*. — Palaeontographica, 97, 99—180, Taf. 9—14, Stuttgart 1949 (1949 b).
286. —, Die paläozoischen Bewegungsphasen im Raum von Graz. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 44, 223—235, Wien 1953.
287. —, Die Korallenfauna aus dem ef des Paläozoikums von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 159—171, Taf. 2, Graz 1954 (1954 a).
288. —, Revision der Tabulaten aus dem Paläozoikum von Graz. Die Favositiden. — Mitt. Museum Bergb., Geol. & Techn., 12, 40 S., 2 Taf., Graz 1954 (1954 b).
289. SCHWINNER, R., Das Bergland nordöstlich von Graz. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I) 134, 219—276, Wien 1925.
290. —, Die Stellung des Schöckelkalkes, besonders bei Peggau (nördlich von Graz). — Verh. geol. Bundesanst., 1—17, Wien 1927.
291. —, Richtigstellung zu WAAGEN's letztem Aufnahmebericht über das Blatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 131—132, Wien 1930.
292. —, Variskisches und alpines Gebirgssystem. — Geol. Rdsch., 24, 144—159, Leipzig 1933.
293. SEELMEIER, H., Das Alter des Schöckelkalkes. — Ber. Reichsst. f. Bodenf., 74—79, Wien 1941.
294. —, Beitrag zur Geologie des erzführenden Paläozoikums der Umgebung von Peggau-Deutschfeistritz bei Graz. — Ber. Reichsst. für Bodenf., 1—25, Karte 1 : 50.000, Wien 1944.
295. SIMETTINGER, M., Der Stübinggraben. — Jahrb. geol. Reichsanst., 15, 248—250, Wien 1865.
296. SOLLE, G., *Conchidium hercynicum* HALFAR und die Stellung der Pentameruskalke im Grazer Devon. — Senckenbergiana, 16, 110—126, Frankfurt. a. M. 1934.
297. —, Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis* — *intermedius* im Rheinischen Devon. — Abh. hessisches Landesamt, 5, 156 S., 18 Taf. Wiesbaden 1953.
298. STACHE, G., Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. — Jahrb. geol. Reichsanst., 24, 137—273, Wien 1874.
299. —, Über die Verbreitung silurischer Schichten in den Ostalpen. — Verh. geol. Reichsanst., 216—223, Wien 1879.
300. —, Elemente zur Gliederung der Silurbildungen der Alpen. — Verh. geol. Reichsanst., 25—29, Wien 1884 (1884 a).
301. —, Über die Silurbildungen der Ostalpen, nebst Bemerkungen über die Devon-, Karbon- und Permgebildungen dieses Gebietes. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 277—378, Berlin 1884 (1884 b).
302. —, Silurfaunen der Ostalpen. — Verh. geol. Reichsanst., 121—126, Wien 1890.
303. STANDFEST, F., Die Fukoiden der Grazer Devonablagerungen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 17, 115—128, Graz 1880.
304. —, Zur Stratigraphie der Devonbildungen von Graz. — Jahrb. geol. Reichsanst., 31, 457—472, Wien 1881.
305. —, Die vermeintlichen Fukoiden des Grazer Devons. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 25, LXXXIX—XCI, Graz 1888.
306. STAUB, R., Der Bau der Alpen. — Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F., 52, 272 S., Bern 1924.
307. STINI, J., Aufnahmebericht über Blatt Bruck a. d. M.-Leoben. — Verh. geol. Bundesanst., 33—34, Wien 1929.
308. STUR, D., Geologie der Steiermark. — 654 S., Graz 1871.
309. SUESS, E., Die Äquivalente des Rotliegenden in den Alpen. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 57, 230—276, Wien 1868.
310. TERGLAV, J., Die petrographische Beschaffenheit der im Grazer Devon vorkommenden Tuffe. — Tscherm. mineral. Mitt., 207—228, Wien 1876.
311. THURNER, A. Relieffüberschiebungen in den Ostalpen. — Fortschr. Geol., 14, 347 S., Berlin 1943.
312. TIETZE, E., Die Devonschichten bei Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 134—136, Wien 1870.

313. — , Das Alter des Kalkes von Steinbergen bei Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 34—37, Wien 1881.
314. UNGER, F., Geognostische Skizze der Umgebung von Grätz. — In SCHREINERS „Grätz“, 69—82, 1843 (1843 a).
315. — , Topographisch-geognostische Karte der Umgebung von Grätz. — 1843 (1843 b).
316. VACEK, M., Über die geologischen Verhältnisse des Grazer Beckens. — Verh. geol. Reichsanst., 41—50, Wien 1891.
317. — , Schöckelkalk und Semriacher Schiefer. — Verh. geol. Reichsanst., 32—49, Wien 1892.
318. — , Bemerkungen über die Geologie des Grazer Beckens. — Verh. geol. Reichsanst., 203—258, Wien 1906.
319. — , Weitere Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens. — Verh. geol. Reichsanst., 159—192, Wien 1907.
320. WAAGEN, L., Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 10—12, Wien 1924.
321. — , Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 21—22, Wien 1925 (1925 a).
322. — , Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 21—25, Wien 1926 (1926 a).
323. — , Geologischer Bericht aus dem Kartenblatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 133—141, Wien 1927 (1927 a).
324. — , Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 54—55, Wien 1927 (1927 b).
325. — , Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 57—62, Wien 1928.
326. — , Aufnahmebericht über Blatt Köflach—Voitsberg. — Verh. geol. Bundesanst., 57—61, Wien 1929.
327. — , Aufnahmebericht über das Blatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 72—76, Wien 1930 (1930 a).
328. — , Aufnahmebericht über das Blatt Köflach. — Verh. geol. Bundesanst., 71—72, Wien 1930 (1930 b).
329. — , Silur in der Peripherie des Kirchkogel-Frauenkogelzuges in der Umgebung von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 232—241, Wien 1930 (1930 c).
330. — , Der geologische Bau des Gebirges zwischen Frohnleiten, Übelbach und Deutsch-Feistritz. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 139, 407—443, Wien 1930 (1930 d).
331. — , Der geologische Bau des Eichkogels bei Rein unweit von Graz. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 139, 27—42, Wien 1930 (1930 e).
332. — , Aufnahmebericht über das Blatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 66—73, Wien 1931.
- 332a. — , Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 44—46, Wien 1933.
- 332b. — , Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 42—45, Wien 1934.
333. — , Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 43—45, Wien 1935.
334. — , Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 70—73, Wien 1936.
335. — , Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 77—81, Wien 1937 (1937 a).
336. — , Paläozoikum, Kreide und Tertiär im Bereich des Kartenblattes Köflach—Voitsberg. — Jahrb. geol. Bundesanst., 87, 311—329, Karte 1 : 50.000, Wien 1937 (1937 b).
337. — , Geologischer Aufnahmebericht über das Kartenblatt Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 68—72, Wien 1938.
338. WELISCH, L., Beitrag zur Kenntnis der Diabase der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 47, 53—82, Graz 1910.

Ferner: 6, 7, 16, 22, 40, 42, 49, 74, 77, 540, 542, 543, 544, 546, 552, 553, 561, 562, 564, 565, 566, 567, 568, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 580, 581, 584, 585, 587, 588, 590, 591, 593, 595, 597, 598, 599, 600, 600 a, 601, 602,

603, 604, 605, 606, 612, 613, 616, 772, 776, 781, 790, 791, 792, 795, 800, 801, 806, 808, 809, 810, 812, 814, 824, 829, 830, 1084, 1091, 1095.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

860. BOUCOT, A. & SIEHL, A., *Zdimir* BARRANDE (Brachiopoda) redefined. — Notizbl. hess. Landesamt Bodenf., 80, 117—131, Taf. 15—20, Wiesbaden 1962.
861. FLAJS, G., Die Mitteldevon/Oberdevon-Grenze im Paläozoikum von Graz. — N. Jahrb. Geol. etc., Abh., 124, 221—240, 2 Abb., Taf. 23—26, Stuttgart 1966.
862. FLÜGEL, H., Das Paläozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 56, 401—443, 5 Abb., Wien 1964.
863. —, Devonian of Austria. — Intern. Symp. Devonian System, 1, 99—107, 3 Abb., Calgary 1967.
864. —, Fortschritte in der Stratigraphie des ostalpinen Paläozoikums (1964—1969). — Zbl. Geol. Paläont., 1, 1970, 661—687, Stuttgart 1970.
865. —, Einige biostratigraphisch wichtige Rugosa aus den Calceola-Schichten des Hochlantsch (Grazer Paläozoikum). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 100, 72—83, 9 Abb., Graz 1971.
866. —, Das Paläozoikum von Graz. — Exkursionsf., 42. Jahresvers., Paläont. Ges., 117—140, 7 Abb., Graz 1972.
867. FLÜGEL, H. W. & SCHÖNLAUB, H. P., Nachweis von tieferem Unterdevon und höherem Silur in der Rannach-Facies des Grazer Paläozoikums. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, 142—148, Wien 1971.
868. —, Geleitworte zur stratigraphischen Tabelle des Paläozoikums von Österreich. — Verh. geol. Bundesanst., 1972, 187—198, 1 Taf., Wien 1972.
- 868 a. HADITSCH, J. G., Zum geologischen Aufbau der Raabklamm. — Der Naturlehrpfad durch die Raabklamm, 8—31, Graz 1971.
869. HÖLLER, H., Sedimentpetrographische Untersuchungen am Schöckelkalk vom Steinbruch Berger bei Weiz, Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 96, 69—71, Graz 1966.
870. JAEGER, H., Kritische Bemerkungen zu einigen Angaben über Graptolithenfunde in den Ostalpen. — Anz. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl., 173—177, Wien 1969.
871. KODSI, M. G., Zur Kenntnis der Devon/Karbon-Grenze im Paläozoikum von Graz. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 415—427, 6 Abb., Stuttgart 1967.
- 871a. KOLMER, H., Mineralfazielle Untersuchung der Dolomit-Sandstein-Folge (Rannach-Fazies) und der Kalkschiefer-Folge (Hochlantsch-Fazies). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 103, 23—28, 1 Abb., Graz 1973.
- 871b. NÖSSING, L., Nachweis des tieferen Unterkarbons im Paläozoikum von Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. 1974 (im Druck).
872. SAID, KHOSROVI, A., Stratigraphische Ergebnisse im Paläozoikum beiderseits des Pailgrabens (Graz-N) mit Hilfe von Conodonten. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 89—90, Wien 1962.
873. TUFAR, W., Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums. — Joanneum, Mineral. Mittlb., (2), 64—75, 4 Abb., Graz 1972.
874. ZETINIGG, H., Die Geologie des Pommestesberges nordwestlich von Anger bei Weiz. — Unver. Diss. Universität Graz, 112 S., Graz 1962.

IV. Das Jungpaläozoikum

IV/1. Unter-Karbon

IV/1 a. Grauwacken-Zone

Zwischen St. Michael und Bruck a. d. M. findet sich eine ca. 400 bis 500 m mächtige Folge meist eisengrauer Schiefer mit geringmächtigen Einschaltungen von Kalklinsen. Untergeordnet treten auch Sandsteine und Konglomerate auf. Die Gesteine zeigen teilweise eine leichte Metamorphose, wodurch es zur Bildung kohlenstoffreicher Serizitquarzite, Graphitphyllite und untergeordnet auch zu Chloritoidphylliten kommen kann.

Vereinzelt, wie am Heuberg oder im Jassinggraben bei Leoben, ist der Gra-

phit so angereichert, daß man zeitweilig versuchte ihn abzubauen. Die dunkelblauen, plattigen, geringmächtigen Kalke zeigen auf den Schichtflächen häufig einen serizitisch-graphitischen Belag. Daneben treten auch lichte, merkbar körnige und teilweise marmorisierte Kalke auf. Pyrit ist in den Kalken nicht selten.

Die Kalke führen vereinzelt Crinoiden-Reste. Bei Bruck a. d. M. konnte in ihnen im Kaltbachgraben durch J. STINI 1921 eine von F. HERITSCH (in O. HOMANN 1955 : 25) als *Caninophyllum archiaci* M. E. H. bestimmte Koralle gefunden werden, während K. O. FELSER 1936 : 5 vom Häuselberg bei Leoben eine Koralle als *Caninia nikitini* STUCKENBERG bestimmte. Weitere, tektonisch stark verdrückte und daher indeterminable Reste wurden von K. METZ 1938 in den Karbon-Kalken zwischen Leoben und St. Michael gefunden. Während die Koralle des Kaltbachgrabens die Kalke in das Visé (*Dibunophyllum*-Zone) einstuft, spricht der Fund am Häuselberg für eine Eingliederung in das Westfalium.

Bereits K. METZ 1940 : 175 hat auf diese Diskrepanz hingewiesen. Es ist auffallend, daß auch an anderen Stellen des kalkig entwickelten Karbons der Grauwackenzone Korallen des oberen Visé gefunden wurden (Kaintaleck, Trieben). Es muß daher die Frage, ob wirklich kalkiges Ober-Karbon vorhanden ist, noch unbeantwortet bleiben.

Am Häuselberg bei Leoben und am Aichberg bei St. Michael finden sich in den Kalken kleinere Magnesit-Vorkommen (R. FREYN 1902; Analyse Tab. 23). Bei St. Michael tritt in diesem Zug auch Talk (O. M. FRIEDRICH 1953 : 396) auf.

Die meist dunklen Sandsteine bis sandigen Schiefer führen neben Quarz und Serizit gelegentlich auch schwach gefüllte Albite (O. HOMANN 1955 : 24). Die Konglomerate bestehen vorwiegend aus stark gestreckten Quarzgeröllen in einer Matrix von Serizit-Graphitphylliten (K. METZ 1938 : 172; O. HOMANN 1955 : 24). Sie stellen, wie die Kalke, linsenförmige, kurzanhaltende Einschaltungen in der Schiefer-Folge dar.

K. METZ 1938 : 170 stellte aufgrund des Korallenfundes vom Häuselberg die gesamte Serie in das Ober-Karbon. Es scheint heute fast wahrscheinlicher, daß der größere Teil dem Unter-Karbon angehört, wobei es bisher nicht möglich war, die oberkarbonen Anteile abzutrennen.

IV/1b. Sanzenkogel-Schichten des Grazer Paläozoikums (L. NÖSSING 1974) (partim: *Gnathodus*-Kalk)

Am Steinberg, Gaisbergsattel (Plabutsch), dem Frauenkogel bei Gösting, der Hohen Rannach (in der Karte irrtümlich als Pannon ausgeschiedener Streifen bei M von Marxen-Kogel) usw. finden sich meist blaugraue bis gelblich getönte, hell anwitternde Kalke mit einer Conodonten-Fauna des Unterkarbon (FLÜGEL H. & ZIEGLER W. 1957 : 32). Einschaltungen geringmächtiger, heller, gelblicher, plattig brechender Lydite und grünlicher Tonschiefer treten untergeordnet auf.

(Erst nach Ausdruck der Karte zeigten die inzwischen weitergeführten Untersuchungen, daß auch im Hangenden des Ober-Devonstreifens nördlich der Kanzel bzw. südlich Dult im Liegenden der oberkarbonischen Tonschiefer noch *Gnathodus*-Kalk auftritt. Ebenso hat der *Gnathodus*-Kalk im Gebiet der Rannach eine weitere Verbreitung, als dies auf der Karte dargestellt wurde.)

L. NÖSSING 1974 konnte nachweisen, daß diese Schichten das gesamte Unterkarbon vertreten. Die Mächtigkeit des cu I beträgt am Steinberg zwei

Meter, die des cu II ca. drei Meter. Die Gesamtmächtigkeit des Unterkarbons dürfte kaum 40 Meter betragen.

Er schlug vor (1975) die Schichten des Unterkarbon unter dem Begriff „Sanzenkogel-Schichten“ zu vereinen und den Terminus „Gnathodus-Kalk“ (H. FLÜGEL & W. ZIEGLER 1957) nur für den höheren Anteil dieser neuen stratigraphischen Einheit des Grazer Paläozoikums zu verwenden.

Andererseits konnte M. KODSI 1967 im Bereich des Pailgrabens zeigen, daß hier das höhere Unterkarbon konform Ober-Devon III überlagert, wobei in den tiefsten Bänken des Unterkarbons oberdevonische Rückstandstone und Conodonten aufgearbeitet sind.

Die Conodonten-Fauna findet sich in H. FLÜGEL & W. ZIEGLER 1957, M. KODSI 1967 und L. NÖSSING 1974 b.

IV/2. Ober-Karbon

IV/2 a. Schichten der Dult

Oberkarbon konnte im Grazer Paläozoikum bisher nur an drei Stellen durch Fossilfunde wahrscheinlich gemacht werden: in der Dult bei Gratkorn, am Klosterkogel bei Rein und (in der Karte nicht ausgeschieden) am Gaisbergsattel westlich von Graz. Es handelt sich um milde, ebenflächig brechende, schwarze bis braungraue oder grünlichgraue Tonschiefer und dunkle, oolithische Kalke. In ersteren fand sich neben unbestimmbaren Lamellibranchiaten-Resten nach F. HERITSCH 1930 c:

Calamites sp. ex gr. *C. goepperti* ETTINGS.

Bei den in den Kalken unter der Bezeichnung *Cladochonus* beschriebenen Strukturen handelt es sich um anorganische Bildungen. Vereinzelt Conodontenfunde zeigen nach einer Mitteilung von H. P. SCHÖNLAUB, daß zumindest Teile der Kalke dem Namur zuzurechnen sind. Andererseits werden die Tonschiefer aufgrund des Pflanzenrestes dem Westfal zugeordnet.

Die Tonschiefer bestehen nach F. ANGEL 1965 : 3 aus Quarz, Serizit, Prochlorit, Rutil, Goethit, Kalzit und Dolomit. Gelegentlich findet sich auch Albit. Eine chemische Analyse findet sich in F. ANGEL 1965 : 5.

Selten sind graue, glimmerige Sandsteine.

Wie die derzeit noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen durch F. EBNER ergaben, dürften die Namur-Kalke das direkte Hangende der Stanzenkogel-Schichten darstellen, von denen sie sich mikrofaziell deutlich unterscheiden. Die Stellung der aufgrund des oben genannten Restes dem Westfal zugeordneten Schiefer der Dult zu den unterlagernden Kalken ist noch nicht völlig geklärt. Nach H. MENSINK 1953 u. a. wird angenommen, daß sie transgressiv ihre Unterlage übergreifen, wobei Hämatitlagen in Karren und Taschen der Kalke unter den Tonschiefern als vor-oberkarbone Verwitterungszeugen beurteilt wurden.

IV/2 b. Dornerkogel-Folge (?)

Den Dornerkogel nördlich des Breitenauer Tales bauen harte, karbonatfreie, unreine grünliche Sandsteine und ockrige Tonschiefer auf.

Es handelt sich meist um reine Quarzsandsteine. Untergeordnet finden sich Plagioklas, Epidot, Biotit, Muskovit und Hornblende. Teilweise entstehen durch Kornvergrößerung Grobsandsteine bis feinkonglomeratische Lagen. Letztere führen Quarz-, Gneis-, Quarzit- und Lyditgerölle.

Den schlecht geschichteten Sandsteinen sind geringmächtige Lagen milder okkriger, bräunlicher Tonschiefer eingeschaltet.

Ihre vermutliche Unterlage bilden, östlich des Eywegg-Grabens anstehend, grünliche Sandsteine, blaue Tonschiefer und Grauwackensandsteine sowie Konglomerate. Letztere enthalten gut gerundete, meist bis faust-, selten bis kindskopfgröße Gerölle.

Die harten, grünlichen Sandsteine bestehen aus Quarz, Feldspat, Erz, Serizit, Chlorit und Biotit. Sie können in Tonschiefer übergehen, die auch die Matrix der Konglomerate bilden. Diese führen als Gerölle schwarze Tonschiefer, blaue Kalke und Dolomite, schwarze Kieselschiefer, Lydite und graue Sandsteine. Auffallend ist das Fehlen kristalliner Komponenten.

Die Grauwacken-Sandsteine stimmen in ihrem lithologischen Aufbau mit denen von Laufnitzdorf überein.

Die Mächtigkeit dieser klastischen Folge dürfte über dem von E. SY 1957 mit 700 m veranschlagten Betrag liegen.

Seit F. HERITSCH 1917 b wird an ein jungpaläozoisches, vermutlich oberkarbones Alter gedacht. Im Vergleich mit ostalpinen Vorkommen dieses Alters fällt das Zurücktreten größerklastischer Gesteine und das Fehlen von kohleführenden Horizonten auf.

Wieweit die um den Eder-Kogel und das Wolfreck auftretenden sandigen Gesteine zur Dornerkogel-Folge zu rechnen sind, ist ungeklärt. Nach der Karte von E. SY scheint die Dornerkogel-Folge primär diskordant verschieden alte und lithologisch unterschiedliche Gesteine der Unterlage zu übergreifen, was auf eine tektonisch überarbeitete Transgression hindeuten könnte.

IV/2 c. Magnesit der Breitenau (Karbon, Silur?)

Südlich des Breitenauer Grabens findet sich eine Wechsellagerung von lichtgrauen, z. T. kalkigen Tonschiefern, schwarzen Kieselschiefern mit unbestimmbaren Graptolithenresten und blauen Kalkschiefern. In ihnen liegt ein größerer Magnesitkörper, der abgebaut wird.

Neben Magnesit tritt reichlich Dolomit, einerseits als feinkörniger, älterer Dolomit im Liegenden der Lagerstätte sowie in einzelnen kleineren Partien auch in ihrem Inneren, andererseits in Form von jüngerem, weißem Spatdolomit („Roßzähne“) im Magnesit auf. Es handelt sich bei ihm um das Ergebnis einer Redolomitisierung (F. ANGEL & F. TROJER 1953 : 320).

Der meist grobspätige Magnesit ist schwach gelblich bis weiß bzw. grau gefärbt.

Charakteristisch für die Lagerstätte ist das Auftreten von Bändermagnesiten. Sie zeigen nach E. CLAR 1931, 1954 in den dunklen Lagen eine deutliche Regelung nach dem Baugrund, während die hellen Bänder ein Anlagerungsgefüge mit c // der Wand aufweisen. Ersteres wird von ihm als eine Verdrängung des Kalkes durch Magnesit gedeutet, während die hellen Streifen Hohlräumabsätze in aufgeblättern Fugenscharen (1954 : 59) darstellen sollen. Dieser Bändermagnesit tritt immer zusammen mit Zonen von rein weißen Magnesiten auf, die von W. ZSCHUCKE 1956 : 9 als II. Generation betrachtet werden. Es soll sich hierbei um die ehemaligen Zuführungskanäle der hydrothermalen $MgCO_3$ -Lösungen handeln, die zu der metasomatischen Verdrängung geführt haben. Das Alter dieses Vorganges ist nach O. M. FRIEDRICH 1951 : 295 alpidisch, während F. ANGEL 1939 die Ansicht einer variszischen Vererzung vertrat.

Die graue Färbung rührt von einer Beimengung feinsten Tonschieferreste her (W. ZSCHUCKE 1956 : 5).

Eine Korngefüge-Analyse von E. CLAR 1931 b zeigte, daß der Magnesit die Durchbewegung des Nebengesteins nicht mitmachte, sondern daß die Magnesit-Metasomatose nachtektonisch im Hinblick auf eine E-W-Achse erfolgte.

Eine jüngere, nachmagnetische Tektonik zeigt sich in der starken Zerbrechung des Gesteins (H. FLÜGEL 1951 b).

Der Gehalt an SiO_2 , CaO und Al_2O_3 ist, wie die Analyse zeigt, gering (vgl. Tab. 22). Der Fe_2O_3 -Gehalt liegt zwischen ca. 2,5 und 3,0%. Spektrochemisch konnten nachgewiesen werden (H. HAAS 1953 : 461): Mg, Fe, Mn, Ca, Al, Si, Ag, Cu und Sn?

Andere Minerale sind, mit Ausnahme von Dolomit, selten. Nur fein verteilter Pyrit, sowie als Seltenheit Schwerspat konnten gefunden werden. Der Dolomit tritt teils in Form feinkörnigen, dichten Gesteins, teils als jüngerer Spatdolomit („Roßzähne“) auf.

Tab. 22: Magnesit- und Siderit-Analysen

Probe Nr.:	1	2	3
Gew. %			
MgO	ca 43,5	45,58	1,44
CaO	3,0	0,18	5,01
CO ₂	50,0	49,84	28,71
Fe ₂ O ₃	3,0	1,11	55,73
Al ₂ O ₃	0,3	—	—
Mn ₃ O ₄	—	—	1,07
SiO ₂	0,2	3,26	8,04
	100,0	99,97	100,00

1. Roh-Magnesit der Breitenau (VEITSCHER MAGNESIT AG, 1971)

2. Magnesit von Kraubath (K. VOHRZYKA, 1960)

3. Siderit des Hocheck (K. A. REDLICH, 1931)

Tab. 23: Magnesit-Analysen

Probe Nr.:	Breitenau					St. Michael
	1	2	3	4	5	
Gew. %:						
CaCO ₃	2,66	Sp.	Sp.	0,8	25,2	12,28
MgCO ₃	96,21	95,0	93,2	87,0	70,1	83,28
FeCO ₃	1,13	3,7	5,8	11,1	3,8	2,77
Unlös.	—	0,5	0,8	0,8	0,5	1,29
	100,00	99,2	99,8	99,7	99,6	99,62

Anal.: 1. M. ROZCA 1926

2—5. Verh. geol. Reichsanst. 1867

St. Michael, Verh. geol. Reichsanst. 1909

Das Alter des paläozoischen, umgewandelten Kalkes ist nicht bekannt, dürfte jedoch hochsilurisch bis devonisch sein. Ebenso wenig wissen wir über den Zeitpunkt der Magnesit-Metasomatose. Nach F. ANGEL 1939 soll sie jungpaläozoisches Alter besitzen, was, aufgrund der Ergebnisse von E. CLAR 1931 b, eine variszische E-W-Achsen-Prägung voraussetzen würde (vgl. S. 186).

(statt Gnathodus-Kalk: Sanzenkogel-Schichten)

		Rannach-Fazies	Hochlantsch-Faz.	Tonschiefer-Faz.
KARBON	Ober	Schichten d. Dult ?		
	Vise'	} Gnathodus-Kalk		Dornerkogel-Folge ?
	Unter Tournai			
DEVON	Ober-Devon	Steinberg-Kalk		
	Mittel Givet	Goniatiten-Bank Kanzel-Kalk	Hochlantsch-Kalk Quadrigenium-Sch. Calceola-Schichten	Schöckel-Kalk
	Eifel	Barrandei-Schichten	Schichten d. Hubenhalt	Hochschlag-Folge
	Zlichov	Dolomit-Sandstein-Folge	Kalkschiefer-Folge	Heilbrunner Phyllite
	Pragium	Crinoiden-Schichten		
	Unter Lochkov	Schichten von Kher	Folge v. Laufnitzdorf	
	Silur		Schiefer d. Passailer-Mulde	Schiefer d. Passailer-Mulde
Ordovicium				

Tab. 24: Stratigraphie des Paläozoikums von Graz (Stand 1974).

V. Mesozoikum

Außer der fossilführenden Ober-Kreide im Becken von Kainach tritt im Bereiche des Kartenblattes noch eine Gesteins-Folge auf, die triadisches Alter haben könnte (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 b), die jedoch bisher noch keine Fossilien geliefert hat.

V/1. Permo-Trias (?)

Nach der Verbreitung und der tektonischen Stellung lassen sich vier Folgen unterscheiden, die permo-triadisches Alter möglich erscheinen lassen.

V/1a. Fischbacher Quarzit

Das Hauptgestein in dieser Folge bilden meistens hellgelbe oder weißliche Quarzite bis Metaarkosen. Seltener sind hellgraue oder grünliche Gesteinstypen. Sie sind massig bis gut geschiefert und brechen ebenplattig.

U. d. M. zeigt sich ein kristalloblastisches, dicht verzahntes Gewebe von manchmal undulös auslöschenden Quarzindividuen. Vereinzelt findet sich auch Albit und Mikroklin (bis mm-Größe erreichend), wobei ersterer nach R. SCHWINNER 1932 : 348 bisweilen schlecht gefüllt ist. Serizit bis Muskovit, Turmalin, Zirkon und bisweilen Calzit vervollständigen den Mineralbestand.

Teilweise zeigen die Gesteine postkristalline Deformation (H. WIESENEDER 1961).

M. KIRCHMAYER 1961, W. GRÄF 1964 beschrieben das Auftreten von Oszillations- und Strömungsrippel-Marken in diesen Quarziten.

Vereinzelt finden sich auch Lagen von Konglomerat-Quarziten, wobei größere Quarzgerölle in einer quarzitischen Matrix eingebettet sind. Auch sie können gut geschiefert sein. F. HERITSCH 1928 : 14 führte vom Weißenbach-Graben westlich Birkfeld auch grünliche, schieferige Porphyroide an. Neuere Untersuchungen dieser Gesteine fehlen jedoch.

Neben den Quarziten und Konglomerat-Quarziten finden sich weiße, feinschichtige Serizitschiefer, die teilweise stark den Weißsteinen (S. 19) gleichen. Zwischen beiden Typen vermitteln plattige Quarzite mit serizitischem Belag auf den Schichtflächen (Serizit-Quarzite).

Die Gesteine werden heute meist mit den permo-skythischen Semmering-Quarziten verglichen (M. VACEK 1890 : 20), während sie in der älteren Literatur (D. STUR 1871 : 113) dem Silur (im alten Sinn!) zugerechnet wurden. Eine abweichende Ansicht vertrat R. SCHWINNER 1935 : 77, der ein tiefst-ordovizisches (Tremadocium) Alter in Erwägung zog.

Bei Fischbach (außerhalb des Kartenblattes) treten im Hangenden der Quarzite graue bis weiße, teilweise gebänderte Kalke, Dolomite, gelbliche Rauhackeln mit Quarz- und Glimmerschiefergeröllchen und Zellenkalke, sowie schwärzliche phyllonitische Tonschiefer auf. Sie werden allgemein der Trias (Mittel-Trias) zugerechnet, lieferten jedoch bisher keine Fossilien.

Nach H. WIESENEDER 1961 führen die genannten Bändermarmore neben Muskovit auch Tremolit. Er schloß daraus auf ein Eingreifen der alpidischen Metamorphose in das Mesozoikum, wobei dieselbe hier den Grad der Grünschiefer-Fazies erreicht haben würde. Es entspricht dies den Gegebenheiten im Raume von Köflach-Voitsberg auf die H. FLÜGEL 1958 a : 75 hingewiesen hat.

Nach den Untersuchungen von F. HERITSCH 1928 und H. WIESENEDER 1961 stellt diese Quarzit-Karbonatgesteins-Folge von Fischbach ein tektonisches

Fenster unter dem Raabalpen-Kristallin dar, was jedoch von R. SCHWINNER 1935 : 176 angezweifelt wurde.

Damit würden die genannten Gesteine die tektonisch tiefste Einheit im Bereiche des Kartenblattes darstellen (vgl. S. 6).

V/1 b. Marmorzug von Kogelhof (partim Mesozoikum?)

Am Osthang des Ebenhofer Kogel treten in einer sehr schmalen Zone Schuppen von gelben Kalken, Rauhwacken und grauen, plattigen Dolomiten auf. Sie lassen sich, immer wieder unterbrochen, gegen Süden zu über den Amasegg-Graben nach Aschau und von hier weiter in Richtung Anger verfolgen. R. SCHWINNER 1935 hat diese Gesteine teilweise als zentralalpines Mesozoikum, teilweise als Marmore des Altkristallins ausgeschieden. Da dieser Zug sicher eine tektonische Grenze 1. Ordnung anzeigt, wurde er in seiner Gesamtheit einheitlich ausgeschieden. Ob er zur Gänze in das Mesozoikum (Trias?) zu stellen ist, oder eine tektonisch verschweißte, stratigraphisch komplexe Folge darstellt, ist derzeit nicht entschieden.

Tektonisch trennt er das Raabalpen-Kristallin vom Anger-Kristallin, oder im Sinne von A. TOLLMANN 1959 : 33 das unterostalpine Kristallin (Semmeringiden) vom mittelostalpinen Kristallin (Muriden).

V/1 c. Raasberg-Folge

Bei Weiz und Köflach-Voitsberg treten am Südrande des Grazer Paläozoikums Gesteine auf, für die ein triadisches Alter möglich erscheint (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1956, 1957 b, 1958, 1959; V. MAURIN 1959).

Am Raasberg bei Weiz konnte eine Trennung in drei Horizonte durchgeführt werden. Der Basis-Horizont besteht aus gelben bis blaßrötlichen Dolomiten und Kalken, Rauhwacken, Zellenkalken, Serizitschiefern, seltener Quarziten und dunklen Tonschiefern. Am Weg nach Raas kommen dazu noch Biotit-führende Schiefer, die Tuffite darstellen könnten (unver. Ber. O. HOMANN). Ob sie primär in diesen Horizont gehören, ist unsicher.

Der darüber folgende Dolomit-Horizont baut sich in großer Mächtigkeit aus plattigen, grauen bis weißen, schwer von Kalken zu unterscheidenden Dolomiten und Dolomitschiefern auf.

Den Abschluß der Folge bilden graue, stellenweise pyritführende Platten- und Bänderkalke. In sie sind einzelne Lagen dunkler Tonschiefer eingeschaltet. Es ist nicht völlig sicher, ob es sich hierbei nicht um eine paläozoische Deck-scholle (Schöckel-Kalk) handelt.

A. TOLLMANN 1959 : 23 glaubte, diese Hangendkalke als Anisium deuten zu können, während er die unterlagernden Dolomite mit dem Wetterstein-Dolomit in Verbindung brachte.

Im Raume Köflach-Voitsberg weisen die Gesteine eine deutliche Metamorphose auf (H. MOHR 1924 : 103, H. FLÜGEL 1958 a : 75, V. MAURIN 1959 : 39). Hier ist auch ihre Überschiebung durch das Grazer Paläozoikum deutlicher erkennbar als im Raume von Weiz.

Gesteine der Raasberg-Folge treten aller Wahrscheinlichkeit nach auch innerhalb der „Grenzzone des Schöckels“ auf (S. 60).

V/1 d. Plattl-Quarzit

Zwischen Bruck a. d. M. und St. Michael werden die Seckauer- und Mugel-

Gneise von einer wechselnd mächtigen Folge von Quarziten, Quarzschiefern und Konglomeraten überlagert. Aufgrund der guten plattigen Spaltbarkeit, wurden die erstgenannten Gesteine Plattl-(Plattel-)Quarzite genannt. Sie sind weiß bis hellgrau gefärbt und bestehen aus Quarz, sowie Muskovit bis Serizit, der meist auf den Schichtflächen auftritt.

Feldspatreichere Typen können als Arkose-Quarzite bezeichnet werden. Daneben finden sich alle Übergänge bis zu Serizitschiefern und Serizitphylliten.

Die Konglomerate treten innerhalb der Quarzite nicht niveaubeständig auf. Sie sind meist lichtgrau, oft seidenglänzend und feinschiefrig (A. HAUSER 1935 : 373). Auffallend ist ihr Feldspatgehalt (Schachbrett-Albite, Mikroklin-Perthite, Plagioklase). Z. T. werden sie bis 20 m mächtig. J. STINI 1917 b : 409 beschrieb aus dieser Folge südlich von Bruck a. d. M. auch Porphyroide.

Die Gesteine sind ebenso wie ihre direkte Unterlage stark tektonisch beansprucht. Teilweise sind sie mit dieser, aber auch mit Gesteinen der hangenden Grauwackenzone (A. HAUSER 1935 : 377) stark verschuppt.

Während J. STINI 1932 diese Folge in das Alt-Paläozoikum stellte, haben F. HERITSCH 1921 : 179, K. METZ 1940 : 167, H. FLÜGEL 1960 a : 210 u. a. an einen Vergleich mit den permo-skythischen Semmering-Quarziten gedacht. Ihre Position über dem Alt-Kristallin der Mugel und im Liegenden des Paläozoikums der Grauwackenzone zeigt, daß sie bei einer derartigen Zuordnung einem höheren tektonischen Stockwerk als die Quarzite von Fischbach angehören müssen. Sie entsprechen in ihrer tektonischen Stellung der Raasberg-Folge.

V/2. Kreide

Neben den durch Fossilien gesicherten Ablagerungen dieses Systems in der Kainacher Bucht wurden die westlich von Frohnleiten bzw. östlich von Mixnitz auftretenden „Konglomerate von Gams“ als fragliche Kreide aufgefaßt.

V/2 a. Ablagerungen der Gosau von Kainach

(W. GRÄF, Abt. f. Geologie, Paläontologie & Bergbau am Landesmuseum Joanneum, Graz)

Die als „Kainacher Gosau“ bekannte Oberkreideentwicklung zählt neben den Kärntner Vorkommen des Krappfeldes und Lavanttales zu den wenigen im Bereich der Zentralalpen erhalten gebliebenen Reliktvorkommen einer ehemals ausgedehnteren Oberkreidebedeckung; sie stellt eines der größten Gosauvorkommen Österreichs dar.

Das Kartenbild zeigt eine räumliche Gliederung in die große Scholle des „Hauptbeckens“ von Kainach und in ein vergleichsweise kleines Vorkommen im Südosten, welches meist als „Nebenbecken“ oder Becken von St. Bartholomä bezeichnet wird.

Die Basis-Schichten liegen transgressiv-diskordant über paläozoischem Untergrund, meist devonischen Kalken und Dolomiten; diese sind im Überlagerungsbereich häufig intensiv verkarstet, rotgefärbt und zeigen ein deutlich brecciöses Gefüge. Der unmittelbare Transgressionskontakt ist an zahlreichen Stellen aufgeschlossen, lokal allerdings \pm stark tektonisch überarbeitet, insbesondere an der West- bzw. Südwestbegrenzung des Beckens. Eine Auflagerung auf Kristallin kann nirgends beobachtet werden; auch dort, wo H. FLÜGEL 1960 einen direkten Kontakt verzeichnet (Bereich N Graden), zeigen neue Aufschlüsse

zwischen Kristallin und Gosau stets noch einige Zehnermeter paläozoischer Kalkschiefer.

1. Basiskonglomerat-Folge (Obersanton — Untercampan)

Die Schichtfolge beginnt im Norden des Ablagerungsraumes, ganz ähnlich wie in den meisten anderen Gosauvorkommen, mit roten Basiskonglomeraten, die sich auf dem Weg über Karbonatgesteinsbreccien zu monomikten Konglomeraten direkt aus dem Grundgebirge entwickeln. Ihre Gerölle sind meist sehr grob, mit Durchmessern von 10—50 cm. Extremwerte gehen einerseits in den mm-Bereich, erreichen andererseits aber auch Kubikmetergröße.

Unter allmählichem Hinzutreten von Fremdgeröllen und einem Übergang von der zunächst rein karbonatischen Bindung zu einem tonig-sandigen Zement, gehen aus diesen rund 10—20 m mächtigen unmittelbaren Basalbildungen die für den gesamten nördlichen Beckenteil charakteristischen polymikten Konglomerate (Rote Basiskonglomerate, H. FLÜGEL 1960) hervor, die eine Gesamtmächtigkeit von etwa 300 m erreichen.

Sie sind z. T. massig entwickelt, lassen häufig aber auch eine Bankung erkennen, besonders dann, wenn das Bindemittel selbständige, meist um 20 cm bis 1 m dicke, sandig-siltige Lagen bildet.

Die überwiegend gut gerundeten Gerölle sind in der Regel schlecht sortiert und zeigen häufig ein regelloses Nebeneinander verschiedenster Korngrößen. Bei einer durchschnittlichen Streuung vom mm-Bereich bis zu Durchmessern von 80 cm findet sich eine Häufung im Intervall von 2—20 cm.

Seltener ist eine \pm deutliche Gradierung zu erkennen, wobei Fälle von multipler und inverser Gradierung besonders häufig sind. Zumind. teilweise läßt sich dies auf Rutschungs-Effekte und damit zusammenhängende Ballenstrukturen (siehe S. 91, 98) zurückführen.

Das Volumsverhältnis Gerölle—Bindemittel variiert ebenso stark wie der Verkittungsgrad. Partien kompakter Konglomerate wechseln mit solchen, in denen die Gerölle stark ausschottern. Häufig ist eine bevorzugte Auslösung der kalkigen Geröllkomponenten zu beobachten, wodurch sich eine charakteristische löcherige Struktur des Gesteins ergibt; bei quantitativen Geröllanalysen ist dieser Umstand entsprechend zu berücksichtigen.

Die sandigen Zwischenlagen der Konglomeratbänke zeigen nicht selten — bevorzugt in feinsandigen Partien — eine ganz charakteristische schalenförmige Verwitterung, ganz ähnlich den Strukturen, die D. RICHTER 1972 : 232 aus Psammiten des Rheinischen Schiefergebirges beschrieb.

Wie zahlreiche andere Gosauablagerungen, so zeigen auch die Basisschichten der Kainacher Gosau eine z. T. intensive Rotfärbung, sowohl des Bindemittels bzw. der entsprechenden Zwischenschichten, als auch in Form glänzender roter (z. T. auch schwarz-brauner) Überzüge der Gerölle, die in manchen Horizonten wie lackiert wirken.

Eine ähnlich „metallisch glänzende, blanke Politur“ (O. AMPFERER 1916 : 221) ist von verschiedenen Gosauvorkommen bekannt; man wird sie mit W. PETRASCHECK 1922 : 70 einerseits auf dünnste Überzüge von Eisen- und Manganverbindungen, andererseits auch auf eine Politur zurückführen dürfen, wie sie durch schlammig-trübes, strömendes Wasser erzeugt wird.

Sowohl vertikal als auch lateral treten neben der zunächst vorherrschenden, gegen das Hangende allmählich abnehmenden Rotfärbung auch grüne und graubraune Farben auf, die dem Sediment dann ein charakteristisch fleckiges Aussehen verleihen. Besonders markant ist die Rotfärbung meist im unmittelbaren

Überlagerungsbereich, wo sie auch in den Kalken und Dolomiten des paläozoischen Grundgebirges stets die Nähe der Transgressionsfläche ankündigt.

Eine Analyse des Geröllbestandes zeigt zunächst ein überraschendes Fehlen von Geröllen aus dem Bereich des das Gosau Becken heute umschließenden Glein- bzw. Stubalmkristallins (A. ALKER 1962 : 19; H. FLÜGEL 1963 : 67; W. GRÄF 1965 a : 106), was den Verhältnissen entspricht, die P. BECKMANNAGETTA 1964 : 5,11 aus der Lavanttaler Gosau beschrieb.

Gerölle aus dem Paläozoikum der Umrahmung herrschen deutlich vor; gereiht nach ihrer durchschnittlichen Häufigkeit sind dies:

Kalke und Dolomite

Diabase, Diabastuffe, Mandelsteine, Grünschiefer, „Fleckengrünschiefer“

Lydite, Hornsteine¹⁾

Tonschiefer, „Bythothrephisschiefer“; Sandsteine

Restquarze

Porphyroide

phyllitische Schiefer, Chloritoidschiefer

Zahlreiche Kalkgerölle erwiesen sich als makro- und mikrofossilführend [V. HILBER 1902 : 283; G. FLAJS & W. GRÄF 1966 : 170; G. RIEHL-HERWIRSCH 1973 : 24 und W. GRÄF unpubl.*)].

Bisher wurde folgende Fauna bekannt:

Alveolites sp.

„*Cyathophyllum*“ sp.

Favosites sp. sp. *)

Heliolites sp. *)

Orthoceras sp.

Ostracoda *)

Stromatopora sp. *)

Styliolina sp. *)

Thamnophyllum sp. *)

Thamnopora sp. *)

Zdimir sp. *)

Dazu kommen an Conodonten:

Belodus resima (PHILIP)

Hindeodella equidentata RHODES

Ligonodina elegans WALLISER

Ligonodina salopia RHODES

Neoprioniodus excavatus (BRANSON & MEHL)

Ozarkodina fundamentata (WALLISER)

Ozarkodina media WALLISER

Ozarkodina ziegleri tenuiramea WALLISER

Plectospathodus extensus RHODES

Spathognathodus inclinatus inclinatus (RHODES)

Spathognathodus sp.

Trichonodella excavata (BRANSON & MEHL)

Trichonodella inconstans WALLISER

Trichonodella symmetrica (BRANSON & MEHL)

Neben diesen paläozoischen Geröllen, die fossilmäßig eine Zeitspanne zwischen dem mittleren Unterludlow und dem Oberdevon belegen (u. a. mit interessanten Flaserkalken in Tentakuliten-Ostrakodenfazies: det. F. EBNER), findet sich eine bemerkenswert starke Mitbeteiligung mesozoischer Gerölle (H. FLÜGEL 1952 a : 116, 1961 : 87, 1963 : 67; W. GRÄF 1965 a : 106; W. GRÄF in F. KAHLER 1973 : 144; H. MOSTLER in G. RIEHL-HERWIRSCH 1973 : 23) insbesondere triadischer Kalke. W. GRÄF 1972 a : 276 bzw. W. GRÄF und F. KAHLER

¹⁾ Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung L. GREILINGS 1969 : 206, wonach die Lyditgerölle des Mains nach einer Verfrachtung von 400 km gerade kantengerundet sind.

LER 1973 wiesen dabei erstmals auch südalpine Anteile unter den Geröllvölkern nach.

Folgende mesozoische Gerölle wurden bekanntgemacht:

Trias: Kalke mit nachstehender Conodontenfauna:

Epigondolella abneptis (HUCKRIEDE)
Gondolella navicula HUCKRIEDE
Hindeodella triassica MÜLLER
Ozarkodina saginata HUCKRIEDE
Prioniodella ctenoides TATGE
Prioniodella pectiniformis HUCKRIEDE
Prioniodina kochi HUCKRIEDE
Prioniodina muelleri (TATGE)
Prioniodina spengleri (HUCKRIEDE)
Roundya sp.

norische Kalke mit folgenden Holothurien-Skleriten:

Calclammella variperforata ZANKL
Binoculites extensus MOSTLER
Cucumarites triradiatus MOSTLER
Achistrum bartensteine DEFLANDRE RIGAUD
Tetravirga perforata MOSTLER
Theelia semiradiata ZANKL
Theelia stelifera ZANKL
Acanthotheelia triassica SPECKMANN

Diploporendolomite

Dolomite vom Typus Hauptdolomit mit Gyroporellen
dasycladaceenführende Dachsteinkalke (?)

Jura: Crinoidenkalk Typus Hierlatzkalk

Plattenkalk mit *Thaumatoporella parvovesiculifera* RAINIERI

Radiolarite mit einem *Spumellaria*: *Nassellaria*-Verhältnis von ca. 100 : 7

Kreide: Aufgearbeitete Gosau-Sandsteine
aufgearbeitete Gosau-Konglomerate

An Geröllern typisch südalpiner Fazies fanden sich:

Perm: Fusulinenkalk der hohen Trogkofelstufe mit:

Schubertella kingi DUNBAR & SKINNER
Schubertella cf. *baginoensis* SUYARI
Schubertella ex. gr. *Sch. paramelonica* SULEJMANOV
Triticites sp. aus dem Bereich des *T. disertus* SHCHERB. 1969
Triticites cf. *schwageriniformis* (SHCHERBOVICH 1969)
Paratriticites jesenicensis KOCHANSKY-DEVIDÉ
Pseudofusulina paragregaria ascedens RAUSER

rote glimmerführende Sandsteine und Schiefer des (?) Grödener Niveaus.
roter Quarzporphyr

Trias: rote Gastropoden-Oolithe des Werfener Niveaus.²⁾

Auf besonderes Interesse stießen stets die Angaben über das Auftreten von Sideritgeröllern³⁾ in den Geröllvölkern der Kainacher Gosau, worauf erstmals

²⁾ Sie treten auch in der Untertrias des Bakony-Gebietes auf (F. FRECH 1912 : 5, 44, 51); siehe dazu S. 97).

³⁾ In der Literatur bestehen nur wenige Hinweise über sonstige Vorkommen von Sideritgeröllern in Gosau-Ablagerungen. O. AMPFERER 1912 : 296 berichtet von „Grauwackengeröllern“ mit Spateisensteingängen aus der Gosau des Muttekopfes (siehe auch W. PETRASCHECK 1932 : 230), B. SANDER 1917 : 41 über Arkose mit Siderit aus Neuberg.

H. FLÜGEL 1952 a : 116 hingewiesen hat. A. ALKER 1962 : 19 unterstrich die Häufigkeit derartiger Gerölle und knüpfte daran paläogeographische Konsequenzen bzw. Überlegungen über das Alter der Vererzungsphase. Danach käme als Herkunftsgebiet der Sideritgerölle der Steirische Erzberg in Betracht und die Vererzungszeit wäre jedenfalls als vorgesaisch anzunehmen. Im Hinblick auf das Liefergebiet in z. T. abgewandelter Form schlossen sich H. MEIXNER 1965 : 72, W. E. PETRASCHECK 1966 : 67 und O. M. FRIEDRICH 1968 : 46 dieser Argumentation an. Aus umfangreichen Geröllaufsammlungen konnte der zuletzt genannte Autor zwar keinen reinen Siderit, aber doch sehr eisenreiche Glieder der Magnesit-Sideritreihe bzw. Eisendolomit-Ankerit nachweisen. 1968 : 47 gibt FRIEDRICH folgende Analysen-Werte:

	1	2	3	4	5	6	7
FeO	1,31	50,00	n. b.	50,70	0,36	41,35	n. b.
MnO	0,17	0,11	n. b.	0,14	0,15	0,09	n. b.
MgO	20,16	2,62	20,16	2,59	18,35	5,85	20,66
CaO	30,28	1,40	30,04	0,70	32,24	6,17	29,39
Fe ₂ O ₃	0,40	3,99	1,93	3,00	2,19	3,80	1,89
Al ₂ O ₃	0,47	1,56	0,43	3,64	0,45	2,04	0,16
unlös.	0,97	0,39	1,44	1,24	0,54	0,22	0,05

Bei entsprechender Berechnung der Karbonate sind demnach nach FRIEDRICH die Proben 1, 3, 5 und 7 als Dolomite bis Eisendolomite, 2 und 4 als Sideroplesit und Probe 6 als Mesitin anzusprechen.

Dagegen erwies sich ein Geröll, dessen Analyse ich Herrn Dipl.-Ing. F. LASKOVIC, Kirchdorf/Krems, verdanke, der auch das FRIEDRICHsche Material analysierte, als Breunnerit, welcher nahe der Grenze zum Magnesit liegt. Das Analysenergebnis (Schreiben vom 14. Oktober 1970) lautet folgendermaßen:

Glühverlust	47,01	
SiO ₂	3,28	
Al ₂ O ₃	1,33	einschl. TiO ₂ und P ₂ O ₅
Fe ₂ O ₃	1,20	
FeO	6,63	
Mno	0,43	
CaO	5,05	
MgO	35,18	

Neuerdings ging G. RIEHL-HERWIRSCH 1973 : 23 auf die Frage der Sideritgerölle ein. Er konnte einerseits metasomatisch in Eisendolomit umgewandelte Kalle finden, die aufgrund der in ihnen auftretenden Holothurien-Sklerite (siehe S. 86) als norisch gelten können und ihre Metasomatose noch vor Abtrag des Gesteins erhalten haben, andererseits aber auch kleine Sideritgächchen und Karbonatgerölle mit deutlicher randlicher Eisen-Anreicherung erkennen, die er ebenso wie die Entfärbung der Ablagerungen einem spät-postdiagenetischen Lösungsumsatz, verbunden mit Bleichungen, zuordnete.⁴⁾ Eine Beziehung der eisenreichen Karbonatgerölle aus dem Bereich des Steir. Erzberges wird demgemäß abgelehnt.

Über andere Erzkomponenten in den Geröllen des Basiskonglomerates von Kainach berichtete aufgrund von Funden O. M. FRIEDRICHs H. MEIXNER 1930 : 110, 1965 : 71. Einerseits konnte typischer „roter Glaskopf“ nachgewiesen werden, womit ein Hinweis von E. HATLE 1885 : 58 erneut Bedeutung gewann, andererseits fanden sich Gangquarzgerölle mit grünen und blauen Flecken einer

⁴⁾ Dies steht mit den Beobachtungen von H. R. GRUNAU 1959 : 132 im Einklang, der unter reduzierenden Bedingungen einen Umschlag von rot nach grau-grün feststellen konnte und dabei u. a. auch die Neubildung von Siderit beobachtete.

sekundären Kupfermineralisation; Malachit, Azurit, Brochantit; Pyrit, Kupferglanz und grobblättriger Covellin konnte bestimmt werden.

Die altersmäßige Einstufung dieser liegenden Konglomeratsreihe kann sich auf eine Reihe neuentdeckter „Actaeonellen“-Fundpunkte stützen, deren Kenntnis zum größten Teil Herrn Prof. Ing. R. KREBERNIK, dem überaus verdienstvollen Leiter des Museums der Stadt Köflach zu danken ist.

Berichte über lose Funde von „*Actaeonella gigantea*“⁵⁾ liegen bereits seit langem vor (A. v. MORLOT 1850 : 111; D. STUR 1871 : 501; V. HILBER 1902 : 282; W. SCHMIDT 1909 : 235⁶⁾). W. GRÄF 1967 : A 26 berichtete erstmals über „Actaeonellen“-Funde aus dem Anstehenden.

Bisher konnten folgende Arten⁷⁾ bestimmt werden (W. GRÄF unpubl.):

- Trochactaeon (Trochactaeon) conicus* (MUENSTER)
- Trochactaeon (Trochactaeon) giganteus giganteus* (SOWERBY)
- Trochactaeon (Trochactaeon) giganteus subglobosus* (MUENSTER)
- Trochactaeon (Trochactaeon) lamarcki brandenbergensis* KOLLMANN
- Trochactaeon (Trochactaeon) sanctaerucis* (FUTTERER)
- (= *Trochactaeon renauxianus* GRÄF 1967 : A 26, 1972 : 277)

Die stratigraphische Reichweite der auftretenden Arten läuft in den Ostalpen nach H. A. KOLLMANN 1967 vom Santon (meist Obersanton) in das Unter-campan, womit eine entsprechende Alterseinstufung der Basiskonglomerate gegeben ist⁸⁾.

G. POKORNY 1959 : 973 ff. betonte die seit langem bekannte Brackwassernatur der actaeonellenführenden Gosauschichten, wobei als Lebensraum an seichte Buchten mit schlammigem Wasser in der Nähe von Flußmündungen gedacht wird. Die häufig auch in den Kainacher Vorkommen feststellbare Tatsache, daß die Gehäuseachsen in alle Richtungen zeigen (postmortales Umwerfen) weist auf kräftigere Wasserbewegung. H. A. KOLLMANN 1965 : 257 ff. arbeitete gewisse Unterschiede in der Lebensweise der Gattungen *Actaeonella* und *Trochactaeon* heraus, wonach *Trochactaeon* eine geringere Empfindlichkeit gegenüber einem Wechsel in der Salinität zeigt, als dies bei *Actaeonella* der Fall ist.

Die sandig-siltigen Zwischenschichten der Konglomeratbänke lieferten bisher lediglich vereinzelte, stratigraphisch indifferente Lebensspuren und Pflanzenreste.

Gegen Süden wird das Verbreitungsgebiet der Konglomeratfolge durch das Auftreten von z. T. sehr groben, ausschließlich aus Geröllen paläozoischer Kalke bestehender Konglomerate und Breccien begrenzt, welche sich aus dem Gebiet des Römaskogels über den Reinprechtkogel bis in den Bereich nordöstlich Graden verfolgen lassen. Sie stimmen in ihrer gesamten Entwicklung völlig mit den tiefsten Anteilen der Basiskonglomeratsreihe unmittelbar am Kontakt des Nordrahmens überein und markieren offenbar eine seicht liegende, dem Nord-

⁵⁾ R. HOERNES 1877 : 202 berichtete über Funde von *Actaeonella gigantea* auf der Fürstenwarte/Plabutsch, die er zunächst für „erratische Blöcke“ aus der Kainacher Gosau ansah. Als sich die Funde jedoch häuften, faßte er 1895 : 9 sogar die Möglichkeit eines anstehenden Kreidevorkommens ins Auge. (Siehe dazu F. HERITSCH 1917 a : 65 und F. HERITSCH & KÜHN 1936 : 30).

⁶⁾ W. SCHMIDT 1909 : 225 nennt auch *Actaeonella laevis* (SOW.), jedoch ohne nähere Fundortangabe.

⁷⁾ Nomenklatur nach H. A. KOLLMANN 1967; die Systematik von M. R. DJALILOV 1972 bzw. V. T. HACOBIAN 1972 blieb unberücksichtigt.

⁸⁾ Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß R. SCHWINNER 1943 : 121, 497 die Möglichkeit nicht ausgeschlossen hatte, daß „die roten Konglomerate und Schiefer des Nordrandes des Kainachbeckens, ebenso wie Gams, Bärenschütz, Tertiär sein könnten“.

rahmen ungefähr parallelaufende Grundgebirgsschwelle, welche in einem kleinen Vorkommen nördlich des Reinprechtskogels tatsächlich an die Oberfläche tritt und sich in die lange bekannte Grundgebirgsklippe östlich Geistthal (A. KRÖLL 1949) fortsetzt (W. GRÄF 1967 : A 26, siehe auch L. WAAGEN 1927 : 135).

2. Bitumenmergel-Folge (Obersanton — Untercampan)

Am Nordost- und Ostrand der Kainacher Bucht bei Geistthal und St. Pankrazen, aber auch im Nordwesten bei Graden und im Südwesten bei Piber werden die bunten Basiskonglomerate durch eine Folge dunkler, bituminöser Mergelkalke, Mergel und kalkiger Sandsteine vertreten, welche von H. FLÜGEL 1960 als „Fazies von St. Pankrazen“⁹⁾ ausgedehnt wurde. Die Gesteine zeigen im Aufschluß- und Schlibbereich alle Übergänge ineinander und sind neben ihrer Feinkörnigkeit (häufigster Korngrößenbereich 0,01—0,1 mm) durch eine rhythmische Feinschichtung im mm-Bereich („Streifensandsteine“), kleindimensionale Schrägschichtungen und Auskolkungen im Kleinbereich charakterisiert; seltener ist auch Linsen- und Flaserschichtung zu beobachten. Als seltene Einschaltungen treten helle Gastropodenkalke, Lumachellenkalke und onkolithische Kalke auf, deren Onkoide als Kern häufig kleine Gastropoden führen; örtlich finden sich rasch auskeilende Konglomeratbänke geringer Mächtigkeit.

Die auftretenden Fossilien sind meist schlecht erhalten, bisweilen jedoch sehr zahlreich. F. ROLLE 1854 : 6 ff., D. STUR 1871 : 501, 504; V. HILBER 1902 : 279 ff.; W. SCHMIDT 1909 : 236 ff. führen die folgende Fauna und Flora an [*] W. GRÄF unpubl.]:

Cerithium sp.
Chemnitzia (?) sp.
Cyclas ambigua ZITTEL *)
Cyclas gregaria ZITTEL
Cytherea börnesi ZITTEL
Cytherella sp. *)
Devalquea sp. *)
Dicotyledonen Blätter div.
Ganoiden-Schuppen
? *Geinitzia cretacea* UNGER
Gypsobia sp.

Hemisinus cf. *lignitarius* TAUSCH
Hydrobia mana TAUSCH
Myrtus sp. *)
Nucula ovata MANT. *)
Nucula subaequalis REUSS *)
Nucula ? sp.
Ostracoda div. glatte Formen *)
Pyrgulifera sp. *)
Rhododendron sp. *)
Tapes cf. *martiniana* MATH.
Tapes cf. *rochebruni* ZITTEL

Die insgesamt sehr zarte und kleinwüchsige Molluskenfauna ist stratigraphisch kaum verwertbar; ebensowenig die Ostracoden, welche stellenweise ganze Schichtflächen bedecken.¹⁰⁾ Faziell weisen sie aber immerhin im Verein mit den häufigen Pflanzenresten (z. T. wohlerhaltene Blätter und Stengelstücke) eine deutliche Süßwasserbeeinflussung nach. H. FLÜGEL 1961 : 88 spricht von einer limnischen Folge randlicher, abgeschnürter Süßwasserbecken. Kleine Kohlenflöze, die in einer Mächtigkeit bis zu 0,5 m der Folge unregelmäßig eingeschaltet sind, gaben im Bereich östlich Geistthal zeitweilig zu Schürfen Anlaß.¹¹⁾

⁹⁾ Sie hat eine wesentlich größere und zusammenhängendere Verbreitung, als dies früher bekannt war.

¹⁰⁾ Die Altersdeutung muß sich daher auf die *Trochactaeon*-Fauna innerhalb der Basalkonglomerate stützen, mit denen sich die Folge der Bitumenmergel lateral verzahnt.

Nach J. E. van HINTE 1965 : 72 sind die randlichen Süßwasserbildungen möglicherweise der alttertiären „Guttaring-Gruppe“ des Krappfeldes gleichzustellen, eine Ansicht, die durch nichts gestützt ist.

¹¹⁾ M. SIMETTINGER 1865 : 250 spricht, der damaligen Ansicht gemäß, von der „Gaisthaler kohlenführenden Tertiärmulde“.

Besonderes Interesse verdient der bituminöse Charakter dieser basalen Mergelfolge, die eine durchschnittliche Mächtigkeit von 80—100 m erreicht. Schon L. WAAGEN berichtete 1927 : 162 über Ölsuren am südöstlichen Beckenrand; eine ähnliche Feststellung gelang 1964 östlich Geistthal (W. GRÄF 1972 a : 276) im Nordosten des Beckens. In der Folge konnte Bitumen als Charakteristikum der gesamten mergeligen Basisfolge nachgewiesen werden, wobei eine bevorzugte Bindung an die tonig-mergeligen Partien gegeben erscheint (W. GRÄF 1972 a : 276). Örtlich ist eine Abwanderung des Bitumens und seine relative Ansammlung in den Klüften des liegenden Devon-Kalkes zu beobachten.

Eine von seiten der ÖMV durchgeführte spektroskopische und chromatographische Analyse von 6 Proben aus dem Bereich Geistthal-Abraham brachte folgendes Ergebnis (Schreiben vom 29. November 1965):

	% Aromate	Paraffine	Harze
1 Gosauergel	18,6	62,1	19,3
2 Gosauergel	26,9	43,0	30,1
3 Devonkalk, Klufbelag	51,3	23,7	25,0
4 Devonkalk	24,5	57,2	18,3
5 Gosauergel	14,4	57,3	28,3
6 Gosauergelkalk	17,8	65,6	16,6

Die Bestimmung der Extraktmenge ergab folgende Werte:

Probe 4	2070 ppm
Probe 5	560 ppm
Probe 6	1060 ppm

Die Gesamtbewertung der Fraktionen ließ keine Unterscheidbarkeit der organischen Substanz des paläozoischen vom mesozoischen Sediment erkennen. Im Dreiecksdiagramm (Aromaten, Paraffine, Harze) nehmen die Proben eine Position ein, die dem Feld „Rohöle“ vhm. nahe stehen.

An zahlreichen Mergelproben durchgeführte gasometrische CO₂-Bestimmungen erbrachten einen durchschnittlichen Karbonatgehalt von 30 bis 50 Prozent.

In nahezu allen Proben fällt ein relativer Reichtum an Pyrit auf, der in Schnüren, Putzen und Kügelchen fein im Sediment verteilt ist, aber auch in Form pyritisierter Kleinmollusken und Pflanzenreste in Erscheinung tritt.

Eine sehr typische Erscheinung, vorzugsweise in dünnplattig-splitterigen, bituminösen Mergeln (häufig mit zahlreichen kleinen Lamellibranchiaten und Gastropoden sowie Blattlagen), ist die Ausbildung von sehr engständigen, einander kreuzenden Systemen feinsten Haarrisse, die z. T. durch stark eisenschüssiges Karbonat verheilt, häufig jedoch auch von ausschwitzendem Bitumen erfüllt sind. Oft treten diese Strukturen vergesellschaftet mit den als „Liesegangsche Ringe“ bezeichneten Ausfällungserscheinungen auf, wie sie kürzlich von D. RICHTER 1972 : 234 beschrieben wurden.

Vorwiegend in den Hangenteilen der Bitumenmergel-Folge am östlichen Beckenrand finden sich örtlich ausgedehntere Rippelmarkenhorizonte, die teilweise von hexagonal strukturierten Trockenrissen überprägt werden.

3. Hauptbecken-Folge¹²⁾ (Untercampan)

Im Hangenden der Basisfolgen entwickelt sich eine 1000—1200 m mächtige, vorwiegend sandig-siltig-tonige, örtlich auch geröllreiche und nahezu kalkfreie

¹²⁾ Im wesentlichen deckt sich diese Gesteinsfolge ausdehnungsmäßig mit der Karten-ausscheidung „Konglomerate, Sandsteine und Schiefer der Kainacher Gosau“ bei H. FLÜGEL 1960. Im einzelnen ergeben sich Unterschiede, besonders im Hinblick auf eine weitere Verbreitung der Bitumenmergel-Folge (= Fazies v. St. Pankrazen). Im Bereich „Schusterbauer/Södingberg“ reicht das tertiäre Konglomerat von Stiwill in größerer Verbreitung gegen Westen über das Södingtal.

Schichtserie von grau-brauner Färbung. Sie erfüllt die zentralen Teile des Hauptbeckens („Hauptbecken-Folge“ W. GRÄF 1966 : A 27) und bildet im südöstlichen Teilbecken die Unterlage der Zementmergel-Folge von St. Bartholomä.¹³⁾ Den Liegendanteilen sind örtlich weithin verfolgbare, rund 25 m mächtige, rot-grün fleckige Siltschiefer eingeschaltet, deren Reichtum an guterhaltenen Blättern und Stengelresten auffällt; z. T. sind deutliche Rippelmarkenhorizonte erkennbar.

Faziell zeigen die Gesteine dieser Abfolge in den nördlichen und westlichen Bereichen vielfach den Charakter von Fluxoturbidit (= Proximalturbidit)-Ablagerungen, d. h. von Sedimenten, an deren Entstehung neben Suspensionsströmen subaquatische Rutschungen in höherem Maß beteiligt waren. Demgemäß stehen hier Konglomerate, Grauwacken und grobkörnige Sandsteine im Vordergrund, die Silt-Ton-Schieferzwischenlagen bleiben dünn, häufig finden sich Geröllschiefer-Horizonte bzw. -Linsen. Eine oft unregelmäßige Bankung, ein reiches Inventar an Rutschungsstrukturen und eine z. T. durch Rekurrenzen charakterisierte Gradierung ist kennzeichnend. Unter den häufigen Sohlmarken überwiegen die Belastungsmarken. Strömungsmarken sind dagegen selten. Weiter gegen Süden bzw. Osten, d. h. gegen das Beckenninnere, verfeinert sich das Korn i. a., die siltig-tonigen Lagen werden dicker, die Konglomerateinschaltungen seltener und von geringerer Mächtigkeit. Gleichzeitig nimmt die Regelmäßigkeit der Gradierung zu, ebenso die Vielfalt der Sohlmarken, bei denen nun Strömungsmarken und Schleifmarken im Vordergrund stehen. Die Sedimente zeigen damit alle Merkmale echter Turbiditablagerungen, wie sie für Flysch-Becken charakteristisch sind. Frühzeitig schon wurden daher die Ablagerungen von Kainach typologisch als „flyschähnliche Gosau“ bezeichnet.

Zahlreiche, nach der Methode von A. H. BOUMA 1962 durchgeführte Profilaufnahmen (W. GRÄF 1965 a : 104 ff.) ließen einen meist sehr intensiven Sedimentationswechsel (durchschnittlich 8–10 Einzelschichten/m) erkennen; zugleich zeigte sich aber auch, daß im Sinne des Mechanismus von „turbidity currents“ jeweils mehrere dieser Schichten zu selbständigen Sequenzen¹⁴⁾ zusammenzufassen sind. Nur selten sind dabei „vollständige Sequenzen“ im Sinne von A. H. BOUMA 1962 : 49 festzustellen; am häufigsten finden sich die von BOUMA 1962 : 51 als „truncated sequences“ beschriebenen Typen, bei denen \pm große Teile der Hangendabschnitte vollständiger Sequenzen fehlen bzw. hinsichtlich der Basisanteile amputierte Folgen („base cut-out sequences“). Häufig beginnen die Abfolgen mit mittelkörnigen, mit Sohlmarken ausgestatteten Sandsteinen bzw. Grauwacken, welche deutlich gradiert sind und mit meist unscharfer Grenze in sandig-siltige, laminierte Silt-Tonschiefer übergehen (Typus Ta—b BOUMA 1962 : 51).

Mächtigkeitsmäßig übertreffen die Sandsteine die Tonschiefer in den einzelnen Sequenzen beträchtlich, häufig bis um den zehnfachen Betrag. Reine Konglomeratbänke treten sowohl nach Zahl wie auch nach Mächtigkeit und Geröllgröße i. a. gegenüber den Beckenrandgebieten stark zurück. Relativ häufig sind

¹³⁾ Die im Bereich des Raßbaches im Westen unter die Zementmergel-Folge abtauchenden Gesteine der „Hauptbecken-Folge“ treten entgegen der Darstellung bei H. FLÜGEL 1960, Karte, im Osten (N Schloß Sonneck) wieder an die Oberfläche und bauen den Hang des Hafenberges bis zum Liebochbach auf.

¹⁴⁾ Eine grobe Schätzung der Zahl der Sequenzen, mit anderen Worten, der einzelnen zeitlich aufeinanderfolgenden Ablagerungsereignisse, welche die Gesamtschichtfolge aufbauen, ergibt eine Zahl von 4000–6000. Dies stimmt in der Größenordnung mit den von W. E. DEAN & R. Y. ANDERSON 1967 genannten Werten einer Turbiditfolge in Texas überein, die bei einer Mächtigkeit von 1000 m 12.000 siltstone-claystone-Folgen nachweisen konnten.

jedoch auch hier sehr variable Typen von Geröllschiefern, d. h. von Silt-Tongesteinen, die wechselnd stark von Geröllen durchschwärmt sind. Sie entsprechen typologisch den von S. DZULYNSKI, M. KSIASKIEWICZ & Ph. H. KUENEN 1959 : 1113 aus Turbidit-Folgen beschriebenen Konglomeraten, deren Entstehung auf subaquatische Rutschungen zurückgeführt wird und finden sich demgemäß auch besonders häufig in Verbindung mit Ballenstrukturen und kräftigen, stark in die Unterlagerung eingreifenden Belastungsmarken (W. GRÄF 1965 a : 109).

Korngrößenmäßig bewegen sich die Geröllschiefer und Konglomerate meist im Feinkies-Bereich, bei den Sandsteinen überwiegt der Mittelsand-Bereich, die Tonschiefer liegen überwiegend im Korngrößenintervall sandig-siltiger Pelite.

Die Geröllzusammensetzung unterscheidet sich auf Grund der bisherigen Untersuchungen nicht von der der Basiskonglomerate (siehe S. 85). Aus einem Lyditgeröll einer Konglomeratbank vom Hemmerberg (N. Bärnbach) konnte H. FLÜGEL 1952 b einen silurischen Graptolithen

Pristiograptus atavus (JONES)

beschreiben, einen „in seinem Erhaltungszustand den Graptolithen des Hochwipfel in den Karnischen Alpen nicht nachstehenden Fund“ (H. FLÜGEL 1952 b : 154);

Darin deutete sich ein auffälliger Unterschied zu den wenigen anstehenden Vorkommen des Grazer Paläozoikums bzw. der Steirischen Grauwackenzone an. Eine ähnliche Beobachtung machten G. FLAJS & W. GRÄF 1966 : 71 hinsichtlich der Erhaltung der silurischen Conodontenfauna aus einem Kalkgeröll vom Römaskogel (siehe S. 86). Sie sprachen daher damals die Vermutung aus, daß die augenscheinlichen Unterschiede zwischen anstehenden und Geröll-Vorkommen darin zu sehen seien, daß die nachgosauische Tektonik naturgemäß in den Geröllen der Gosaukonglomerate nicht mehr voll zur Auswirkung gelangte.¹⁵ Neuestens betonte auch H. MOSTLER in G. RIEHL-HERWIRSCH 1973 : 25 den guten Erhaltungszustand der Conodonten in den paläozoischen Geröllen, der besser sei, als bei vergleichbarem Material aus der heutigen Grauwackenzone und dem Grazer Paläozoikum. RIEHL-HERWIRSCH wertet dies als weiteren Beweis gegen eine Beziehung eines Teiles der Gerölle aus dem Bereich der Grauwackenzone (siehe S. 87).

In einen gewissen Gegensatz zu diesen Beobachtungen an silurischen Geröll-Faunen steht die Feststellung von F. KAHLER 1973 : 151, daß das von ihm bearbeitete Geröll mit permischen Fusuliniden (siehe S. 86) in der beträchtlichen Diagenese weitgehend mit anstehenden Vorkommen (Troglkofelkalk von Goggau bei Tarvis) übereinstimme; es übertreffe diese allerdings hinsichtlich des Fossilreichtums.

Von zahlreichen Autoren wurden aus der Kainacher Gosau Sedimentstrukturen erwähnt und z. T. beschrieben, in der älteren Literatur unter der Sammelbezeichnung „Hieroglyphen“ (V. HILBER 1902, W. SCHMIDT 1909, L. WAA-GEN 1927 a, H. FLÜGEL 1952 a, b, 1961, 1963, W. PLESSMANN 1953, J. E. van HINTE 1965). W. GRÄF 1965 a : 107 legte eine erste Typisierung vor.

Der aus einzelnen Marken, besonders flute casts, ableitbare Strömungsverlauf ergab — sowohl horizontal wie vertikal auffallend konstante — Schüttungsrichtungen der Suspensionsströme aus Nordost bis Ost gegen Südwest bis West (W. GRÄF 1965 : 108, 1967 : A 26).

Aufgrund der Fossilfunde (F. ROLLE 1854 : 6 ff.; F. v. HAUER 1866 : 304; D. STUR 1871 : 501 ff.; V. HILBER 1902 : 278 ff.; W. SCHMIDT 1909 :

¹⁵ Ähnliche Überlegungen faßte O. AMPFERER 1916 : 227 in die Worte: „Die Gerölle geben uns als Dauerpräparate die einzige Möglichkeit, den vorgosauischen Anteil der Gesteinsdeformation von dem nachgosauischen zu scheiden.“

225 ff.; M. KAUMANN 1960 : 13 ff., 1962 : 290, 291; W. GRÄF 1972 a : 276) kam R. BRINKMANN 1935 : 6, 8 (Bearbeitung der Ammoniten) auf ein Unter-Campan Alter. Inoceramen vom Hemmerberg sprechen nach M. KAUMANN 1962 dagegen eher für Ober-Campan, während Funde von *Hippurites atheniensis* KTENAS und *Texanites texanum quinquenodosum* REDTENBACHER aus dem Freisinggraben nach M. KAUMANN 1962 : 290 auf unteres Santon weisen würden.

Die auch von H. FLÜGEL 1961 : 88 übernommene Auffassung BRINKMANN'S hinsichtlich einer Einstufung in das Unter-Campan wird durch die inzwischen aufgefundenene obersanton-untercampane *Trochactaeon*-Fauna in den Hangendanteilen der Basiskonglomerate (siehe S. 88) ebenso gestützt wie durch die Überlagerung durch höher campane Anteile der Zementmergel-Folge von St. Bartholomä (siehe S. 94).

Die Fossiliste der Hauptbecken-Folge umfaßt folgende Formen [*] W. GRÄF unpubl.]:

- Anomia semiglobosa* GEINITZ *)
- Baculites* cf. *anceps* LAM.
- Baculites incurvatus* DUJ.
- Cardium ottoi* GEIN.
- Creðneria* sp.
- Cyclas gregaria* ZITTEL
- ? *Cyprina cycladiformis* ZITTEL *)
- Cytherea hörnesi* ZITTEL
- Eucalyptus oceanica* UNGER ? *)
- Ficus* sp. *)
- Geinitzia cretacea* UNGER *)
- Geinitzia* sp.
- Hemiasper regulsanus* D'ORB.
- Hippurites atheniensis* KTENAS
- Hippurites* aff. *sulcatus* DEFR.
- Inoceramus balticus* BÖHM-regularis D'ORB.
- Inoceramus cripsii* MANT.¹⁶⁾
- Lepidopides* (?) *milleri* STUR
- Lucina subnumismalis* D'ORB.
- Mertensia zippei* HEER ? *)
- Mortonicerias* aff. *campaniense* GROSS.
- Nerium* sp.
- Pachydiscus neubergicus* v. HAUER
- Placenticerias bidorsatum milleri* v. HAUER¹⁷⁾
- Phoenicites* sp. *)
- Phragmites rumpfi* STUR
- Platanus* sp. *)
- Salix* sp. *)
- Sapindopsis* sp. *)
- Scaphites aquisgranensis* SCHLÜTER
- Scaphites arnaudi* GROSS.
- Scaphites auritus* FRITSCH & SCHLÖNBACH
- Scaphites hippocrepsis tenuis* REES.
- Sequoia reichenbachi* GEINITZ *)
- Texanites texanus* (ROEMER)
- Texanites texanum quinquenodosum* REDT.

¹⁶⁾ Nach M. KAUMANN 1960 : 30 = *Inoceramus balticus* BÖHM — regularis D'ORB.

¹⁷⁾ *Placenticerias bidorsatum milleri* hat am Hemmerberg b. Bärnbach seine Typ-lokalität. Die Fossilien sind z. T. deutlich eingeregelt und treten in strömungsmarkentragenden Bänken auf (siehe auch W. SCHMIDT 1909 : 233, Fußnote). Bzgl. der seinerzeit am Hemmerberg betriebenen großen Steinbrüche siehe Abschnitt IX/2, S. 198.

4. Zementmergel-Folge von St. Bartholomä (Obercampan — Maastricht)

Im Südosten wird die Hauptbecken-Folge von einer etwa 250 m mächtigen Serie gut gebankter, heller, grauer oder gelblicher Mergel („Zementmergel“)¹⁸ und bräunlicher Kalkarenite überlagert. Untergeordnet treten Kalkbreccien, dünne Sandstein-Schieferlagen und Einschaltungen von Hippuritentrümmerkalken auf. („Hippuritenmergel von St. Bartholomä“, H. FLÜGEL 1960). Lebensspuren (div. Wühl-, Grab- und Kriechspuren in den Kalksandsteinen und Sandsteinen¹⁹); in den typisch schalig brechenden Mergeln vornehmlich Chondriten) treten gegenüber der Hauptbeckenfolge stärker in den Vordergrund. Dagegen finden sich die dort sehr häufigen Sohlmarken nur selten und in kleinen Dimensionen, was evt. mit der geringen Korngröße zusammenhängen mag; eine Gradierung ist meist undeutlich oder fehlend.

Im Gegensatz zu der weithin versteinierungsfeindlichen Hauptbecken-Folge sind Fossilien in der Mergelfolge von St. Bartholomä nicht selten; zu den schon lange bekannten Makrofossilien, v. a. Hippuriten und Inoceramen, traten später auch Mikrofaunen, vornehmlich Globotruncanen.

Bezüglich der Altersdatierung erbrachte ein Vergleich der verschiedenen Fossilgruppen zunächst Schwierigkeiten: während Globotruncanen und Inoceramen für Ober-Campan sprachen (R. OBERHAUSER 1959 : A 121, 1963 : 62; M. KAUMANN 1960 : 30, 1962 : 294; J. E. van HINTE 1965 : 88) wiesen die Hippuriten nach O. KÜHN 1947 : 187, 1960 : 48 auf unteres Santon.

Diese Diskrepanz wurde von M. KAUMANN 1960 : 32, 1962 : 294 dahingehend interpretiert, daß ein untersantonnes Hippuritenriff im Zuge einer Campan-Transgression aufgearbeitet und von den jüngeren Globotruncanen-Mergeln dieser neuerlichen Überflutung ummantelt wurde. Dafür schienen ihm auch die Geländebeobachtungen zu sprechen: Die Rudisten befinden sich nirgends mehr in der ursprünglichen Lage mit dem Deckel nach oben, sie liegen vielmehr wirt durcheinander bzw. sind auch völlig zerbrochen. Das Riff scheint demnach zerstört, aber zerstört nicht allein im Sinne einer einfachen Brandungsaufbereitung, sondern im Sinne einer echten Umlagerung. Damit sei auch im stratigraphischen Sinn der autochthone Charakter des ehemaligen Riffes verloren gegangen und die „Hippuriten-Trümmerkalk“ lägen heute in Form von Schalenbreccien nur scheinbar im Verband mit den Globotruncanen-Mergeln. Dieser Ansicht schloß sich J. E. van HINTE 1965 : 88 insofern an, als er in der Mikrofauna eine synsedimentäre *Globotruncanen*-Mergel-Fauna einerseits und eine durch Trübestrome umgelagerte, heute auf sekundärer Fundstätte liegende ältere *Cuneolina-Pseudosiderolites*-Kalk-Fauna andererseits unterschied.

Heute scheint hier eine Klärung dahingehend einzutreten, daß die früher für Unter-Santon angesehenen, *Cuneolinen*-führenden Rudistenriffe aufgrund neuer mikropaläontologischer Untersuchungen als Campan gelten müssen (R. OBERHAUSER 1968 : 13 a).

A. PAMOUKTCHIEV 1970 : 47 ff. kommt aufgrund einer kritischen Auseinandersetzung mit der Arbeit M. KAUMANN 1962 und einer Analyse der dort angeführten Fauna zu der Annahme, daß sich eine klare Trennung zwischen einer umgelagerten

¹⁸) Bzgl. der ehemals ausgedehnten Steinbruchindustrie siehe Abschnitt IX/3, S. 200.

¹⁹) U. a. treten Zopfspuren auf, welche stark an die als *Paläobullia* bzw. *Subphyllorchorda* beschriebenen Gastropodenfährten erinnern, wie sie für den Eozänfisch des Wiener Waldes charakteristisch sind (G. GÖTZINGER-H. BECKER 1932 : 365 ff., O. ABEL 1935 : 207 ff., E. THENIUS 1962 : 41). Neuestens beschrieb W. FLÜCK 1973 : 52 *Palaeobullia* GÖTZINGER & BECKER auch aus dem Ober Turon/Unter Senon. (Das vom Kalchberg b. St. Bartholomä stammende Material verdanke ich Herrn Prof. R. KREBERNIK, Köflach.)

Rudisten-Fauna des Santon einerseits und einem Maastricht-Faunenanteil andererseits durchführen lasse. Die Resedimentation der Santon-Rudisten sei im Maastricht erfolgt, während des gesamten Campan wäre das Gebiet Festland gewesen.

Die Arbeit wurde ohne Verwendung der wichtigen Publikationen von R. BRINKMANN 1935, H. FLÜGEL 1961, V. HILBER 1902, J. E. van HINTE 1965, R. OBERHAUSER 1959, 1963 abgefaßt und enthält daher eine große Zahl von Fehl- und Überdeutungen, worauf hier nicht eingegangen werden soll. Von den nach A. PAMOUK-TCHIEV typischen Maastricht-Formen bleiben nach Ausscheidung des aufgrund der Fundumstände recht unsicheren *Pachydiscus neubergicus* v. HAUER und neben *Hippurites heritschi* KÜHN v. a. *Globotruncana contusa contusa* (CUSHMAN) und *Globotruncana contusa patelliformis* GANDOLFI, welche tatsächlich Maastricht signalisieren; durch *Globotruncana elevata stuartiformis* DALBIEZ wird höchstes Campan angezeigt (siehe R. OBERHAUSER 1973 : 101).

Aus der Zementmergel-Folge von St. Bartholomä ist folgende Fauna bekannt (F. ROLLE 1856 : 221; D. STUR 1871 : 501, 504; V. HILBER 1902 : 280 ff.; W. SCHMIDT 1909 : 234 ff.; O. KÜHN 1947 : 187, 1960 : 48; R. OBERHAUSER 1959 : A 121, 1963 : 61 ff.; M. KAUMANN 1960 : 17 ff., 1962 : 289 ff.; O. KÜHN bzw. A. PAPP in H. FLÜGEL 1961 : 89; J. E. van HINTE 1965 : 79 ff.; W. GRÄF unpubl.):

Makrofauna:

Astrocoenia orbignyana M. E. H.
Chemnitzia ? sp.
Hippurites atheniensis K TENAS²⁰⁾
Hippurites carinthiacus REDLICH
Hippurites cornuvaccinum cornuvaccinum BRONN
Hippurites cornuvaccinum gaudryi KÜHN
Hippurites exaratus ZITTEL
Hippurites heritschi KÜHN²¹⁾
Hippurites oppeli santoniensis KÜHN
Hippurites sp.
Inoceramus balticus BÖHM — *regularis* D'ORBIGNY
Inoceramus regularis D'ORBIGNY
Leptoria konincki REUSS
Placenticeras cf. *orbignyana* FRITSCH
Radiolites cf. *angeiodes* LAPAIROUSE
Radiolites styriacus ZITTEL

Mikrofauna:

Allomorphina allomorphinoides (REUSS)
Ammonia tuberculifera (REUSS)
Bigenerina sp.
Bolivinoides cf. *draco miliaris* HILTERMANN & KOCK
Buliminella cf. *carseyae* (PLUMMER)
Cuneolina pavonia D'ORBIGNY
Chilostomella cf. *primitiva* CUSHMANN & TODD
Dictyoconus ? sp.
Dorothia pupa (REUSS)
Eponides haidingeri (D'ORBIGNY)
Globigerina sp. sp.
Globotruncana arca arca (CUSHMAN)
Globotruncana calciformis calciformis (DE LAPPARENT)
Globotruncana contusa contusa (CUSHMAN)
Globotruncana contusa patelliformis GANDOLFI
Globotruncana „coronata“ van HINTE
Globotruncana cretacea (D'ORBIGNY)

²⁰⁾ Rudisten und Inoceramen in der Revision durch M. KAUMANN 1960, 1962.

²¹⁾ Der auf zentral- und südalpine Gosauvorkommen beschränkte *H. heritschi* hat hier seine Typlokalität.

Globotruncana elevata andori De KLASZ
Globotruncana elevata elevata BROTZEN
Globotruncana elevata stuartiformis DALBIEZ
Globotruncana fornicata ackermanni GANDOLFI
Globotruncana fornicata plummerae GANDOLFI
Globotruncana lapparanti coronata BOLLI
Globotruncana lapparanti lapparanti BROTZEN
Globotruncana lapparanti tricarinata (QUEREAU)
Globotruncana linneiana linneiana (D'ORBIGNY)
Globotruncana marginata (REUSS)
Globotruncana rosetta (CARSEY)
Globotruncana tricarinata colombiana GANDOLFI
Gümbelina sp. sp.
Heterohelix cf. *semicostata* (CUSHMAN)
Heterohelix striata (EHRENBERG)
Lenticulina sp.
Lituola grandis (REUSS)
Loxostomum subrostratum EHRENBERG
Marsonella cf. *osycona* REUSS
Neoflabellina aff. *nummismalis* (WEDEKIND)
 „*Nodosaria*“ sp.
Planomalina aspera aspera (EHRENBERG)
Planularia complanata (REUSS)
Pleurostomella sp.
Praeglobotruncana (Hedbergella) cf. *monmouthensis* (OLSSON)
Pseudosiderolites vidali (DOUVILLE)
Pseudotextularia elegans RZEHAK
Rhizammina sp.
Rugoglobigerina rugosa (PLUMMER)
Siderolites sp.
Stensiöina exculpta (REUSS)
Stensiöina pommerana BROTZEN
Ventilabrella eggeri CUSHMAN
Verneuilina tricarinata D'ORBIGNY

5. Fazies, Paläogeographie und Tektonik

In den Ablagerungen der „Kainacher Gosau“ überschneiden sich in charakteristischer Weise Merkmale von Flyschsedimenten, wie die rhythmische Wechsellagerung von klastischen Bänken und pelitischen Zwischenlagen, Gradierung, Sohlmarken mit spezifischer Vergesellschaftung von Strömungs-, Schleif- und Belastungsmarken, extreme Fossilarmut u. a. mit Kennzeichen von Molassesedimenten, wie etwa Wechsel von Süßwasser- und Marinbedingungen, Flachwassermilieu mit Oszillationsrippeln und Trockenrissen, Mangankrusten, Stromatolithenlagen, Lumachellenbänke, Blätterlagen, Kohlenbildung, Flaserschichtung, Schrägschichtung im dm-Bereich, starke Beteiligung von Konglomeraten und bituminösen Schiefern etc. So bezeichnete R. OBERHAUSER 1968 : 130 die Kainacher Gosau als „weitgehend terrestrisch beeinflusst und faziell irgendwie zwischen Flysch und Molasse stehend und sehr lebensfeindlich“.

Hinsichtlich der paläogeographischen Beziehungen der Kainacher Gosau wies R. OBERHAUSER (1968 : 130, 1973 : 98, 104) darauf hin, daß die zentralalpinen Gosauvorkommen faziell viel mehr an Ungarn und Dalmatien anschließen als an die Nördlichen Kalkalpen. Dies dokumentiert sich auch deutlich in der Schwermineralassoziaton (G. WOLETZ 1967 : 315, 317).

Für die Kainacher Gosau erbrachten die von Frau Dr. G. WOLETZ, Geol. Bundesanstalt Wien, in dankenswerter Weise durchgeführten Untersuchungen zwei klar auseinanderzuhaltende Kombinationen: Die Proben aus der

Basiskonglomerat-Folge, der Bitumenmergel-Folge und der Hauptbecken-Folge — dies entspricht altersmäßig dem Obersanton/Untercampan — enthalten viel Zirkon, daneben Rutil, Turmalin, Apatit, fallweise auch auffallende Mengen von Chloritoid.²²⁾ Sandsteine der obercampanen Zementmergelfolge von St. Bartholomä sind dagegen durch Granatreichtum gekennzeichnet.

M. KAUMANN 1960 : 93, 1962 : 293 sah in der Kainacher Gosau u. a. aufgrund der Hippuriten-Fauna einen neuartigen Gosautyp, gleichsam ein Übergangsglied zwischen nordalpinen und dinarischer Gosaubildung.

Die in diesem Zusammenhang interessante Analyse des Geröllbestandes der Konglomerate ergibt (siehe S. 85) bei einem anscheinend völligen Fehlen von Kristallinanteilen²³⁾ und einem Vorherrschen der paläozoischen Komponenten eine bemerkenswert starke Mitbeteiligung mesozoischer Gerölle; „die Gesellschaft der Gosaukonglomerate ist mit der jetzigen geologischen Umgebung unvereinbar“ (W. SCHMIDT 1922 : 96). Bei der zur Erklärung dieses Phänomens herangezogenen Annahme einer „während der Gosau-Sedimentation noch vorhandenen mesozoischen Bedeckung des Gleinalm-Kristallins, welche erst intragosauisch ganz oder weitgehend durch die Erosion entblößt wurde“ (H. FLÜGEL 1961 : 87; in ähnlicher Weise auch A. ALKER 1962 : 20; H. FLÜGEL 1963 : 67; G. RIEHL-HERWIRSCH 1973 : 25), ergeben sich gewisse Vorstellungsschwierigkeiten allein schon insofern, als man einen vollständigen, reinlichen Abtrag des gesamten, zunächst über dem Kristallin resp. dem Paläozoikum gelegenen Mesozoikums postulieren müßte. Ein zusätzliches Problem stellen die inzwischen festgestellten südalpiner Anteile in den Geröllvölkern (siehe S. 86) dar, womit die noch von H. FLÜGEL 1961 : 151 vertretene Ansicht einer zunächst vorhanden gewesen teilweisen Überdeckung durch Schichten des „nordalpinen (oberostalpinen) Mesozoikums“ in dieser Form nicht aufrecht zu erhalten ist. Schließlich kommt als weiterer Unsicherheitsfaktor noch das Vorhandensein des heute in nächster Nachbarschaft auftretenden Mesozoikums zentralalpiner Fazies (Raasberg-Folge, Abschnitt V/1 c, S. 82) hinzu.

Ein zweiter, grundlegend anderer Deutungsversuch geht von der Annahme eines Ferntransportes eines Teiles der Gerölle aus, eine Ansicht, welche mit gewissen Vorbehalten verschiedentlich geäußert wurde (A. ALKER 1962 : 19, W. GRÄF 1965 a : 107, 1972 a : 276). Messungen der Schüttungsrichtungen ergaben einen Sediment-Transport aus Nordost bis Ost, was die von J. FÜLÖP 1961 und F. HORUSITZKY 1961 kartennäßig angedeutete Verbindung mit der ungarischen Kreide (siehe auch H. KÜPPER 1961 : 20 ff.) — auch hinsichtlich der qualitativen Zusammensetzung der Gerölle — zunächst weiter stützen könnte.²⁴⁾ Allerdings spricht gegen eine Verbindung in dieser Form der Hinweis von K. KOLLMANN 1965 : 496, wonach die im angrenzenden Verbreitungsgebiet liegende Tiefbohrung Perbersdorf 1 eine unmittelbare Auflagerung des Jungtertiärs auf Paläozoikum zeigt. Schließlich hat auch die von F. v. BENESCH 1914 ausgesprochene Vermutung nach einem Zusammenhang zwischen der Kainacher Gosau und den Oberkreidevorkommen des Remschnigg-Poßbruckgebietes bisher keine Bestätigung gefunden, hat doch die Bohrung Söding nach H. LACKENSCHWEIGER 1952 : 113 sicher keine, die Bohrung Mooskirchen nach L. WAAGEN 1927 b : 163 keine sichere Gosau erbohrt.

Hinsichtlich des tektonischen Werdeganges wies H. FLÜGEL 1952 a : 116, 1952 d : 166 eine E-W-Einengung der Kainacher Gosau nach, die N-S streichende Faltenzüge hervorrief. Diese am Ostrand des Beckens deutliche und direkt einmeßbare Faltung klingt nach Westen ab; die Sedimente sind hier nur noch

²²⁾ Chloritoidschiefer aus dem Paläozoikum finden sich örtlich auch häufig in den Geröllvölkern der Konglomerate (siehe S. 85).

²³⁾ In den Konglomeraten von Gams b. Frohnleiten (siehe S. 98), welche den roten Basiskonglomeraten der Kainacher Gosau weitgehend entsprechen, sind Kristallingerölle des unmittelbaren Untergrundes, u. a. Amphibolite, nicht selten.

²⁴⁾ Nach K. KOLLMANN 1960 : 159, 1965 : 505 spricht im Mittelmiozän des Steirischen Beckens alles für eine vorwiegende Sedimentzufuhr aus dem Osten. „Hierbei spielen vor allem Geröllmassen meso- und jungpaläozoischer Gesteine aus dem Bakony-Gebiet eine große Rolle.“

schwach gewellt, Beta-Diagramme ergeben jedoch ebenfalls Maxima um Nord-Süd. Die starken Streuungen der Untermaxima werden auf das Untergrundrelief zurückgeführt (W. PLESSMANN 1954 : 301). Für eine Anlagerung auf geneigter oder bewegter Unterlage „sprechen auch die zahlreichen subaquatischen Rutschungen, für die die Kainacher Gosau prädestiniert zu sein scheint, denn durch schnelles Absinken während der Sedimentation ergab sich ein starkes Gefälle des Untergrundes“ (W. PLESSMANN 1953 : 423).

Die Darstellung der Achsen der Rutschkörper im Sammeldiagramm (W. PLESSMANN 1953 : 423 ff., 1954 : 299, 301) zeigt ein Hauptmaximum um 70° und 2 Nebenmaxima um 35° und 125°. Das Hauptmaximum stimmt dabei nicht nur mit den Faltings-B und Beta der paläozoischen Umrahmung überein, worauf W. PLESSMANN 1954 : 302 verwies, sondern auch mit der Haupttransportrichtung der turbidity currents (siehe S. 82), was für eine deutliche Beeinflussung der Schüttungsrichtung durch das Relief des Untergrundes spricht.²⁵⁾

Vom westlichen und östlichen Beckenrand wurde mehrfach Verschuppung von Gosau und Paläozoikum bzw. Einfaltung von Gosau im Paläozoikum beschrieben (H. FLÜGEL 1952 a : 116, 1952 d : 166; V. MAURIN 1959 : A 39 ff., W. GRÄF 1967 : A 27).

Die besonders im Bereich der Basiskonglomerate im Norden überall feststellbare randliche Steilstellung der Schichten dürfte auf eine rasche Absenkung des Beckens bzw. Heraushebung des Hinterlandes zurückzuführen sein, worin mit W. PLESSMANN 1953 auch die Motorik für die submarinen Gleitungen — und zu einem wesentlichen Teil wohl auch für die Auslösung der Turbidit-Ereignisse — zu suchen ist.

Das von L. WAAGEN 1927 a : 54, 1927 : 134 ff., 1937 : 327 u. Karte für die Kainacher Gosau angenommene intensive Störungsnetz, läßt sich in dieser Extremform nicht aufrecht erhalten.

Die von A. TOLLMANN 1966 : 41, 73 aus dem Raum Kainach aufgrund von Literaturangaben angeführten Beobachtungen, welche hier das vorgosauische Alter der Hauptüberschiebung von Ober-Ostalpin auf Mittel-Ostalpin beweisen sollen (übergreifende Lagerung der Gosau auf Kristallin; Beteiligung von Kristallin am Basalkonglomerat) können nicht bestätigt werden (siehe S. 83, 85).

V/2 b. Das Gamskonglomerat (Alter?)

Zwischen Rothleiten (nördlich von Frohnleiten) und dem Gamsgraben, sowie östlich von Mixnitz am Ausgang der Bärenschütz-Klamm finden sich mächtige rote Konglomerate. Ihre teilweise schlecht gerundeten Komponenten bestehen in erster Linie aus grauen, bis rötlichen Kalken. Vereinzelt finden sich auch Dolomite, rote Sandsteine bis sandige Schiefer, verschiedenfarbige Kalkschiefer, Hornsteine und hornsteinführende Kalke, Lydite, Diabase, glimmerige, feinkörnige braune Sandsteine und Granat-Amphibolite.

Die Kalke können nach H. FLÜGEL 1966 : 266 aufgrund ihrer Conodontenführung bzw. von Algenresten teilweise in die Trias eingestuft werden. Die teilweise bis über einen Quadratmeter groß werdenden Gerölle sind in einer roten,

²⁵⁾ Diese Richtung drückt sich auch im Verlauf der N-Grenze Kristallin-Grazer Paläozoikum aus, an der die Konglomerate von Gams und der Bärenschütz als Erosionsreste einer ehemals ausgedehnteren Kreide-Bedeckung tektonisch eingeklemmt und teilweise sogar vom Grazer Paläozoikum überschoben sind (H. FLÜGEL 1963 : 69). Sie kommt außerdem im Verlauf der Geistthal-Gradener Grundgebirgsklippe (siehe S. 89) reliefbildend zum Ausdruck.

kalkigen, sehr harten Matrix eingebettet. Bisweilen entwickeln sich feinschichtige bis feinkonglomeratische Horizonte. Sehr selten sind Kalksandstein-Bänke. Nur in diesen feinkörnigen Partien ist streckenweise eine grobe Bankung angedeutet.

Diese Konglomerate sind in den tektonischen Bau des Grazer Paläozoikums miteinbezogen. Während sie im Gamsgraben durch die Randstörungen des Paläozoikums zerstückelt werden, erscheinen sie in der Bärenschütz-Klamm unter Zwischenschaltung stark zerriebener und mylonitisierter Kalke von Hochlantsch-Kalken überlagert. Es ist noch unentschieden, ob es sich hierbei um eine lokale Schuppung oder eine weitere Verfrachtung von Devon über jüngere Konglomerate handelt.

Über die Alterseinstufung der Konglomerate gehen die Ansichten stark auseinander. Der Grund liegt in der Fossilieure und der isolierten Stellung der Gesteine.

P. JESENKO 1949 glaubte in ihnen eine tektonische Breccie sehen zu können, deren Entstehung er mit der Decken-Bildung im Hochlantsch-Stock in Zusammenhang brachte. Dieser Gedanke lag nahe, da in diesem Raume tatsächlich solche tektonische Breccien auftreten. Auch sie weisen häufig eine rote Färbung auf, wodurch ähnliche Erscheinungsbilder entstehen können. Die polymikte Natur der Konglomerate macht jedoch eine derartige Ableitung wenig wahrscheinlich. Auch die lagenweise wechselnde Korngröße der Komponenten, wie sie einzelne Aufschlußbilder beobachten lassen, spricht eher für eine sedimentäre Bildung der Konglomerate. Alle anderen Bearbeiter haben daher auch diese sedimentäre Entstehung nicht in Zweifel gezogen. M. VACEK 1891, betrachtete die Gesteine als normale Basis der von ihm in die Trias eingestuften Hochlantsch-Kalke, F. HERITSCH 1906 b, sah in ihnen Devon, H. MOHR 1911 a, F. HERITSCH 1914 b und L. WAAGEN 1937 b vermuteten kretazisches Alter, R. FOLGER 1913, J. STINI 1929, E. CLAR etc. 1929 und A. WINKLER-HERMADEN 1951 a verglichen sie mit den oberhelvetischen Hangend-Konglomeraten von Leoben.

Auffallend — auch in der Führung triadischer Gerölle — ist die Ähnlichkeit mit den roten Basis-Konglomeraten der Kainacher Gosau. Eine Zuordnung zur Gosau erscheint heute sehr wahrscheinlich.

V/3. Schrifttum

339. BRINKMANN, R., Die Ammoniten der Gosau und des Flysch in den nördlichen Ostalpen. — Mitt. Geol. Staatsinst., 15, 1—14, Hamburg 1935.
340. FLÜGEL, H. & V. MAURIN, Triasverdächtige Gesteine am Südrand des Grazer Paläozoikums. — Der Karinth., 198—206, Hüttenberg 1957 (1957 b).
341. FOLGER, R., Über die Werfener Schiefer am Reiting. — Verh. geol. Reichsanst., 449—452, Wien 1913.
342. HAUSER, A., Gibt es ein Rannachkonglomerat? — Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. (III), 1, 107—133, 1948.
343. HERITSCH, F., Die Konglomerate von Gams bei Frohnleiten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 50, 40—49, Graz 1914 (1914 b).
344. HILBER, V., Fossilien der Kainacher Gosau. — Jahrb. geol. Reichsanst., 52, 277—284, Wien 1902.
345. JESENKO, P., Die Natur des Gamskonglomerates bei Frohnleiten nördlich von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 171—173, Wien 1949.
- 345a. KIRCHMAYER, M., Wasser-Wellenfurchen im Semmering-Quarzit, Steiermark, Österreich. — N. Jahrb. Geol. Paleont., Mh., 65—71, Stuttgart 1961.
346. KÜHN, O., Zur Stratigraphie und Tektonik der Gosauschichten. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 156, 181—200, Wien 1947.
347. OBERHAUSER, R., Bericht über mikropaläontologische Untersuchungen an Proben aus dem Bereich der Rudistenriffe der Kainach-Gosau. — Verh. geol. Bundesanst., A 121, Wien 1959.
348. PLESSMANN, W., Trennung orogen-tektonischer Faltenachsen von Rutschungs-Faltenachsen. — N. Jahrb. Geol. etc., Mh., 423—428, Stuttgart 1953.
349. SCHMIDT, W., Die Kreidebildungen der Kainach. — Jahrb. geol. Reichsanst., 58, 223—246, Wien 1909.

350. STINI, J., Porphyרבk6mmlinge aus der Umgebung von Bruck a. d. M. — Zentralbl. Min. etc., 407—414, Stuttgart 1917 (1917 b).
- Ferner: 22, 26, 33, 36, 63, 65, 74, 78, 83, 87, 113, 124, 125, 127, 145, 146, 147, 148, 148 a, 177, 189, 224, 230, 243, 244, 251, 257, 277, 279, 295, 307, 308, 316, 323, 324, 336, 414, 419, 471, 476, 551, 555, 793, 795, 806, 829, 830, 938, 1038, 1044, 1050.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

875. ABEL, O., Vorzeitliche Lebensspuren. — 644 S., 530 Abb., Jena 1935.
876. ALKER, A., Über Ger6lle aus der Gosau von Kainach in Steiermark. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 19—20, 2 Abb., Graz 1962.
877. AMPFERER, O., Über die Gosau des Muttekopfs. — Jahrb. geol. Reichsanst., 62, 289—310, 2 Taf., 4 Abb., Wien 1912.
878. — , Vorläufiger Bericht über neue Untersuchungen der exotischen Ger6lle und der Tektonik nieder6sterreichischer Gosauablagerungen. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., I, 125, 217—227, Wien 1916.
879. BECK-MANNAGETTA, P., Beiträge zur Gosau des Lavanttales (Ostkärnten). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 94, 5—18, 5 Abb., Graz 1964.
880. BENESCH, F. v., Die mesozoischen Inseln am Poßbruck. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 7, 173—194, Wien 1914.
881. BOUMA, A. H., Sedimentology of some Flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation. — 168 S., Elsevier Amsterdam/New York 1962.
882. DEAN, W. E. & ANDERSON, R. Y., Correlation of Turbidite Strata in the Pennsylvanian Haymond Formation, Marathon Region, Texas. — J. Geology, 75, 59—75, Chicago 1967.
883. DJALILOV, M. R., K sistematike akteonellid (Gastropoda). — Paleont. Zhur., 16—23, Moskau 1972.
884. DZULYNSKI, S. & KSIAZKIEWICZ, M. & KUENEN, Ph. H., Turbidites in Flysch of the Polish Carpathian Mountains. — Bull. Geol. Soc. America, 70, 1089—1118, 12 Abb., New York 1959.
885. FLAJS, G. & GRÄF, W., Ludlow-Conodonten aus einem Kalkger6ll der Kainacher Gosau. — Verh. geol. Bundesanst., 170—172, Wien 1966.
- 885a. FLÜCK, W., Die Flysche der praealpiner Decken im Simmental und Saanenland. — Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F., 146, 87 S., 45 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Bern 1973.
- 885b. FLÜGEL, H., Trias-Ger6lle in den Gams-Konglomeraten bei Frohnleiten (Steiermark). — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 14, 265—267, Wien 1966.
886. FRECH, F., Die Leitfossilien der Werfener Schichten. — Resultate der wiss. Erf. Balatons., 1 (1), 1—92, 16 Taf., 27 Abb., Wien 1912.
887. FÜLÖP, J., Formations Crétacées de la Hongrie. — Jahrb. Ung. geol. Anst., 49, 721—738, Budapest 1961.
- 887a. GÖTZINGER, G. & BECKER, H., Zur geologischen Gliederung des Wienerwaldflysches (Neue Fossilfunde). — Jahrb. geol. Bundesanst. 82, 343—396, 5 Abb., 5 Taf., Wien 1932.
- 887b. GRÄF, W., Zur Quarzachsen-Regelung im Rippelmarken tragenden Semmering-Quarzit des Raumes Fischbach, Steiermark. — N. Jahrb. Geol. Paläont. Mh., 9, 531—536, 3 Abb., Stuttgart 1964.
888. — , Erster Bericht über geologische Untersuchungen im Gosaubecken von Kainach, Steiermark. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 104—111, Wien 1965 (1965 a).
889. — , Bericht über Aufnahmen 1964 auf den Kartenblättern 162 (K6flach) und 163 (Voitsberg). — Verh. geol. Bundesanst., A 30, Wien 1965 (1965 b).
890. — , Bericht über Aufnahmen 1965 auf Kartenblatt 163 (Voitsberg). — Verh. geol. Bundesanst., A 26, Wien 1966.
891. — , Bericht über Aufnahmen 1966 auf den Kartenblättern 162 (K6flach) und 163 (Voitsberg). — Verh. geol. Bundesanst., A 26 — A 27, Wien 1967.
892. — , Gosau von Kainach. — In: Wandertagung der Geologischen Gesellschaft in Wien: „Tertiär, Vulkanismus und Randgebirge der südlichen Steiermark.“ — Mitt. Geol. Ges. Wien, 63, 275—278, Wien 1972 (1972 a).

- 893a. — , Die Gosau von Kainach und St. Bartholomä. — Der Aufschluß, Sh. 22, 29 bis 34, 6 Abb., Heidelberg 1972 (1972 b).
- 893b. — , Ein submariner Gleithorizont aus der Kreidezeit als steirisches Naturdenkmal. — Landesmus. Joanneum, Jahresber. 1973, N. F., 3, 125—133, 4 Abb., Graz 1974.
894. GREILING, L., Abtragung und Schüttung im Unterkarbon der „Bayrischen“ Fazies des Frankenwaldes. — Geol. Jahrb., 87, 187—222, 1 Abb., Hannover 1969.
895. GRUNAU, H. R., Mikrofazies und Schichtung ausgewählter, jung-mesozoischer Radiolarit-führender Sedimentserien der Zentral-Alpen. — Intern. Sed. Petr. Ser., 4, 179 S., 11 Taf., Leiden 1959.
896. HACOBJAN, V. T., K sistematike pozdnemelovykh trokhakteoinid. — Paläont. Zhur., 3—15, Moskau 1972.
897. HAUER, F. v.; Neue Cephalopoden aus den Gosaugebildern der Alpen. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., (I), 53, 300—308, 2 Taf., Wien 1866.
898. HERITSCH, F. & KÜHN, O., Geschiebe von Triaskorallen vom Plabutsch bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 19—32, 2 Abb., 1 Taf., Graz 1936.
899. HINTE, J. E. van, Remarks on the Kainach Gosau (Styria, Austria). — Koninkl. Nederl. Akademie van Wetenschappen, Proceedings Ser. B, 68, 72—92, 3 Taf., Amsterdam 1965.
900. HORUSITZKY, F., Die Triassischen Bildungen Ungarns im Spiegel der Großtektonik. — Jahrb. Ung. geol. Anst., 49, 345—363, Beilg. I, Budapest 1961.
901. KAHLER, F., Beiträge zur Kenntnis der Fusuliniden der Ostalpen: Ein Kalkgeröll mit permischen Fusuliniden aus der Oberkreide der Weststeiermark. Mit einer geologischen Einleitung von GRÄF, W. — Palaeontographica, (A), 141, (5—6), 143—153, Taf. 14, Stuttgart 1973.
902. KAUMANN, M., Zur Faunenstratigraphie der Kainacher Gosau. — 105 S., 28 Taf., 5 Tab., unveröff. Diss. Wien, 1960.
903. — , Zur Stratigraphie und Tektonik der Gosauschichten. II. Die Gosauschichten des Kainachbeckens. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., (I), 171, 289—314, 8 Abb., 3 Taf., Wien 1962.
904. KOLLMANN, H. A., Actaeonellen (Gastropoda) aus der ostalpinen Oberkreide. — Ann. Naturhist. Mus., 68, 243—262, 2 Abb., 4 Taf., Wien 1965.
905. — , Die Gattung *Trochactaeon* in der ostalpinen Oberkreide. Zur Phylogenie der *Actaeonellidae*. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, 71, 199—261, 9 Taf., 7 Abb., Wien 1967.
906. KRÖLL, A., Das Paläozoikum zwischen Übelbach und Geisttal. — 62 S., 4 Kt., unveröff. Diss., Graz 1949.
907. KÜHN, O., Stratigraphie und Paläogeographie der Rudisten. V. Rudisten aus Griechenland. — N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh., B, 89, 167—194, Taf. 27, Stuttgart 1948.
908. — , Die Rudistenfauna von Wietersdorf in Kärnten. — Carinthia II, 70, 47—50, Klagenfurt 1960.
909. KÜPPER, H., Erläuterungen zu einer tektonischen Übersichtsskizze des weiteren Wiener Raumes. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 53, 1—33, 1 Abb., 1 Taf., Wien 1961.
910. MORLOT, A. v., Einiges über die geologischen Verhältnisse in der nördlichen Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 1, 99—124, Wien 1850.
911. OBERHAUSER, R., Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. — Jahrb. geol. Bundesanst., 106, 1—88, 2 Abb., 1 Tab., 1 Karte, Wien 1963.
912. — , Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paliogen im Ostalpenraum. — Jahrb. geol. Bundesanst., 111, 115—145, Wien 1968.
913. — , Stratigraphisch-paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonischer Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. — Geol. Rdsch., 62, 96—106, Stuttgart 1973.
914. PAMOUKTCHIEV, A., I. Sur la présence de Maestrichtien près de Kainachbeckens (Autriche). — Ann. Univ. Sofia, 1, Géologie, 62, 1967/68, 47—52, Sofia 1970.
915. PETRASCHECK, W., Glänzende Gerölle. — Verh. Geol. Bundesanst., 69—71, Wien 1922.

916. POKORNY, G., Die Actaeonellen der Gosauformation. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., (I), 168, 945—978, Taf. 1—2, Wien 1959.
917. RICHTER, D., Zur Entstehung von kugelschalenförmiger Verwitterung in Psammiten. — Der Aufschluß, 23, 232—234, Abb. 1—6, Heidelberg 1972.
918. RIEHL-HERWIRSCH, G., Bemerkungen zur Geröllgesellschaft der „Gosau von Kainach“, Stmk., — Der Karinthin, 68, 23—26, Klagenfurt 1973.
919. ROLLE, F., Vorläufiger Bericht über die im Sommer 1854 ausgeführte geognostische Untersuchung der Gegend zwischen Gratz, Hirschegg, Marburg und Hohenmauthen. — Jahresber. geognost.-montan. Ver. Stmk., 4, 1—15, Graz 1854.
920. SANDER, B., Notizen zu einer vorläufigen Durchsicht der von O. Ampferer zusammengestellten exotischen Gerölle der nordalpinen Gosau. — Verh. geol. Bundesanst., 138—142, Wien 1917.
921. SCHMIDT, W., Zur Phasenfolge im Ostalpenbau. — Verh. geol. Bundesanst., 92—114, 3 Abb., Wien 1922.
922. THENIUS, E., Niederösterreich im Wandel der Zeiten. — 126 S., 9 Taf., 23 Abb., 1 Tab., 2. Aufl., Wien 1962.
923. TOLLMANN, A., Die alpidischen Gebirgsbildungs-Phasen in den Ostalpen und Westkarpaten. — Geotekt. Forsch., 21, 1—155, Stuttgart 1966.
924. WOLETZ, G., Schwermineralvergesellschaftungen aus ostalpinen Sedimentationsbecken der Kreidezeit. — Geol. Rdsch., 56, 308—320, Stuttgart 1967.

VI. Tertiär

Die tertiären Ablagerungen im Bereiche des Kartenblattes gehören zum Teil dem schmalen inneralpinen Neogen-Becken an, zum anderen Teil handelt es sich um Sedimente des „Steirischen Beckens“, das eine in den östlichen Alpenrand eingreifende Bucht der ungarischen Tiefebene (Pannonisches Becken) darstellt.

Es handelt sich hierbei um Teile der „Paratethys“, die sich zu Beginn des Neogens von der mediterranen Geosynklinale abgespalten hatte. Die stratigraphische Gliederung innerhalb dieses Bereiches hat sich seit Erscheinen der Karte bzw. der 1. Auflage dieses Buches wie Tabelle 25 zeigt, stark geändert.

Tab. 25: Stratigraphische Begriffe der zentralen Paratethys im Miozän (1968)

Neue Bezeichnung	bisherige Bezeichnung	Millionen Jahre
Sarmatium	Sarmatium	10
Badenium	Tortonium	14
Karpatium		20
Ottangium	Helvetium	22
Eggenburgium	Burdigalium	25
Egerium	Aquitanium	30

VI/1. Inneralpine Neogen-Becken

VI/1 a. Das Miozän des Murtales

Zwischen Donawitz und Bruck a. d. M. treten an drei Stellen miozäne kohlenführende Ablagerungen zu Tage. Es sind dies: der Raum nördlich von Leoben, der Bereich zwischen Niklasdorf und Utschtal und das Gebiet westlich von Bruck a. d. M. Wie Bohrungen gezeigt haben, stehen diese Vorkommen unter der quartären Bedeckung des Murtales miteinander in Verbindung.

Den besten Einblick in die Entwicklung dieses Miozäns bietet die „Leobener Tertiärmulde“ (K. KREJCI-GRAF 1930, H. LACKENSCHWEIGER 1937, W. PETRASCHECK 1924).

Über den tiefgründig zersetzten, tonigen Grauwackenschiefern des Untergrundes beginnt die neogene Schichtfolge normalerweise mit einem bis zu 20 m mächtigen Flöz-Horizont. Im Muldentiefsten bilden jedoch, mit einem bis 3 m mächtig werdenden Phyllit-Konglomerat einsetzend, Grobsandsteine, Phyllitbreccien und tonige Schiefer die Tertiärbasisschichten. In diese bis 50 m mächtige Folge kann ein maximal 1 m mächtiges Liegendflöz eingeschaltet sein.

Das gegen Westen und Osten bis zur Abbaunwürdigkeit rasch an Mächtigkeit abnehmende Grundflöz wird durch vier dünne Tonblätter gegliedert. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 0,02 und 0,60 m. Nach A. MARCHET 1934 enthalten diese Lagen Andesit- bis Dazit-Tuffe, mit zonarem Plagioklas, Biotit, Quarz und Ergußgesteins-Grundmasse. Die Kohle ist eine Glanzkohle mit folgender Zusammensetzung:

C	52,2—65,9 ⁰ / ₀
O	16,9—20,1 ⁰ / ₀
S	0,2— 0,6 ⁰ / ₀
H	3,4— 4,8 ⁰ / ₀
N	0,4— 0,8 ⁰ / ₀
H ₂ O	5,0—12,5 ⁰ / ₀
Asche	3,7—12,9 ⁰ / ₀
Kal.:	6178—4516

Über dem Flöz, bzw. verschiedentlich schon über dem obersten Tonband („Lehmblatt“) folgen bis zu 2,5 m mächtige, dünn-schiefrige Schiefer, die an der Luft zur Selbstentzündung neigen („Brandschiefer“). Sie führen Spongiennadeln und Diatomeen. Auch in ihnen läßt sich ein Tuff-Horizont feststellen.

Diese Brandschiefer sind von bis 25 m mächtig werdenden, feinblättrig zerfallenden, bituminösen Tonschiefern mit einzelnen Andesit-Tufflagen überlagert. Sie sind reich an z. T. verkieselten Pflanzenresten. Aus ihnen beschrieb C. ETTINGSHAUSEN 1888, 1893 über 400 verschiedene Pflanzenarten (vgl. P. MENZEL 1930 : 57). Dazu kommen die von W. WEILER 1930 und KRANBERGER 1891 bearbeiteten Fischfunde mit (Lit.: Nr. 416):

Leuciscus papyraceus AGAS.
Leuciscus macrurus AGAS.

Leuciscus cf. oeningensis AGAS.
Chondrostoma cf. stephani (MAYER)

ferner ein Selachierzahn, der auf eine mindest zeitweilige Verbindung mit der offenen See hindeutet, Knochenbruchstücke, spärliche Reste von Landschnecken, Insekten und Koprolithen.

Gegen das Hangende folgen erst fein-, später grobkörnige, dünn-schiefrige, mergelige Sandsteine und Tonmergel. Vereinzelt treten auch Einschaltungen von Konglomeratbänken auf, die neben Quarz- und Quarzitzeröllen auch Kohlen des Grundflözes als Gerölle führen. Dieser Schichtstoß erreicht eine Mächtigkeit von 140 m.

Über ihm folgt transgressiv das „Haupt-Konglomerat“. Es handelt sich dabei um eine rund 60 m mächtige Folge von kalkig verklitteten, bis maximal 40 cm im Durchmesser erreichenden, gut gerundeten Geröllen. Neben Quarz und Phyllit finden sich vorwiegend mesozoische und eozäne Kalkgerölle. (W. PETRASCHECK 1929 : 91). Die Konglomerate verzahnen sich mit Sandsteinen, wobei gegen das Hangende die Korngröße der Gerölle abnimmt und die Sandsteinlagen überwiegen. Damit deutet sich ein Übergang zu den mergeligen, feinkörnigen „Hangendsandsteinen“ an. Diese bis 40 m mächtigen, blaugrünen

Sandsteine lieferten, meist an der Grenze gegen die tieferen „Haupt-Konglomerate“, eine reiche Wirbeltierfauna (vgl. S. 133).

Weiters fanden sich in ihnen nach A. ZDARSKY 1909:

Cyclostoma consobrium MAY.
Helix argillacea FER.
Helix inflexa KLEIN
Helix involuta scabiosa SANDB.
Helix sylvana KLEIN
Helix sp. (? *coarctata* KLEIN)

Glandina inflata BRONN
Archaeozonites costatus SANDB.
Pupa sp.
Limnaea hofmanni TAUSCH
Unio flabellatus GOLDF.

sowie Blattreste. Diese Faunen stufen die Schichten in das Karpatium ein.

Das Hangende der Sandsteine bilden die „Hangend-Konglomerate“. Sie unterscheiden sich von den „Haupt-Konglomeraten“ durch das Vorherrschende grundgebirgsnaher Komponenten und das Fehlen kalkalpiner Gerölle.

Die beschriebene Tertiär-Mulde streicht um Ost-West und wird im Süden durch einen teilweise überkippten Bruch abgeschnitten. Seine Sprunghöhe beträgt in Seegraben über 360 m. Dieser „Seegraben-Bruch“ (W. SCHMIDT 1920 : 554) ist ein Teil der „Brucker-Linie“ (J. STINI 1951 : 14). An ihm wurde das südlich des Bruches gelegene Grundgebirge steil dem Tertiär aufgeschoben, wobei es zu einer Mitschleppung des Kohlenflözes kam.

A. WINKLER-HERMADEN 1951 a : 505 stuft dieses Geschehen vorwiegend in die attische Phase (Wende Sarmatium/Pannonium) ein, wobei die Störungen bereits in der steirischen Phase (Karpatium/Badenium) angelegt worden sein sollen.

Vermutlich gleiches Alter wie die Haupt-Konglomerate besitzen die, auch Eozän-Gerölle führenden Miozän-Schotter südlich von St. Michael (W. JACOBSEN 1932).

Die höchsten miozänen Schotter-Reste finden sich südöstlich des Schra-Kogel in über 1000 m Seehöhe. Es handelt sich um grobe Blockschotter aus dem Gleinalm-Bereich. Sie stellen die östliche Fortsetzung der Schotterdecke des Lichtensteiner Berges (bereits außerhalb der Karte) dar, an deren Basis eine typische lateritische bzw. bauxitische Verwitterungsdecke des Serpentine zeitweilig abgebaut wurde (A. RUTTNER 1942 : 58). Vermutlich gleichaltrige Roterde-Bildungen beschrieb W. SCHMIDT 1920 : 546 u. a. vom Modererkessel im Groß-Gößgraben, von den Sätteln südlich der Hochalm, vom obersten Strickbachgraben, einem östlichen Seitengraben des Laufnitzbaches. Ihre Bindung an die Pöller-Linie (W. SCHMIDT 1920 : 544) zeigt das intra-miozäne (steirische ?) Alter dieser Störung an.

VI/1 b. Das Becken von Passail

Südlich des Hochlantsch liegt zwischen Tullwitz-Viertel und Krammersdorf innerhalb des Paläozoikums von Graz ein bis über 90 Meter (W. PETRASCHECK 1924 : 30) tiefes Miozänbecken.

Soweit bekannt (F. HERITSCH 1915 d, W. PETRASCHECK 1924), bestehen die tieferen Teile der miozänen Schichtfolge vorwiegend aus blauen bis blaugrauen Lehmen, die mit geringmächtigen Feinsandlagen wechsellagern können. An der Oberfläche erhalten die Lehme meist eine gelbbraune Färbung.

Besonders im westlichen Abschnitt des Beckens, zwischen Ankenhofen, Reithof und Tullwitzdorf, aber auch zwischen Passail und Hart finden sich in dieser Folge lignitische Braunkohlen. Es handelt sich um mehrere, durch verschiedenmächtige Zwischenmittel getrennte Flöze, die bis über drei Meter mächtig werden können und im vergangenen Jahrhundert, aber auch nach den beiden letzten Kriegen, abgebaut wurden. Im Tullwitzviertel verflächen sie mit rund 12° nach

SSE. Südöstlich von Passail bei Auen treten unter den kohlenführenden Lehmen bis zu 15 m mächtige Travertine auf (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 a : 20). Derzeit noch unbearbeitete Pflanzenreste sind in ihnen nicht selten.

Als das Hangende der kohlenführenden Folge kommen am Raabufer bei Passail (inzwischen durch die Uferverbauung nicht mehr sichtbar), an der Straße Passail-Fladnitz bzw. Passail-Weiz, sowie nordöstlich von Tober weißlichgraue bis gelbe, vulkanische Tuffe zutage (H. FLÜGEL & E. NEUWIRTH 1952 : 181). Sie sind etwa 2 m mächtig.

Mineraloptisch (E. NEUWIRTH 1952) zeigt sich in der Fraktion 0,2—0,05 mm eine Zusammensetzung aus „Glas“ (46 Vol.-%), Agglomerate (43 Vol.-%) Quarz (7 Vol.-%) und Hypersthen (unter 1 Vol.-%). Bei den „Gläsern“ handelt es sich nicht mehr um richtiges Glas, sondern um Material, welches bereits eine Umbildung zu Montmorillonit erfahren hat.

In den höheren Anteilen führen die kohleführenden Lehme nicht selten Gerölle von grundgebirgsnahe Material, wobei es durch Zurücktretten der lehmigen Anteile zur Bildung von Schotterlagen kommen kann. Dadurch ist ein Übergang zu den vorwiegend aus Schottern aufgebauten Hangendschichten des Passailer Tertiärbeckens gegeben. Die Schotter bestehen vorwiegend aus Quarz-, Hornblendegneis-, Grünschiefer- und Kalkgeröllen. Während im Becken die Geröllgröße meist nicht über die eines Hühnereies hinausgeht, erreichen die Schotter im Norden und Osten (Punkt 909) Kindskopf-Größe und mehr. Verschiedentlich sind sie nagelfluhartig verkittet.

Wie bereits E. CLAR 1935 c : 285 zeigen konnte, gehen diese Konglomerate dort, wo sie dem Grundgebirge auflagern, in „Eggenberger Breccien“ (S. 116) über. Aber auch die Basislehme zeigen eine laterale Verzahnung mit „Eggenberger Breccien“ bzw. Roterden (z. B. im Tullwitzviertel).

Fossilien wurden bisher in den tertiären Ablagerungen noch keine gefunden. Einen Altershinweis geben die sauren vulkanischen Tuffe, die, soweit wir heute wissen, im steirischen Becken nicht jünger als unterbadensisch sind.

Ein kleines Vorkommen von Miozän wurde auf der Karte westlich von Semriach ausgedehnt. Es handelt sich dabei um die von V. MAURIN 1952 : 171 beschriebenen graublauen, glimmerreichen Tegel, die am Zusammenfluß von Lur- und Marktbach anstehen. Das kleine Vorkommen mußte in der Karte stark vergrößert werden. Bereits R. SCHWINNER konnte 1925 : 257 südlich von Semriach grünlichgraue Lehme mit kohligem Pflanzenresten feststellen, die er in das Tertiär stellte. Da bisher Fossilfunde fehlen, muß die Zuweisung dieser Lehme von Semriach in das Miozän mit einiger Vorsicht geschehen.

VI/2. Das Miozän des steirischen Beckens

Im Bereiche des Kartenblattes ist das Karpatium und Badenium ausschließlich limnisch-fluviatil entwickelt. Die gleichbleibende Fazies und die Fossilarmut erschwert heute eine sichere Grenzziehung zwischen den beiden Stufen noch stark. In der Karte wurden sie daher weitgehend zusammengezogen.

VI/2 a. Karpatium (Ober-Helvetium)

Sicheres Karpatium findet sich nur im Raume von Köflach-Voitsberg und von Naas bei Weiz. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß auch die in den Bohrungen von Krottendorf und Söding durchteuften Schichten des Beckens von Stallhofen, ebenso wie die Konglomerate von Stiwoll weitgehend dem Karpatium angehören.

Das Köflach-Voitsberger Becken

gliedert sich in mehrere, meist zwischen 100 und 300 m tiefe, verhältnismäßig schmale Grundgebirgswannen, die durch meist nicht bis an die Oberfläche kommende Schwellen ganz oder teilweise voneinander getrennt werden. Wir unterscheiden hierbei von Westen nach Osten: die Piberstein-Lankowitzer Mulde, die Schaflos- und die Hohegger (= Rosenthal) Mulde, die Hödl-Mulde am Heiligen Berg und die Zangtal-Oberdorfer Mulde.

Die neogene Füllung dieser Teilbecken besteht aus einer Wechsellagerung von blaugrauen bis blauen, feinsandigen, glimmerigen Tonen (G. HOSCHEK 1964), blauen, glimmerigen Feinsanden und einzelnen Feinschotterlagen. In sie sind maximal drei, meist jedoch nur zwei Braunkohlen-Flözhorizonte eingeschaltet. Sie werden seit dem 18. Jahrhundert, teils im Tief-, teils im Tagbau abgebaut.

In jüngerer Zeit wurde von W. KLAUS 1954 der Versuch einer Korrelation der Flöze der einzelnen Mulden auf palynologischer Basis und der Erstellung einer Sporen-Chronologie für das Köflach-Voitsberger Becken unternommen. Das Ergebnis zeigt Tab. 26.

In der Lankowitzer Mulde können wir drei Flöze unterscheiden: Das ca. 20 m mächtige und gegen die Tiefe zu durch die Zunahme von tonigem Zwischenmittel rasch vertaubende Piberstein-Flöz, welches lokal noch von einem 5—7 m mächtigen Liegendflöz unterlagert werden kann, das ein bis drei Meter mächtige Sebastiani-Flöz und das rund 80 m höhere, meist 10—15 m mächtige Pendel- oder Pichlinger Flöz.

Während man früher annahm (W. PETRASCHECK 1924), daß — abgesehen vom Sebastiani-Flöz — die beiden anderen Kohlenhorizonte auch in den anderen Mulden vorhanden sind, ergab die palynologische Untersuchung von W. KLAUS 1954, daß dies nicht zutrifft. In der Hohegger Mulde vertritt, wie Tab. 26 zeigt, das dort über 50 m mächtige Hohegger Flöz, welches man früher als ein Äquivalent des Piberstein-Flözes auffaßte, zeitlich alle drei Flöze der

Tab. 26: Sporen-Chronologie und Flözkorrelation im Köflach-Voitsberger Becken nach W. KLAUS 1954

Sporen-Chronologie	Lankowitzer Mulde	Hohegger Mulde	Zangtaler Mulde
<i>Microhenrici</i> - Zone	M		Zangtal-Flöz (M)
<i>Pterocarya</i> - Zone	P		} Zangtal-Liegend- Flöz (R-P)
<i>Pterocarya</i> - <i>Carya</i> -Zone	PC	} Hohegger- Flöz (C-PC)	
<i>Engelhardtioi</i> - Zone	E		
<i>Rhooi</i> -Zone <i>Rhooi-Ptero-</i> <i>carya</i> -Zone	R } Pendel-Flöz RP } (R, RP)		
X ₂	Sebastiani- Flöz (X ₂)		
X ₁	} Piberstein-		
<i>Carya</i> -Zone	C } Flöz (C, X ₁)		

Lankowitzer Mulde und umfaßt sogar noch jüngere Sporen-Zonen (E, PC). Da dieses Flöz in der benachbarten Schaflos-Mulde noch von einem Hangendflöz überlagert wird, welches man früher dem Pendel-Flöz gleichsetzte, ist es wahrscheinlich, daß dieses dem Zangtal-Flöz der Zangtaler Mulde entspricht. Dieses im Tagbau Voitsberg abgebaute, 10 bis 15 m mächtige Flöz wurde früher ebenfalls als eine Vertretung des Pendel-Flözes aufgefaßt, während man es nunmehr nach W. KLAUS 1954 als höchsten produktiven Horizont des Köflach-Voitsberger Beckens zu betrachten hat. Durch ein 40 bis 140 m mächtiges Zwischenmittel aus Sanden, Schottern, Lehmen und einer Süßwassermergel-Lage, wird dieses Zangtal-Flöz vom Zangtal-Liegendflöz getrennt. Dieses entspricht zeitlich den höchsten Teilen des Pendel-Flözes (R-Zone) der Lankowitzer Mulde und reicht zeitlich bis in die tonig-sandigen Horizonte, die in der Hohegger Mulde das dortige Flöz überlagern (P-Zone).

Die Flöze sind teilweise von Spalten durchzogen, die von oben her mit plastischen Tonen erfüllt sind. Bei der Kohle handelt es sich um eine lignitische Braunkohle. Ihre wechselnde Zusammensetzung zeigt Tab. 27.

Tab. 27: Analysen von Kohlen des Köflach-Voitsberger Beckens nach W. PETRASCHECK 1924: 220 und A. AIGNER 1907: 196

	C	H	O	N	S	H ₂ O	Asche	Kal.
Zangtal-Flöz	36,89	2,90	14,09	0,38	1,71	39,93	5,81	3212
Hohegger Flöz	41,89	3,26	15,56	0,39	1,77	34,83	4,27	3629
Piberstein-Flöz	48,55	3,96	16,12	0,52	0,49	24,57	6,26	4417
Pendel-Flöz	42,87- 51,33	3,65- 4,03	19,37- 19,76	0,31- 0,48	0,61- 0,20	29,03- 21,68	4,77- 2,72	3659- 4485

Als wichtigste Hölzer wurden von B. KUBART 1924 *Taxodioxydon sequoianum* und *Sequoia lansdorfi* genannt. Besonders im Zangtal-Flöz sind liegende Baumstämme keine Seltenheit. C. ETTINGSHAUSEN beschrieb 1857 aus den Schiefertönen im Hangenden der Flöze, sowie aus den Zwischenmitteln zahlreiche Blattreste, jedoch fehlen auch hier, ebenso wie in Leoben, moderne Bearbeitungen.

Im Hangenden des Zangtal- und des Hohegger-Flözes treten, z. T. mehrere Meter mächtig, bräunlichgraue, papierdünne, harte Diatomeen-Mergel auf. Im Zangtal-Flöz bzw. in seinem Hangenden finden sich nach W. SIEGL 1951 bzw. W. PETRASCHECK 1955 auch Andesit-Tuffe.

Die in den verschiedenen Mulden gefundenen Säuger-Reste wurden von F. BACH 1909, 1912, V. HILBER 1915, A. HOFMANN 1887, 1893, M. MOTTL 1958, 1961, 1966, 1970, G. SCHLESINGER 1919 und E. THENIUS 1949 a, b, 1956 bearbeitet. Ihre Verbreitung in den einzelnen Mulden zeigt S. 131.

Unbearbeitet sind Fischreste, die im Hangenden des Zangtal-Flözes gefunden wurden. An Evertibraten wurde bisher nur der Fund von *Helix moguntina* DESH. bekannt.

Fauna und Flora stufen die Ablagerungen in das Karpatium ein, wobei das Sporen-Spektrum des Zangtal-Flözes nach W. KLAUS 1954 dem des mikrofaunistisch belegten Karpatium von Korneuburg entspricht. Die Säuger-Fauna läßt sich weitgehend mit der aus den Hangend-Schichten von Leoben vergleichen.

A. WINKLER-HERMADEN 1951 a : 434 vertrat die Meinung, daß die Kohle, trotz späterer tektonischer Einmuldung, schon in primären Karstmulden (Poljen) zur Ausbildung gelangte, wobei jedoch nach V. MAURIN 1956 a : 37 die Entwässerung zumindest tieferer Poljen Schwierigkeiten bereitet (vgl. S. 228).

Das Becken von Stallhofen

ist vom Köflach-Voitsberger Kohlenbecken durch eine Grundgebirgsschwelle, die durch den Paläozoikum-Aufbruch westlich von Stallhofen bei Aichlegg angedeutet wird, getrennt.

Das stark gegliederte Relief des Becken-Untergrundes wurde durch die 1951 durchgeführten seismischen Untersuchungen bekannt (H. LACKENSCHWEIGER 1952 : 111). Sie führten zur Feststellung einer ausgeprägten Tiefenfurche, die von Stallhofen über Söding gegen Südosten zieht, wobei eine zweite, von Nordosten aus der Bucht von Thal-Mantscha herabziehende Furche in sie mündet. Die Tiefe dieses Beckens zeigt die Bohrung Söding, die im Schnittpunkt beider Furchen abgestoßen wurde und die Granatglimmerschiefer des Grundgebirges erst in einer Tiefe von 724 m antraf.

Wie eine Reihe von Bohrungen gezeigt haben, besteht die Beckenfüllung aus einer limnisch-fluviatilen Folge.

Nahe dem Kristallinrand (Bohrung Krottendorf) beginnt sie mit einem über 25 m mächtigen, schotter-untermengten Roterde-Horizont. Darüber bzw. wie in der Bohrung Söding (knapp außerhalb des Kartenblattes) direkt über dem Kristallin, folgen Konglomerate mit Zwischenlagen von glimmerigen, grünlichen Sandsteinen und mergeligen Schiefertönen. Diese Folge erreicht in der Bohrung Söding über 197 m Mächtigkeit, während sie in Krottendorf rund 80 m mächtig wird. Die Konglomerate bestehen vorwiegend aus Quarz- und Kristallingeröllen. Dazu kommen graue Gosau-Sandsteine, Lydite und Pegmatite. Sie sind etwa eigroß und gut gerundet. Das Hangende dieser Konglomerate bildet eine Wechsellagerung von Sandsteinen, einzelnen Konglomeratlagen, Schiefertönen, Süßwassermergeln und Süßwasserkalken. Sie wird in der Bohrung Krottendorf 65 m, in der Bohrung Söding jedoch über 527 m mächtig. Den Abschluß des Profiles bilden in Krottendorf 50 m mächtige Schotter und Sande mit einzelnen Tonlagen. Sie scheinen in der Bohrung Söding zu fehlen, bzw. durch Sandsteine usw. vertreten zu werden.

Einen ganz ähnlichen Aufbau zeigt die 1926 abgestoßene Bohrung Mooskirchen 1, die ebenfalls knapp südlich des Kartenblattes niedergebracht wurde (L. WAAGEN 1927 b). Sie erschloß bis in eine Teufe von 273,5 m eine Wechselfolge von Lehmen, Süßwasserkalken, blauen Sanden und Sandsteinen, sowie einzelnen Konglomeratlagen. Charakteristisch für die über den Basis-Konglomeraten folgende feinklastische Folge sind Einschaltungen einzelner, geringmächtiger Kohlenflöze sowie mehrerer Bentonitbänder.

Weitere Bohrungen, über deren Ergebnisse jedoch fast nichts bekannt ist, wurden in Stallhofen (174 m Teufe), in der Mantscha (232 m), im Becken von Rein (180 m), zwischen Pirka und Tobelbad (259 m), bei Eisbach (88 m) und südlich von Eisbach (90 m) niedergebracht (B. GRANIGG 1910, W. PETRASCHECK 1924).

Die Alterseinstufung dieser limnisch-fluviatilen Beckenfüllung ergibt sich durch die Feststellung von marinem Unter-Badenium, welches einerseits südlich der Kainach die Schichten der Bohrung Mooskirchen I überlagert (V. JENISCH unver.; vgl. G. KOPETZKY 1957 : 11), andererseits sich an der Straße südlich von Tobelbad mit

Süßwasserablagerungen verzahnt (für diese Mitteilung bin ich Herrn Dr. K. KOLLMANN, Rohöl-Gewinnungs AG, Wien, zu Dank verbunden). Damit wird es wahrscheinlich, daß die genannte Folge älter als Unter-Badenium ist. Das Vorkommen von Tuff- (Bentonit-) Bändern spricht dafür, daß sie nicht älter als Karpatium ist. Diese Einstufung wird durch den Fund von *Dorcatherium penecke* HOFM. (M. MOTTL 1961, 1970) gestützt.

Obertag scheint diese karpatische Becken-Füllung beiderseits von Stiwill auszubeißen. Es handelt sich dabei um die

Konglomerate von Stiwill (Karpatium)

Sie sind auf den Höhen westlich von Stiwill sehr verbreitet. Die gut gerundeten, meist faustgroßen Gerölle bestehen fast ausschließlich aus paläozoischen Kalken und Dolomiten. Sie werden von einem hellgrauen, mergeligen, fossilereeren Zement verkittet. Vereinzelt treten zwischen den grobbankigen Konglomeratlagen dünne, mergelige Sandsteinbänke auf.

Die Konglomerate sind z. T. stark geklüftet, wobei die Störungen teilweise die Gerölle mit scharfen, glatten Flächen durchreißen. Makro- oder Mikrofossilien wurden bisher keine gefunden, sieht man von den für eine Altersbestimmung unbrauchbaren Fossilfunden in den Geröllen ab. L. WAAGEN 1937 b bezeichnete die Gesteine als „Delta-Konglomerate“ und stufte sie in das Mittel-Miozän ein. Die Konglomerate werden mit Erosions-Diskordanz von (unter ?) — badenischen Süßwasserschichten überlagert. Die Diskordanz zeigt sich in der verschiedenen Höhenlage der Konglomerat-Oberfläche beiderseits des Lieboch-Grabens und wird durch das Auftreten eines Roterde-Horizontes im Hangenden der Konglomerate unterstrichen.

Die Schichten von Naas

Östlich der Mur treten fossilführende Ablagerungen des Karpatiums nur nördlich von Weiz zutage. Sie füllen hier eine in das Grundgebirge einschneidende Rinne. Die erschlossene Basis stellen Grobschotter dar. Sie sind in der Talsohle des Naasgrabens schlecht aufgeschlossen und werden von Roterden und roten Hämatit-Konglomeraten überlagert. Die Gerölle bestehen aus meist kleinen, etwa fingernagelgroßen Schiefer- und Quarzschottern aus dem paläozoischen Grundgebirge.

Den Abschluß der miozänen Folge bilden gelbbraune Lehme und Sande. In sie sind, zeitweilig abgebaute, lignitische Braunkohlenflöze eingeschaltet. Eine von der geologischen Bundesanstalt in Aussicht gestellte palynologische Bearbeitung konnte bisher noch nicht durchgeführt werden.

In den Kohlen fand sich *Mastodon angustidens angustidens* CUV. M. MOTTL 1970 : 27 stufte aufgrund dieses Fundes die Schichten in das Karpatium ein (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 a : 19, M. MOTTL 1970).

VI/2 b. Badenium (Tortonium)

Wichtig für die Gliederung des Badenium ist die Schichtfolge einer in Pirka südlich von Graz abgestoßenen Bohrung (A. PAPP 1953). Sie beginnt über dem in einer Teufe von 255,7 m erreichten Grundgebirge (paläozoische Kalke) mit einer 62,5 m mächtigen Wechsellagerung von glimmerigen, graublauen marinen Tonmergeln und Sanden, sowie fluviatil-limnischen grünlichen Tonen und weißgrauen Süßwassermergeln. Einschaltungen von geringmächtigen Lignit-

flözen sind nicht selten. Wichtig ist ein zwischen 252,1 und 254,3 m erbohrter Bentonit-Horizont.

Sowohl die limnischen als auch die marinen brackischen Schichten lieferten Faunen (A. PAPP 1953 : 223):

Gyraulus aff. *declivis* BRAUN
Pomatias consobrius (SANDBERGER)
Zonites (*Aegopsis*) aff. *algiroides* (REUSS)
Klikia sp.
Melanopsis impressa impressa KRAUS
Pirenella picta melanopsiformis AUINGER
Pirenella picta floriana (HILBER)
Pirenella schauerei eichwaldi (R. HOERNES & AUINGER)
Cerithium (*Thericium*) *turonicum* MAYER
Turritella (*Haustator*) *turris partscbi* ROLLE
Clithon (*Vittocliton*) *pictus nivosus* (BRUSINA)
Arcularia (*Arcularia*) *schönni* (R. HOERNES & AUINGER)
Dosinia (*Orbiculus*) *lupinus austriaca* KAUTSKY
Arcopsis lactea (LINNÉ)
Arca (*Anadara*) *turoniensis* DUJARDIN
Arca sp.
Cardium (*Acanthocardium*) *turonicum turonicum* MAYER
Cardium aff. *praeplicatum* HILBER
Lucina sp.
Ostrea sp.
Modiola sp.
Solen sp.
Rotalia beccarii (LINNÉ)
Nonion commune (ORB.)
Elphidium flexuosum (ORB.)
Robulus cultratus (MONTF.)
Candona similis (REUSS)
Neomonoceratina sp.
Cytheridea paracuminata verrucosa KOLLM.
Falunia aff. *plicatula* (REUSS)
Costa aff. *edwardsi* (ROEMER)
Hemicytheridarium sp. ind.
Aurila sp.
Otolithi div.

Darüber folgt eine 132,3 m mächtige Wechsellagerung von blaugrauen bis grünlichen, teilweise sandigen oder mergeligen Tonen, z. T. groben Sanden bzw. Sandsteinen mit einzelnen Schotterlagen, hellen Süßwasserkalken, bituminösen Schiefen und lignitischen Kohleschmitzen. Zwischen 110,5 und 111,0 m Teufe findet sich ein zweiter Bentonit-Horizont.

Nach A. PAPP 1953 : 222 besteht die Fauna dieser Schichten aus:

<i>Planorbarius thiollieri</i> (MICH.)	<i>Ancylus</i> sp.
<i>Planorbarius</i> sp.	<i>Bulimus</i> sp.
<i>Gyraulus</i> sp.	<i>Zonites</i> sp.
<i>Galba</i> cf. <i>subpalustris</i> (THOM.)	<i>Helicidae</i> indet.

Das Sporen-Spectrum aus einer Teufe von 75 m, welches W. KLAUS 1954 : 178 publizierte, ist durch das zusätzliche Auftreten von *Tsugaepollenites* und einer vermutlichen *Juglandaceae* deutlich von denen des Karpatiums von Köflach-Voitsberg unterschieden.

Den Abschluß der Schichtfolge bilden Schotter und Sande mit geringmächtigen Einschaltungen toniger Lagen.

Aufgrund der Fauna konnte A. PAPP 1953 : 225 eine Einstufung der Schichten in das untere Badenium wahrscheinlich machen. Parallelisiert man die beiden Tuff-Horizonte der Bohrung Pirka mit denen, die von G. KOPETZKY 1957 aus dem Raume südlich des Kainachtales (außerhalb des Kartenblattes) beschrieben wurden, so kommt man zur Vorstellung daß, wie bereits G. KOPETZKY 1957 : 53 vermutet hatte, die höheren, über dem oberen Tuff-Niveau gelegenen und vorwiegend schottrig-sandigen Anteile, aus denen auch das von W. KLAUS 1954 beschriebene Pollen-Spectrum stammt, dem Mittel-Badenium (in der Gliederung von G. KOPETZKY 1957) angehören könnten.

Die Fortsetzung dieser badenischen Folge wurde durch Wasserbohrungen am Gelände der Brauerei Puntigam, die in 202 bzw. 251,5 m Tiefe in Leithakalken endete, in 149 m Tiefe erbohrt (vgl. S. 249, 271).

Die lithologische Gliederung des Badenium in einen tieferen Komplex aus mergeligen, blaugrauen, bisweilen kohlenführenden Tonen und Süßwasserkalken und einen höheren, vorwiegend schottrig-sandigen, läßt sich im Becken von Stallhofen-Stiwoll immer wieder als das Hangende des Karpatium (?) der Bohrungen Söding-Krottendorf feststellen. Es fehlen jedoch nordwestlich etwa der Linie Pirka-Tobelbad-Stainz die marin-brackischen Zwischenlagen und die Folge ist rein limnisch-fluviatil entwickelt.

Der tieferen unterbadenischen Folge gehören die kohleführenden Schichten von St. Oswald, St. Bartholomä, der Mantscha, Thal, Stiwoll, Stallhofen, dem Becken von Rein-Gratwein, St. Stephan (F. UNGER 1850 : 3) und Straßgang an.

Die lignitische Braunkohle von Rein besitzt nach Analysen der Geol. Reichsanstalt 1852 einen Heizwert zwischen 2711 und 2968 Kal., bei einem Schwefelgehalt von 1,09 bis 2,14%, einem Aschengehalt von 10,10% und einem Wassergehalt von 25,4—29,0%.

Die limnische Folge ist in allen diesen Vorkommen mehr oder minder die gleiche. Charakteristisch für sie ist das Auftreten von Tuffen bzw. Bentoniten (St. Oswald, Thal, Stiwoll, Eisbach, Rein, Hundsdorf b. Gratwein). Eine systematische mineralogische Untersuchung dieser vulkanischen Tuffe fehlt. (Analysen Tab. 28).

Am Grundgebirgsrand ist häufig eine Verzahnung dieser Ablagerungen mit Süßwasserkalk-Breccien (Becken von Rein, Becken von Thal) oder mit „Eggenberger Breccien“ (S. 116) festzustellen. Beide Breccien-Typen können miteinander wechsellagern bzw. sich verzahnen (A. HAUSER 1951 : 125). Während erstere das Ergebnis von in Süßwasserseen zur Ablagerung gekommenen Schuttfächern darstellen, sind letztere als ihr festländisches Äquivalent aufzufassen.

Die Fauna der Süßwasserschichten besteht größtenteils aus Gastropoden. Eine modernere Bearbeitung fehlt. W. WENZ 1923—1930 gab von Rein folgende Formen an:

- Pomatias consobrium* (SANDBERGER)
- Pomatias gaali* WENZ
- Ammicola gobanzi* FRAUENFELD
- Radix (Radix) socialis dilata* (NOULET)
- Planorbarius cornu mantelli* (DUNKER)
- Gyraulus (Gyraulus) trochiformis applanatus* (NOULET)
- Segmetia larteti nitiformis* (GOBANZ)
- Pseudoancylus subtilis* (PENECKE)
- Azeca peneckeii* ANDRE
- Vertigo (Ptychhalaea) cf. flexidens* (REUSS)
- Succinea (Amphibama) minima minima* (KLEIN)

Abida subfusiformis (SANDBERGER)
Strobilops (Strobilops) uniplicata plana (CLESSIN)
Acantbimula cf. plicatella (REUSS)
Gastrocopa (Albimula) acuminata acuminata (KLEIN)
Triptychia (Triptychia) grandis (KLEIN)
Poiretia (Palaeoglandina) gracilis porrecta (GOBANZ)
Opeas minuta (KLEIN)
Charpentheria gobanzi (PENECKE)
Goniodiscus (Goniodiscus) cf. lunula stenospira (REUSS)
Oxychilus (Oxychilus) submitens submitens (KLEIN)
Trichia (Leucochroopsis) kleini kleini (KLEIN)
Tropidomphalus (Pseudochloritis) incrassatus standfesti (PENECKE)
Klikia (Klikia) giengensis giengensis (KLEIN)
Klikia (Apula) coarcta coarcta (KLEIN)
Cepaea eversa larteti (BOISSY)

Tab. 28: Analysen miozäner Tuffe der West-Steiermark
Anal.: W. PRODINGER 1960

Probe Nr.:	1	2	3
Gew. %:			
SiO ₂	52,61	64,91	50,52
TiO ₂	0,05	0,28	0,13
Al ₂ O ₃	17,61	13,66	16,73
MnO	sp.	0,06	0,01
FeO	0,49	0,67	0,21
Fe ₂ O ₃	4,32	2,00	3,21
MgO	2,88	0,92	4,22
CaO	2,48	1,79	2,00
K ₂ O	0,79	3,16	0,28
Na ₂ O	0,54	1,40	0,14
H ₂ O—	12,37	4,23	7,06
H ₂ O+	6,16	6,12	15,76
CO ₂	0,06	0,08	0,08
P ₂ O ₅	sp.	—	—
Ges.-S	0,03	0,05	0,02
BaO	0,03	0,09	0,01
Cr ₂ O ₃	sp.	—	sp.
V ₂ O ₃	sp.	—	sp.
ZrO ₂	sp.	0,02	sp.
Cl—	sp.	0,08	0,03
	100,42	99,52	100,41
O f. Cl—	—	0,02	0,01
	100,42	99,50	100,40
si	242	385	238
al	47,8	47,7	46,4
fm	32,3	20,6	42,0
c	15,2	11,4	10,2
alk	4,7	20,3	1,4
k	0,47	0,60	0,60
mg	0,48	0,40	0,71

(Berechnung der Niggli-Werte: H. HÖLLER, Graz.)

Fundpunkte:

1. Bürgerwald nördlich Voitsberg
2. südlich Stiwoll
3. Eisbach bei Rein

Bemerkenswert ist die Übereinstimmung der Tuffe Bürgerwald und Eisbach.

Dazu kommen in den mergeligen Kalken Ostracoden:

Condona (Condonia) sp.
Condonia (Pontonella) sp.
Cylocypris sp.

A. REUSS 1850 gab mit Typus-Lokalität Rein *Cypris similis*, *Cypris elongata* und *Cypris concinna* an.

Weitere Faunenlisten finden sich in den Arbeiten von K. A. PENECKE 1891, V. HILBER 1893, R. HOERNES 1878, E. STANDFEST 1882, F. BENESCH 1913 und J. GOBANZ 1854 von den Lokalitäten Rein, Mantscha, Thal und Plankenwart.

Von verschiedenen Lokalitäten (Rein, Thal, Mantscha, St. Stephan, Straßgang) wurden Pflanzenfunde gemeldet (F. UNGER, 1850, 1852, 1858), die jedoch einer Neubearbeitung bedürfen. V. HILBER 1893 gab auf Grund der damaligen Literatur an:

Culmites anomalus BROGN.
Culmites goepperti MÜNST.
Typhaeloipum lacustre UNG.
Klipsteinia medullaris UNG.

Arundo goepperti HEER
Peuce acerosa UNG.
Nymphaea blandusiae UNG.
Chara rollei UNG.

Die angeführten Faunen stufen die limnisch-fluviatilen Ablagerungen in das Badenium ein. Ihre Verzahnung mit marin-brackischen Sedimenten der Lagunen-Zone in Pirka und Tobelbad, sowie das Auftreten von Tuff-Horizonten innerhalb der beschriebenen Folge, macht eine Einstufung in das untere Badenium sehr wahrscheinlich.

Das Hangende dieser Folge bilden im Becken von Stallhofen Schotter und Sande. Sie greifen nach Westen auf das Becken von Köflach-Voitsberg über und liegen hier mit einer Erosions- (und Winkel ?-) Diskordanz über den karpatischen kohlenführenden Ablagerungen.

Da über dem Zangtal-Flöz und unter den diskordant darüberliegenden Schottern noch etwa 10 bis 15 m mächtige, tonig-sandige Ablagerungen liegen, besteht die Möglichkeit, daß diese ein Äquivalent der unter-badenischen, limnisch-fluviatilen Folge des Beckens von Stallhofen sind. Ist dies jedoch nicht der Fall, und gehören diese hangendsten Tone noch dem Karpatium an, dann würde den unter-badenischen Sedimenten des Beckens von Stallhofen eine Schichtlücke im Köflach-Voitsberger Becken entsprechen.

Während diese Hangend-Folge grundgebirgsnahe aus meist groben Kristallin-Schottern besteht („Eckwirt-Schotter“, H. FLÜGEL 1959 a : A 20), nimmt gegen das Becken zu die Korngröße ab, so daß es hier zur Ausbildung schotteruntermengter, grobkörniger Kristallin-Sande bis -Kiese kommt. Ihre Korngröße zeigt Abb. 1 (Nr. 45, 65, 68). Die Schotter sind meist stark zersetzt und liegen in Form von Gesteinsleichen vor.

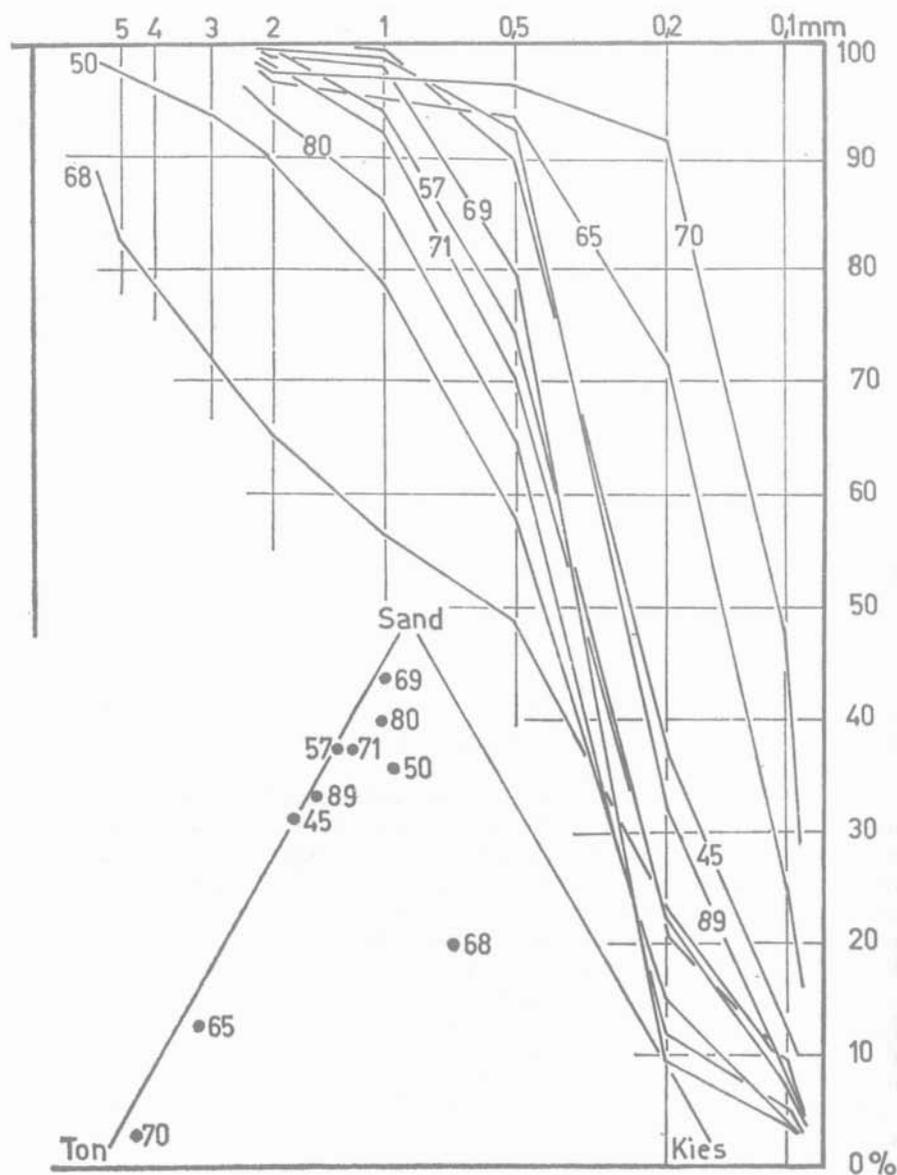


Abb. 1.: Korngrößenverteilung von Sanden und Kiesen aus dem Becken von Thal-Mantscha (Badenium/Sarmatium)

45: bei Köberl in der Mantscha; 50: bei Waldhof; 57: bei Waldhof; 65: bei Haslau; 68: bei Linak im Becken von Thal; 69: südlich Steinberg; 70: südlich Steinberg; 71: Kogelwald im Becken von Thal; 80: Wolfsgrube im Becken von Thal; 89: Waldsdorf im Becken von Thal.

Auffallend ist ein basaler, etwa 10 m mächtiger Horizont mit einer reichlichen Führung von gut gerundeten Kalkgeröllen. Er zeigt teilweise eine konglomeratische Verkittung und konnte in Zangtal (A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b : 1), Stiwill (V. MAURIN & H. FLÜGEL 1958 : 225), Eisbach, Gratwein (H. FLÜGEL 1959 a : A 19) und Gratkorn (H. FLÜGEL 1958 b : 208) aufgefunden werden. Neben paläozoischen Geröllen (Kalke, Quarzite, Porphyroide, Kieselschiefer, Grüngesteine) finden sich solche mit mesozoischem Habitus (rote Buntsandsteine, Kalke). Charakteristisch sind jedoch meist gelblich gefärbte, fossilführende Eozän-Gerölle (Best. erfolgte in dankenswerter Weise durch Herrn Prof. Dr. A. PAPP, Wien). A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b : 2 führte daraus zahlreiche Fossilien an. Die Herkunft dieser auf einer Strecke von über 15 km längs des Grundgebirgsrandes festgestellten Obereozän-Gerölle ist unklar.

A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b : 2 brachte sie in Verbindung mit den ebenfalls Eozän-Geröll-führenden Schottern des Annaberges von Leoben bzw. von St. Michael. (Auch bei Bruck a. d. Mur sollen nach A. WINKLER v. HERMADEN 1950 : 273 Eozän-gerölle vorkommen.) Eine derartige Beziehung anzunehmen ist naheliegend, stößt jedoch auf einige stratigraphische Schwierigkeiten, da die Eozän-geröll-Schotter von Leoben von fossilführenden karpatischen Sandsteinen überlagert werden, während die Schotter zwischen Zangtal und Gratkorn über unterbadensischen, fossilführenden Schichten liegen.

Gegen oben zu nimmt der Kalkanteil in den Schottern rasch ab und es entwickeln sich reine Kristallinschotter mit Quarz-, Glimmerschiefer-, Gneis-, Turmalinpegmatit- und Aplitgeröllen. Auffallend ist die starke Zersetzung der Kristallingerölle, während die Kalkgerölle kaum Spuren einer Verwitterung zeigen. Mit den Schottern wechsellagernd finden sich glimmerreiche Sande.

Zwischen Lobmingberg und Stallhofen, bzw. Oberdorf finden sich als Einschaltung in dieser Schotter-Folge bis zu fünf Meter mächtige vulkanische Tuffe (W. PETRASCHECK 1955, V. MAURIN 1959).

Nach P. PAULITSCH 1953 : 170 besteht der weißgraue Tuff von Stiwill (V. MAURIN & H. FLÜGEL 1958 : 225) aus Montmorillonit, Quarz und Biotit, der schon mit freiem Auge erkennbar ist. Tab. 28 zeigt den Chemismus der Gesteine.

Mit den Tuffen wechsellagern graugrüne Sande und Tone. Sie lieferten (V. MAURIN 1959 : A 41):

Cepaea sp.
Pomatias gaali WENZ
Celtis lacunosa (REUSS)

Diese Fauna, mehr noch das Auftreten mächtiger Tuffe innerhalb dieser Schotter-Folge etwa 180 m über dem Zangtal-Flöz, spricht für eine Einstufung in das Badenium. Da nach K. KOLLMANN 1960 b die höchsten miozänen Tuffe im steirischen Becken im Unter-Badenium auftreten, wird man auch die Schotter-Folge dem Unter-Badenium zurechnen müssen.

1893 : 339 stufte V. HILBER ohne nähere Begründung diese Schotter-Folge in das Pliozän („Belvedere-Schichten“) ein, während sie vorher von D. STUR 1865 : 593 als eine miozäne Ablagerung („Leitha-Schotter“) aufgefaßt worden war. Obwohl W. PETRASCHECK 1925 : 216, 1937 : 184 diese Bildungen erneut als praesarmatisch bezeichnet hatte und A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b : 2 den Hangendschottern von Zangtal ein miozänes Alter zuwies, findet man noch in den neuesten Karten dieses Raumes die Schotter in das Pannonium eingestuft. Es liegen jedoch dafür keinerlei faunistische Hinweise vor.

Eggenberger Breccie und Roterde

An zahlreichen Stellen des Grazer Paläozoikums verkleiden neogene Gehängebreccien, die R. HOERNES 1880 „Eggenberger Breccie“ bezeichnete, den Untergrund.

Sie sind durch ein meist ziegelfarbenes bis rötlichgelbes, vorwiegend kalkiges Bindemittel ausgezeichnet (J. HANSELMAYER 1955 d). In ihm sind zumeist eckige bis splittrige, nur wenig kantengerundete Kalk- und Dolomitbruchstücke eingebettet. Die Größe dieser Gesteinstrümmer schwankt zwischen Blockgröße (bis über einen Meter Durchmesser) und Sandkörnung, die dann Bestandteil der „Grundmasse“ wird. Vereinzelt finden sich auch Schieferbrocken als Teil der Breccie.

Eine Schichtung fehlt meist oder ist nur sehr schlecht ausgebildet. Wie ihre Lagerung zeigt, handelt es sich um neogene Hangschutt-Bildungen, bzw. um Füllungen älterer Rinnen (z. B. Stattegg) (E. CLAR 1935 c : 279).

Die Alterseinstufung dieser Breccie ist auch heute noch nicht völlig geklärt, was damit zusammenhängen mag, daß sich unter dem Begriff „Eggenberger Breccie“ altersverschiedene Gehängeschutt-Bildungen verbergen dürften. Während sie in der älteren Literatur z. T. für eine pleistozäne Bildung (F. HERITSCH 1921, J. SÖLCH 1917, E. CLAR etc. 1929), z. T. für eine tertiäre Ablagerung (F. BENESCH 1913, F. HERITSCH 1915 d) gehalten wurde, konnte E. CLAR 1935 c ihr tertiäres Alter beweisen. Er stellte sie, ebenso wie A. HAUSER 1951, H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 a, H. MOSTLER 1958 bzw. W. RÖSSLER 1958 in das Miozän, während A. WINKLER-HERMADEN 1957 in ihr eine intrapannonische Bildung sah. Wir müssen heute sagen, daß sowohl für ein miozänes Alter, als auch für ein pliozänes Hinweise gegeben sind.

Für ein miozänes Alter spricht das Auftreten von Tuffen bzw. Bentoniten in den mit den Breccien in engster Verbindung stehenden Roterden bei Eisbach (H. FLÜGEL 1959 a : A 20), die Überlagerung der Eggenberger Breccie durch Tuffe, die nunmehr an vier Stellen festgestellt werden konnte (Hart b. Rein, A. HAUSER 1951 : 125, Klösterl b. Rein, H. FLÜGEL 1959 a : A 20, Stiwill, V. MAURIN & H. FLÜGEL 1958 : 225, Passail, H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 a : 20). Weiters spricht für ein derartiges Alter die Unterlagerung der karpatischen Folge von Köflach-Voitsberg durch Roterden (V. MAURIN 1959 : A 41), die als altersgleiche Bildungen zur Eggenberger Breccie betrachtet werden müssen, die Verknüpfung von Eggenberger Breccien und Süßwasserkalk-Breccien (Thal, Rein) bzw. von Eggenberger Breccien und Konglomeraten im Becken von Passail (E. CLAR 1935 c : 286), sowie der Fund eines verkieselten Restes von *Taxodioxylon sequoianum* GOTHAN (H. MOSTLER 1958, W. RÖSSLER 1958) in den Breccien von Stattegg, der jedoch kein völlig sicherer, zeitlicher Hinweis ist. Diese Tatsachen lassen sich bei einer zeitlichen Einstufung der Eggenberger Breccie in das Karpatium bis Unter-Badenium zwanglos erklären.

M. MOTTL 1970 : 60 gibt andererseits aus dieser Breccie vom Rohrerberg b. Stattegg den Fund von

Mastodon longirostris KAUP

an, welcher für pannonisches Alter sprechen würde. Vermutlich verbergen sich daher unter dem Begriff „Eggenberger Breccie“ altersverschiedene Bildungen.

Als eine altersgleiche Bildung werden die in gleicher Position liegenden, teilweise sehr mächtigen Roterden und Rotlehme betrachtet. Sie verzahnen sich teilweise mit den Eggenberger Breccien (Passail, Rein, Plabutsch, Köflach). In Eisbach fand sich in ihnen ein Bentonit-Horizont. In Stiwill trennen sie die basalen karpatischen (?) Konglomerate von der höheren, mit Tuffen und Eozängerköllführenden Konglomeraten verknüpften, badenischen Folge. Einen Überblick über den Chemismus der Roterden gibt Tab. 29, wobei in diese Übersicht auch

jüngere Roterden bzw. Kluftlehme aufgenommen wurden, die wohl frühpleistozänes Alter besitzen dürften.

Tab. 29: Chemische Analysen von neogenen und pleistozänen Roterden

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6
Gew. %:						
SiO ₂	53,61	38,00	40,09	34,56	33,08	28,90
TiO ₂	2,38	1,23	1,29	1,02	0,99	0,75
Al ₂ O ₃	18,29	25,22	23,57	26,28	28,01	16,10
Fe ₂ O ₃	9,42	17,53	12,40	12,99	11,00	30,05
FeO	—	0,27	—	—	1,06	0,51
MnO	0,22	sp.	0,10	—	0,15	0,36
MgO	1,14	1,31	1,78	1,12	1,75	3,96
CaO	1,56	2,07	3,89	5,80	3,84	2,06
Na ₂ O	0,97	0,58	0,63	0,42	0,54	0,08
K ₂ O	2,34	2,99	4,30	3,25	0,82	1,81
CO ₂	1,80	2,35	2,82	3,66	1,41	—
P ₂ O ₅	0,07	sp.	0,10	0,70	—	1,50
H ₂ O	8,14	9,45	8,75	10,15	17,73	13,16 (Glühv.)
	99,94	101,00	99,72	99,95	100,38	99,24

1. Schloßberg, F. ANGEL 1954; 2. Höhlenlehm im Fladerer Steinbruch, Weiz, H. HÜBL 1941; 3. Höhlenlehm der Drachenhöhle bei Mixnitz, F. MACHATSCHKI 1929; 4. Kluftlehm der Drachenhöhle bei Mixnitz, F. MACHATSCHKI 1929; 5. Kluftlehm Schöckel-Osthang, A. ALKER 1953, 6. Stadthof b. Birkfeld, H. WIESENEDER & S. SCHABERT 1971.

(In der Karte wurden irrtümlich die Roterden auf der Verebnung von Kalkleitenmöstl am Schöckel als Miozän ausgeschieden. Es handelt sich jedoch um jüngere Bildungen des Astium-Piazentium.)

Im Zusammenhang mit dieser miozänen Roterde-Bildung dürften auch die starken Verkarstungserscheinungen stehen, die z. B. westlich des Steinkellner Kogels im Liegenden der Eckwirtschotter in den paläozoischen Dolomiten und Kalken in Form tiefer Schlote, die mit Roterden und Breccien verfüllt sind, beobachtet werden können. Auf diese miozäne Verkarstung haben u. a. H. PASCHINGER 1965 und J. ZÖTL 1964 hingewiesen (vgl. S. 228).

Mit dieser Roterdebildung in Zusammenhang könnten vielleicht einige Limonit-Manganvererzungen im Grazer Bergland stehen.

Innerhalb der den Schöckelkalk des Landschakogels bei Weiz überlagernden phyllitischen Tonschieferfolge, sowie an der Grenzfläche beider finden sich knollige Konkretionen und traubige Überzüge der Gesteine durch Limonit. Der Manganengehalt wechselt von 0,2 bis 7,0 %. Die Konkretionen schließen zumeist einen Kalkkern ein und gehen gegen außen in eine dunkelbraune bis schwarzblaue manganreiche Kruste über. Seltener finden sich reine Manganerze (Wad, Psilomelan). Einschlüsse von Glimmerschüppchen, Kalk- oder Quarzkörnern sind nicht selten. Den Chemismus zeigt Tab. 30. F. SCHWARZ 1930: 104 nahm an, daß das Eisen aus den phyllitischen Schiefen durch die Einwirkung einsickernder Wässer gelöst wurde und später als Eisenhydrogel ausgefällt wurde.

Einem ähnlichen Typus gehört vermutlich die Limonitvererzung des Buchkogels an, die, Karstlöcher füllend, teilweise abgebaut wurde.

Es sei hier auch auf die von R. HOERNES 1882 beschriebene Limonit-Vererzung im Raume des Zösenbergs hingewiesen. Es handelt sich um Limonitkon-

ktionen, die in Lehmen, welche den Schöckelkalk überlagern, auftreten. Vermutlich stellen sie Rasen-Eisenerzbildungen dar.

Tab. 30: Chemische Analysen sed. Fe-Mn-Erze

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6
Gew. %:						
SiO ₂	20,65	19,4	25,9	—	1,65	58,10
Al ₂ O ₃	nb	nb	4,33	3,0	0,43	0,85
Fe ₂ O ₃	32,60	17,6	53,72	19,6	85,95	33,81
Mn ₂ O ₃	—	10,5	4,10	10,1	—	—
MnO	2,55	—	—	—	0,17	1,54
CaO	nb	nb	1,16	nb	0,75	1,40
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—
MgO	nb	nb	0,34	nb	—	—
S	—	—	—	—	0,012	0,0085
H ₂ O	—	—	—	—	1,13	1,09
Gvl.	23,83	10,9	17,28	26,2	11,70	4,79
			106,83		101,792	101,5885

1. Toneisensteinschiefer, Ameisgraben
2. Brauneisenerz, Gehänge St. Jakob
3. Toneisenstein Raffler
4. Manganerz Heuberggraben

} Anal.: E. CLAR 1929 c : 154

5. Landschakogel
6. Landschakogel

} Anal.: F. SCHWARZ 1930 : 105

Grobschotter des Feistritztales

Beiderseits des Feistritztales stehen zwischen Ober-Feistritz und Waisenegg ausgedehnte und mächtige Grobschotter an. Die Gerölle erreichen stellenweise mehrere m³ Größe. Es handelt sich durchwegs um Kristallinmaterial (Weißsteine, Granite, Grogneise, Quarz, Pegmatite usw.)

H. WIESENER & S. SCHABERT 1971 : 54 haben auf das rote, lehmige Bindemittel der Grobschotter bei Birkfeld hingewiesen (vgl. Tab. 28).

In der Bohrung von Glatzenberg (B. GRANIG 1910 : 51) wurden diese Schotter in einer Teufe von 306—363 m über dem Grundgebirge unter einer kohleführenden Folge angetroffen. Die weiter südlich gelegene Bohrung Etzersdorf traf diese Schotter in einer Teufe von 209 m unter sarmatischen Kalksandsteinen und Kalken und verblieb bis zur Erreichung des Grundgebirges in 366,5 m Teufe in ihnen.

Im Liegenden dieses Grobschotter-Zuges finden sich nach R. SCHWINNER 1935 : 78 im Graben unter dem Gemeindeamt von Piregg westlich Birkfeld Tone mit Einschaltungen lignitischer Braunkohlen, auf die ein lokaler Abbau umging.

Von A. KUNTSCHNIG 1927 : 110 wurden die dieser Folge angehörenden Grobschotter von Trog mit den miozänen Sinnersdorfer Konglomeraten verglichen. Demgegenüber vermuteten R. SCHWINNER 1935, H. HÜBL 1942 d und A. WINKLER-HERMADEN 1957 in den Schottern eine pliozäne Bildung. H. FLÜGEL & V. MAURIN 1958 deuteten die Ablagerungen erneut als eine miozäne (karpatisch-badenische) Rinnenfüllung. Hierfür war in erster Linie das fensterartige Auftauchen dieser Schotter unter den sarmatischen (?) Schichten von Hohenilz und unter den sarmatischen Kalken in der Bohrung Etzersdorf maßgebend. Es liegt nahe, diese Folge mit den Hangend-Schottern von Ratten zu verbinden, die von H. P. CORNELIUS 1938 : 133 zusammen mit den Hangend-schottern des Mürztales an die Basis des Badenium gestellt wurden. Wir kämen damit zur

Vorstellung einer aus dem Raume der Fischbacher Alpen gegen Süden ziehenden, vermutlich tief-badenischen Schotterrinne als Ausdruck einer in diese Richtung entwässernden „Ur-Feistritz“.

Diese starke Belegung der Erosion würde zusammenfallen mit der Bildung der ausgedehnten, ebenfalls tief-badenischen Schotterdecken („Eckwirt-Schotter“) zwischen Köflach und Gratkorn. Sie könnte in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden mit einem, in Verbindung mit der steirischen Phase stehenden Aufsteigen von Stubalm, Gleinalm, Rennfeld, Fischbacher Alpe.

Süßwasserkalke von Hart-Puch

Westlich von Hart konnten geringmächtige, erdige, weißlich-gelbe Süßwasserkalke ausgeschieden werden. Sie führen:

Triptychia sp.
Cepaea sp.
Pomatias sp.

wodurch ihr miozänes Alter erwiesen ist. Im Hangenden gehen sie in Süßwasserkonglomerate über, die sich mit Roterden verzahnen.

Das Hangende dieser Folge bilden die Feinkiese und Sande von Hohenilz (Sarmatium?).

VI/2 d. Sarmatium

Im Bereiche des Kartenblattes konnten bisher nur die Zonen des *Elphidium reginum* (tieferes älteres Sarmatium von A. PAPP 1954) und des *Nonion granosum* (jüngeres Sarmatium von A. PAPP 1954) durch Faunen nachgewiesen werden.

Während das Ältere Sarmatium (Waldhof-Schichten) keine weitere Untergliederung gestattete, konnte im jüngeren Sarmatium eine tiefere, brackische, in der Karte gesondert ausgeschiedene (Gleisdorf-Schichten) und eine höhere, lim-

Tab. 31: Gliederung des Sarmatiums

Wiener Becken nach A. PAPP 1954			Steirisches Becken		
			Ablagerungen	Flächen-Reste nach A. WINKLER- HERMADEN 1957	
<i>Nonion granosum</i>	Jüngeres	Verarmungszone	Unterer Kohle- f. Sch. v. Weiz Gleisdorf-Sch.	Kor-Niveau 2	Ober- Mittel- Unter- Sarmat
		Mactra-Schichten			
<i>Elph. bauerianum</i>	Sarmatium	Cerithien-Sande		?	
		Ervilien-Tegel			
<i>Elph. reginum</i>	Älteres	Rissoen-Schichten	Waldhof-Schicht.		

nische Folge (Untere kohlenführende Schichten von Weiz) auseinandergehalten werden. Sie wurde in der Karte mit den Waldhof-Schichten als „Sarmat im allgemeinen“ ausgeschieden.

Die Waldhof-Schichten sind in ihrer typischen Ausbildung in den steilen Gräben westlich von Waldhof (Straße Graz-Steinberg) aufgeschlossen. Sie bestehen hier aus hell- bis dunkelolivgrünen Tonen und Tonmergeln, die mit grauen Sanden und Feinkieslagen wechseln und sich mit Schotter-untermengten Sanden verzahnen. In den Tonen finden sich auch schmale kohlige Schmitzen.

Die als Farbstoffträger zeitweilig abgebaute Grünerde wurde von H. BLÜMEL 1951 : 33 untersucht. Sie besteht aus einem Karbonat-Quarz-Feldspat-(Oligoklas-Albit-, Mikroklin-)Gemenge mit Epidot, Klinozoisit, Hornblende, Dravit, Granat, Rutil und Zirkon als Schwerminerale. Auffallend ist der hohe Glaukonit-Gehalt, der die Färbung des Gesteins hervorruft. In den feinen Fraktionen tritt Montmorillonit auf. Korngrößen:

0,2— 1 mm	0,02—0,2 mm	0,002—0,02 mm	unter 0,002 mm
1%	57,2%	34,7%	7,1%

Eine chemische Analyse des Gesteins findet sich bei H. BLÜMEL 1951 : 36.

W. PETRASCHECK 1955: 34 gab von hier auch das Auftreten von Bentonitlagen an, die jedoch nicht wiedergefunden werden konnten.

Die von V. HILBER 1896, M. GLAESSNER 1928, A. PAPP 1954, 1956, W. WENZ 1923 etc. beschriebenen Faunen weisen diese Schichten der Zone des *Elphidium reginum* zu, was in Übereinstimmung mit der Mikrofauna steht.

- Ocinebrina sublavata sublavata* (BAST.)
- Cerithium (Tbericium) rubiginosum* EICHW.
- Pirenella picta picta* (DEFR.)
- Pirenella picta mitralis* (EICHW.)
- Pirenella picta floriana* (HILBER)
- Pirenella disjuncta disjuncta* (SOW.)
- Terebralia lignitarum pauli* (R. HÖRN.)
- Calliostoma (Calliostoma) styriaca* (HILBER)
- Calliostoma (Calliostoma) peneckeii* (HILBER)
- Calliostoma (Calliostoma) guttenbergi* (HILBER)
- Pseudammicola (Staja) immutata* (HÖRN.)
- Hydrobia (Hydrobia) stagnalis andrusowi* HILBER
- Hydrobia (Hydrobia) frauenfeldi suturata* (FUCHS)
- Gibbula (Colliculus) affinis* (EICHW.)
- Mobrensternia hydroboides* HILBER
- Mobrensternia inflata* (ANDRZ.)
- Mobrensternia angulata* (EICHW.)
- Mobrensternia styriaca* HILBER
- Mobrensternia banatica* JEK.
- Mobrensternia sarmatica* FBG.
- Mobrensternia cf. pseudoangulata politioanei* JEK.
- Clithon (Vittoclithon) pictus pictus* (FER.)
- Acteocina (Acteocina) lajonkaireana lajonkaireana* (BAST).
- Rissoa soceni* JEK.
- Dorsanum (Dorsanum) duplicatum duplicatum* (SOW.)
- Mactra (Mactra) vitaliana eichwaldi* LASK.
- Syndosmya reflexa* (EICHW.)
- „*Ervilia cf. miopusilla*“ BOGSCH
- Gastrana fragilis fragilis* (LINNÉ)
- Irus (Paphirus) gregarius gregarius* (PARTSCH)
- Cardium vindobonense* (PARTSCH)
- Cardium pseudoplicatum* FRIEDB.
- Cardium janoscheki* PAPP
- Cardium latisulcum* MÜNSTER
- Modiolus (Modiolus) incrassatus incrassatus* (ORB.)
- Musculus (Musculus) sarmaticus* (GATUEV)
- Gryphaea (Crassostrea) gingensis sarmatica* (FUCHS)

Abra reflexa (EICHW.)
Pholas cf. dujardini FRIEDB.
Mioplax socialis BITNER
Elphidium macellum F. & M.
Elphidium macellum aculeatum SILV.
Elphidium flexuosum (ORB.)
Elphidium rugosum (ORB.)
Rotalia beccarii (LINNÉ)
Nonion aff. ornatissimum CUSHM.
Milioliden
Cytheridea hungarica ZALÁNYI
Haplocytheridea dacica dacica (HÉJJAS)
Leptocythera sp. (ähnlich *L. parallela* MÉHES)
Callistocythere sp.
Loxoconcha sp.
Xestoleberis sp.

Im Becken von Thal verzahnen sich diese Schichten mit weißen fossilführenden untersarmatischen (Faunen det. Prof. Dr. A. PAPP) Kalken. Nach A. NEPPÉL 1939 : 57 dürfte die Gesamtmächtigkeit dieser Kalkbänke höchstens vier bis fünf Meter betragen. Sie gehen örtlich in Kalk-Sandsteine über.

Bezüglich des Unter-Sarmatiums von Puntigam vgl. S. 272.

Östlich der Mur gehören diesen Schichten die grünlichen, teilweise Kohlen-schmitzen führenden Tone des Pailgrabens (E. CLAR 1938) und der Ziegelei Neustift bei Andritz (H. FLÜGEL 1958 a) an.

Die Gleisdorf-Schichten treten in ihrer typischen Ausbildung ober-tags im Bereich des Kartenblattes im Ilzbach-Tal östlich bzw. nordöstlich von Gleisdorf auf. Westlich der Mur sind sie nicht bekannt.

Nach H. HÜBL 1942 f : 455 beginnen sie mit einer Wechsellagerung von blauen, sandigen Tönen, grauen Feinsanden und Mergellagen.

Eine artesische Bohrung beim Schulhaus in Preßgut (etwas außerhalb des Kartenblattes) lieferte aus dieser Serie in 75 m Tiefe *Rotalia beccarii* (L.) und *Nonion granosum* (ORB.).

Gegen das Hangende zu nimmt der Karbonat-Gehalt zu, wodurch es zur Bildung bis zu zwei Meter mächtiger, weißlichgelber Kalke kommt. Ihre Liegend-partien sind zumeist hart, graugelb, dicht und etwas tonig verunreinigt, während die höheren Anteile als Oolithkalk ausgebildet sind. Die Kalke führen oft reichlich Fossilreste (V. HILBER 1893, O. HOHL 1927, H. HÜBL 1942 f). Sie stufen die Schichten in die *Nonion granosum*-Zone ein.

Dorsanum (Dorsanum) duplicatum duplicatum (SOW.)
Cerithium (Thercium) rubiginosum rubiginosum EICHW.
Pirenella cf. picta picta (DEFR.)
Pirenella picta mitralis (EICHW.)
Calliostoma (Astele) podolicoforme podolicoforme (KOLESN.)
Calliostoma (Astele) poppelacki (PARTSCH)
Calliostoma (Calliostoma) podolicum (DUB.)
Gibbula (Colliculus) boernesii (JEK.)
Hydrobia (Hydrobia) frauenfeldi frauenfeldi (HOERN.)
Acteocina (Acteocina) lajonkareana lajonkareana (BAST.)
Musculus (Musculus) sarmaticus (GATUEV)
Irus (Paphirus) gregarius gregarius (PARTSCH)
Ervilia dissita podolica (EICHW.)
Gryphaea (Crassostrea) gingensis gingensis (SCHLOTH.)
Gryphaea (Crassostrea) gryphoides crassissima (LM.)
Donax (Paradonax) lucidus EICHW.
Solen (Solen) subfragilis EICHW.
Otolithi sp.

Rotalia beccarii (LINNÉ)
Nonion granosum (ORB.)
Nonion granosum depressula W. & J.
Quinqueloculina subrotundata MTG.
Quinqueloculina seminulum L.
Quinqueloculina lucida KARR.
Elphidium striatopunctata (BRADY)
Elphidium minutum (REUSS)
Elphidium macellum (F. & M.)
Elphidium rugosum (ORB.)
Aurila notata (REUSS)
Miocyprideis janoscheki KOLLMANN
Callistocythere sp.
Xestoleberis sp.
Dimotherium levius JOURD.
Typha cf. latissima ETT.
Betula sp.
Acer sp.

Die Kalke fanden früher vor allem als Bausteine Verwendung. Heute sind die alten Brüche meistens verwachsen (A. HAUSER & H. URREGG 1950 a).

Als Schwerminerale treten nach H. HÜBL 1942 f in den Kalken Granat, Epidot, Zirkon, Turmalin, Hornblende, Chlorit, Zoisit und Biotit auf. Weiters finden sich Quarz, Muskovit und Feldspäte (meist Albit). Sie bilden oft die Zentralkörper der Ooide.

Über den Kalkbänken liegen Feinsande mit Mergelkonkretionen und graublau, pflanzenführende Tone.

Im Raume von Gleisdorf folgen über den durch die artesischen Brunnen erfaßten Kalken (A. WINKLER v. HERMADEN & W. RITTLER 1949 : 65) blaugrüne Tone, tonig-glimmrige Feinsande und einzelne Feinschotterlagen. Sie werden in einigen Sandgruben abgebaut. Die Zuordnung dieser Schichten zum Sarmatium erfolgte erst in jüngster Zeit auf Grund der Untersuchungen von K. KOLLMANN 1960 a : 105.

Bereits O. HOHL 1927 hatte die Vermutung ausgesprochen, daß diese Schichten noch ein sarmatisches Alter besitzen, während H. HÜBL 1942 d, in dieser sehr fossilarmen Folge bereits ein tieferes Pannonium sah.

Nach K. KOLLMANN 1965 gehören auch die Schichten beiderseits des Raab-Tales nördlich von Gleisdorf entgegen der Kartendarstellung dem Sarmatium an.

Die tonig-sandige Folge im Hangenden der Sarmat-Kalke stellt ein zeitliches Äquivalent der Unteren kohleführenden Schichten von Weiz dar. Wie die Bohrung Etzersdorf südöstlich von Weiz (B. GRANIGG 1910 : 51) zeigte, folgen hier über den Kalken blaue bituminöse Tone mit einzelnen Lignitflözen. Sie wurden zeitweilig in Busental abgebaut, wo sie in einer Teufe von über 80 m in mehreren, teilweise bis zu vier Meter mächtigen Flözen erschlossen wurden. Die graublauen Tone des Zwischenmittels lieferten hier:

<i>Pirenella picta picta</i> (EICHW.)	<i>Nonion granosum</i> (ORB.)
<i>Cardium politioanei politioanei</i> JEKELIUS	<i>Quinqueloculina</i> sp.
<i>Rotalia beccarii</i> (LINNÉ)	

In der Kohle fanden sich:

<i>Tsugapollenites ingniculis</i>	<i>Taxodipollites</i> sp.
<i>Sciadopityspollites serratus</i>	<i>Quercoipollites microhenrici</i>
<i>Piceapollites</i> sp.	<i>Alanspollenites</i> sp.
<i>Abiespollites</i> sp.	<i>Caryapollenites</i> sp.
<i>Pinuspollites slatus</i>	<i>Betuloipollenites</i> sp.
<i>Pinuspollites labdacus</i>	<i>Osmundasporites primarius</i>

Die Fortsetzung dieses höher-sarmatischen Niveaus findet sich in der Bohrung Krottendorf, die über Tonen mit *Dorsanum (Dorsanum) duplicatum duplicatum* (SOW.) Tegeln mit Kohlenflözen erschloß (B. GRANIGG 1910), ferner in der Bohrung Tannhausen (A. WINKLER v. HERMADEN & W. RITTLER 1949), die bis in 80 m Tiefe eine Wechselfolge von blauem Sand, Ton und Kohlenflözen aufschloß, sowie in den Bohrungen Hofbauerteich (über 113 m tief) und Wünschbauer (über 87 m tief), die beide mehrere, teilweise bis zu drei Meter mächtige Flöze mit Tonen und Sandsteinen wechsellagernd führen.

Die Obergrenze dieser Schichten stellen nach A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b die liegenden Lignitflöze von Klein-Semmering dar. Sie werden von Tegeln und Mergeln überlagert, die von A. WINKLER v. HERMADEN aufgrund des Auftretens von *Melanopsis impressa* KRAUSS ? bereits dem tiefsten Pannonium zugerechnet werden.

Ebenfalls dem jüngeren Sarmatium gehören die kohlenführenden Schichten von Oberdorf bei Weiz an. Sie stellen eine Folge graublauer Tone und Tonmergel, in die zwei Flöze eingeschaltet sind, dar. Die reiche Gastropoden-Fauna wurde von A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b : 4 bekannt gemacht:

- Palaina martensi* ANDR.
- Craspedopoma leptopomoides* REUSS
- Annicola gobanzi* WENZ
- Bythinia* sp.
- Carychium sandbergeri* HANDMANN
- Physa* sp.
- Lymnaea* sp.
- Planorbis cornu* BROGN.
- Anisus guerichi* ANDR.
- Vertilla pusilla mödlingensis* WENZ & EDLAUER
- Ratinella* sp.
- Aghardia* sp.
- Gastrocopta (Sinalbinula) nouletiana* (DUPUY)
- Gastrocopta (Gastrocopta) edlaueri* (WENZ)
- Acanthinula tuchoricensis* KLIK.
- Strobilops costata* CLESS
- Triptychia* sp.
- Clausilia* sp.
- Goniodiscus pleurada* (BGT.)
- Vitrea* sp.
- Omphalosagda conica*
- Limax* sp.
- Galactochilus silesiacus* (ANDR.)

Weiter westlich dürften die Kohlenvorkommen von Kumberg, Niederschöckel und Wenisbuch noch dem jüngsten Sarmatium zuzurechnen sein.

Sieht man von den in der Bucht von Niederschöckel auftretenden basalen karpatisch/badenischen Roterden ab, so beginnt hier das Neogen mit einer Wechsellagerung von grünlichen bis graublauen Tonen, Feinsanden, bituminösen, teilweise mergeligen Tonen, Mergeln und lignitischen Weich-Braunkohlen; letztere wurden teilweise abgebaut. Die Flöze sind nur selten mehr als einen Meter mächtig.

Tab. 32: Sarmatische Kohlen

	C	H	O	N	S	H ₂ O	Asche	Kalorien
Klein-Semmering						40,9	4,3	4201
Oberdorf b. Weiz	44,3	3,7	18,2	0,8	2,1	19,3	13,7	4168
Weinitzen	32,2	2,5		12,6	2,4	33,8	17,5	2635
Busental						38,2	11,8	3326

Abgesehen von nicht näher bestimmbareren Gastropoden-Resten (*Helix* sp., *Planorbis* sp.) wurden zahlreiche Pflanzenreste aus diesen Schichten bekanntgemacht (C. ETTINGSHAUSEN 1893, V. HILBER 1893, F. UNGER 1849, 1850):

<i>Aspidium lethaeum</i> UNGER	<i>Betula plurinervis</i> ETT.
<i>Pteris oeningensis</i> UNGER	<i>Betula macrophylla</i>
<i>Glyptostrobus europaeus</i> (BRONGN.) HEER	<i>Quercus simonyi</i> ETT.
<i>Typha latissima</i> BRAUN	<i>Quercus</i> sp.
<i>Potamogeton styriacus</i> KROLL	<i>Planera ungeri</i> ETT.
<i>Potamogeton morloti</i> UNGER	<i>Dryandra vindobonensis</i> ETT.
<i>Potamogeton</i> sp.	<i>Platanus aceroides</i> GOEPP.
<i>Sparganium latum</i> WEBER	<i>Liquidambar europaeum</i> BRAUN
<i>Sparganium acheronticum</i> UNGER	<i>Ulmus brauni</i> HEER
<i>Arundo goepperti</i> HEER	<i>Ulmus longifolia</i> UNGER
<i>Phragmites oeningensis</i> BRAUN	<i>Acer trilobatum</i> (STERNB.) BRAUN
<i>Musophyllum</i> sp.	<i>Acer giganteum</i> GOEPP.
<i>Gradenia wetzleri</i> HEER	<i>Acer</i> sp.
<i>Cannophyllites antiquus</i> UNGER	<i>Ficus multinervis</i> HEER
<i>Salix hilberi</i> ETT.	<i>Ficus tiliaefolia</i> BRAUN
<i>Salix varians</i> GOEPP.	<i>Ficus serrulata</i> ETT.
<i>Salix</i> sp.	<i>Ficus gigas</i> ETT.
<i>Populus latior</i> BRAUN	<i>Ficus alnifolia</i> ETT.
<i>Populus</i> sp.	<i>Ficus grandifolia</i> UNGER
<i>Myrica integrifolia</i> UNGER	<i>Ficus</i> sp.
<i>Myrica lignitum</i> (UNGER) SAP.	<i>Lastraea</i> sp.
<i>Juglans</i> sp.	<i>Cyperites tertiarius</i> UNGER
<i>Carpinus pyramidalis</i> GOEPPERT	<i>Cyperites deucalionis</i> HEER
<i>Carpinus grandis</i> UNGER	<i>Cyperites</i> sp.
<i>Betula prae-plurinervis</i> ETT.	<i>Taxodites pinnatus</i> UNGER
<i>Betula prisca</i> ETT.	

Ferner fand sich in den braunen Lehmen der Ziegelei Wolf ein Krabbenrest:

Potamon proavatum GLAESSNER

sowie Insektenreste (F. KNOLL 1902, 1903; GLAESSNER, M. 1928).

Für die Alterseinstufung ist wichtig, daß nach E. CLAR 1927 in der Bucht von Niederschöckel auch Cerithien gefunden worden sein sollen.

Die über den kohlenführenden Schichten folgenden braunen, eckig brechenden Tone, graublauen Kalkmergel und braungelben Mehlsande dürften wahrscheinlich bereits dem Pannonium zuzurechnen sein.

Diesen limnischen Bildungen entsprechen westlich der Platte beiderseits des Reinerkogels die tonigen Basisschichten des Rosenberges. Sie sind besonders gut in der Ziegelei Wolf in Andritz unter den pannonischen Schottern aufgeschlossen. Die leicht gebänderten, bläulichen, sandigen Lehme führen stellenweise reichlich Pflanzenreste (F. KNOLL 1902, 1903, V. HILBER 1893, CHR. ETTINGSHAUSEN 1893), die von den Bearbeitern für Miozän gehalten wurden.

Dagegen wurde von E. CLAR 1938 und A. WINKLER-HERMADEN 1957 die Auffassung eines unterpannonischen Alters vertreten.

Die südliche Fortsetzung dieser Schichten findet sich in der Ziegelei Eustachio (Graz-St. Peter). Sie baut bläuliche Schiefertone ab, die von K. KOLLMANN (Neogen-Tagung 1959, Wien) aufgrund des Auftretens von sarmatischen Ostracoden noch dem Miozän zugerechnet wurden.

Eine chemische Analyse des Materials findet sich bei F. ANGEL 1965 : 5.

Einen weiteren Hinweis für das Auftreten von Sarmatium in diesem Raum finden wir bei L. WAAGEN 1934 : 43, der westlich Schloß Lustbühl lichtgraue Schiefertone mit einer sarmatischen Mikrofauna feststellen konnte. Endlich muß noch auf das Vorkommen sarmatischer Schichten in der Nähe von Spielerhof bei Raaba (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1958) hingewiesen werden. Wie die Brunnenbohrung Raaba-Mühle gezeigt hat, handelt es sich hierbei um eine mächtigere tonig-sandige Serie. Sie dürfte den höheren Anteilen des Sarmatiums von Gleisdorf entsprechen.

Auch die blaugrauen Tone des Tiefernitzgrabens bei Premstätten dürften nach KOLLMANN 1965 und M. MOTTL 1970 entgegen der Kartendarstellung noch dem oberen Sarmatium angehören.

A. WINKLER-HERMADEN 1957 ordnete der Ablagerung des Sarmatiums im steirischen Becken die Entwicklung einer Reihe heute sehr hoch liegender Flächenreste zu. Er faßte sie unter dem Begriff „Kor-System“ zusammen (1957 : 531). Im Bereich des Kartenblattes gehören diesem System u. a. der Gleinalm-Speick (1983 m SH), die Hochalm (1643 m SH), das Rennfeld (1630 m SH), der Hochlantsch (1722 m SH), der Osser (1549 m SH), Hochschlag (1580 m SH) und Plankogel (1532 m SH), sowie der Schöckel (1445 m SH) und Niederschöckel (1304 m SH) an.

VI/3. Das Pliozän des steirischen Beckens

VI/3 a. Pannonium

1855 verglich D. STUR die kohlenführenden Ablagerungen in den Grundgebirgsbuchten des steirischen Beckens mit den Congerien-Schichten des Wiener Beckens, während E. SUESS 1863 in den darüberfolgenden Schottern von St. Peter bei Graz und von Eggersdorf ein Äquivalent der Belvedere-Schotter vermutete. Bereits 1893 zeigt V. HILBER, daß beide Komplexe eng zusammengehören, wobei er den ersteren mit der pontischen, den letzteren mit der thrakischen Stufe parallelisierte, beide jedoch als Teile der Congerien-Stufe auffaßte (1893 : 347). Diese Annahme vertrat auch A. WINKLER 1913, 1921, der im Gegensatz zu F. BACH, der die „Belvedere-Schotter“ als einen Teil der levantinischen Stufe verzeichnete, in diesen Schottern mittleres und oberes Pont sah. Von W. PETRASCHECK 1925 wurden die genannten Schichten erstmals mit dem Pannonium verglichen.

Im Bereich des Kartenblattes stellen die tiefsten Schichten des Pannoniums kohlenführende, blaue bis blaugrüne, z. T. mergelige Tone und Feinsande dar („Obere kohlenführende Schichten von Weiz“).

Nach K. KOLLMANN 1965 fehlt die tiefste Zone des Pannoniums. Das Pannonium B wird von weißen, geringmächtigen Mergelbänken mit *Melanopsis cf. impressa* KRAUSS gebildet. Sie stellen nach A. WINKLER v. HERMADEN 1951 b das normale Hangende der unteren Lignite von Klein-Semmering dar (S. 123). Sie werden von einer Wechselfolge von bituminösen, dunklen Tonen, grünlichen bis blaugrünen und teilweise stark sandigen Lehmen, gelbbraunen Schiefertönen und Mergeln, braunen Mehlsanden und lignitischen Kohlenflözen

und -schmitzen überlagert. Floren und Faunen sind stellenweise gefunden worden (z. B. Wünschbauergraben, Ziegelei Weiz usw.).

H. HÜBL 1942 d rechnet auch die im Frankenberg westlich von Gleisdorf in den Uferanbrüchen der Raab aufgeschlossenen, mergeligen, graugrünen Tone, die von O. HOHL 1927 : 180 in das Sarmatium gestellt wurden (S. 122), dem tieferen Pannonium zu. Diese Schichten setzen sich nach seinen Untersuchungen nördlich des Rabnitz-Tales bis zum W. H. Kielhauser nördlich Brodersdorf als Basis der Schichtfolge fort. Sie bilden im Raabtal die Steilabfälle gegen Winterdorf-Stadt, wobei sie von Sanden und Kiesen überlagert werden.

Nach K. KOLLMANN 1965 dürfte ein großer Teil dieser Schichten dem Sarmatium zuzurechnen sein.

Die Fauna und Flora des tieferen Pannonium (H. FLÜGEL 1959 a, V. HILBER 1893, H. HÜBL 1942 d, K. KOLLMANN 1960 a) besteht aus:

<i>Melanopsis pseudaustrica</i> SAUERZOPF	<i>Linnocardium</i> sp.
<i>Melanopsis fossilis coaequata</i> HANDMANN	<i>Unio</i> sp.
<i>Melanopsis bouei affinis</i> HANDMANN	<i>Cyprideis tuberculata</i> (MEHNES)
<i>Melanopsis cf. handmanni</i> BRUSINA	<i>Phragmites oeningensis</i> BRAUN
<i>Cepaea</i> sp.	<i>Salix varians</i> GOEPP.
<i>Triptychia</i> sp.	<i>Populus attenuata</i> BRAUN
<i>Congeria szjzeki</i> M. HOERN.	<i>Juglans acuminata</i> BRAUN
<i>Congeria praeorinthopsis</i> PAPP	<i>Alnus kefersteini</i> GOEPP.
<i>Congeria spatulata</i> PARTSCH	<i>Betula prisca</i> ETT.
<i>Congeria basteroti</i> DES.	<i>Platanus aceroides</i> GOEPP.
<i>Linnocardium aff. praeinflatum</i> PAPP	<i>Sorbus palaeoaria</i> ETT.
<i>Linnocardium conjugens</i> (PARTSCH)	

Östlich und westlich von Weiz wurden in zahlreichen kleineren Betrieben die Flöze abgebaut. Es handelt sich um eine lignitische Weichbraunkohle mit:

<i>Pinuspoll. alatus</i>	<i>Tsugapoll. sp.</i>
<i>Pinuspoll. labdacus</i>	<i>Spor. haardhi</i>
<i>Alnuspoll. sp.</i>	Pilzsporen
<i>Pterocaryapoll. stellatus</i>	

Westlich der Mur konnten nur in der Bucht von Straßgang derartige Ablagerungen nachgewiesen werden (H. FLÜGEL 1959 a). Sie überlagern hier das kohlenführende Süßwasser-Miozän.

Das Pannonium C besteht aus einer Wechselfolge von Schotter- und Sand/Ton-Horizonten. Nach K. KOLLMANN 1965 : 576 dürfte dieser Wechsel klimatisch gesteuert gewesen sein. Er unterschied hierbei vom Liegenden ins Hangende die Kapfensteiner Schotter, die Kirchberger Schotter, die Karnerberg-Schotter und die Schemerl-Schotter. Es handelt sich nach W. SKALA 1966, 1968 um fluviale Sequenzen, wobei die basalen Schotter erosiv in die Unterlage eingreifen. Dabei kam W. SKALA 1968, 1969 für die Sande der Kirchberger Zwischenserie aufgrund der Untersuchung der Sedimentstrukturen zu einer generellen Schüttung von NW nach SE, was auch für die Schotterhorizonte Geltung haben dürfte.

Während die tieferen Schotterkörper vor allem durch das Auftreten von Quarz- und Kristallin-Geröllen charakterisiert sind, führen die Schemerl-Schotter z. T. reichlich Kalkgerölle, wobei der Kalkanteil gegen SE und E abnimmt, was nach K. KOLLMANN 1965 : 597 schüttungsbedingt ist.

J. HANSELMAYER 1959 a : 35, 1959 b : 793, 1960 b : 320 führte an Geröllen der Kapfensteiner Schotter u. a. aplitische Granite, Pegmatit, Aplit, migmatitische Gneise, Quarzite und Granatglimmerschiefer, Quarz, verschiedene Sandsteine bis Arkosen, Feinkonglomerate, Lydite und Quarzporphyre an. Völlig zu fehlen scheinen diesen Schottern Karbonatgesteine, Amphibolite, Eklogite und Diabase. Das Auftreten von Quarzporphyr-

geröllen läßt an eine Herkunft von Norden denken, wobei es sich bei diesen Geröllen um aufgearbeitetes Material aus den Präbichl-Konglomeraten handeln könnte. Eine Geröllanalyse von Schottern aus einer Grube an der Straße südl. Krumegg b. Laßnitzhöhe ergab (vgl. auch J. HANSELMAYER 1960 b : 324):

Tab. 33: Geröllverteilung in den Kapfensteiner Schottern

Korngröße	% davon	Quarz	Pegm.	Kr. Schiefer	Mürb+Glimmer
über 10 mm	4,3	62	33	4,1	0,9
9-10	0,9	46,7	40		13,3
7-9	3,1	42,5	32,8	21,2	3,5
5-7	11,4	61	14,7	19,6	4,7
4-5	6,9	51,5	10,9	29,2	8,4
3-4	8,1	54,4	10,7	21,7	13,2
2-3	9,9	57	10,2	30,7	2,1
1-2	17,0	71	3,9	21,2	3,9
0,5-1	18,9	91	6	1	1,0
0,2-0,5	14,8	93	5	1	1,0
0,1-0,2	3,0	95	3		2,0
unter 0,1	1,7	97	2		1,0

Die Schemerl-Schotter sind charakterisiert durch das Auftreten von mesozoischen und paläozoischen Kalk-Geröllen, Lyditen, Quarzporphyren, Sandsteinen, Konglomeratgeröllen, Quarz, Pegmatit, Gneis und Kristallinen Schiefen (J. HANSELMAYER 1958 a, 1959 a, 1961). Die Schotter sind teilweise durch kalkige Bindemittel nagelfluhartig verkittet.

Bei den auffallenden, grünlichen, faserigen Konglomeraten könnte es sich um Präbichl-Konglomerate handeln. Es läge bei dieser Deutung nahe, in den seltenen Quarzporphyr-Geröllen Komponenten aus ebendenselben prä-triassischen Konglomeraten zu erblicken, die im Pannonium bereits auf tertiärer Lagerstätte liegen.

Tab. 34: Korngrößen pannoner Schotter

Korngrößen	Laßnitzhöhe		Laßnitzhöhe	Platte b. Graz
	(H. FLÜGEL)	(J. HANSELMAYER 1959 a)		
über 10 mm	41,0%	10,9%	60,6%	82,5%
9-10	2,1	0,7		
7-9	4,3	4,3		
5-7	4,4	5,0		
4-5	3,8	5,2		
3-4	3,7	6,1	36,2	15,4
2-3	4,7	7,7		
1-2	8,9	16,0		
0,5-1	10,9	21,4		
0,2-0,3	12,5	19,3		
0,1-0,2	2,1	1,9	3,2	2,1
unter 0,1	1,6	1,5		

Höhere Schichten des Pannoniums fehlen im Bereich des Kartenblattes.

(Die in der Karte zwischen Raab und Ilzbach eingezeichneten pannonischen Feinsande und Tonlagen mit Pflanzenresten dürften nach K. KOLLMANN 1965 größtenteils dem Ober-Sarmatium zuzurechnen sein.)

Die teilweise stark eisenschüssigen Sande werden gegen das Hangende zu gröber und gehen allmählich in Feinschotter und -kiese über. Neben Quarz

führen diese Turmalinpegmatit-, Gneis-, Aplitgerölle usw. Sie werden von grau-grünen Sanden und gelben, stark sandigen Lehmen mit

Cyprideis pannonica (MEHNES)
Limnocardium sp.

(K. KOLLMANN 1960 a) überlagert (H. HÜBL 1942 e : 367). Die von V. HILBER 1893 : 337 vom Eidexberg genannten Fossilien (*Melanopsis*, *Congerina*, *Cardium*, Pflanzenreste) dürften ebenfalls diesem unterpannonen Niveau angehören.

Im Raume von Puch finden sich in lehmiger Packung gröbere Kristallinschotter. Ähnliche Ablagerungen wurden um die Kristallinsel des Ilzberg gefunden (in der Karte nicht ausgeschieden). Es handelt sich um Lokalschotter, die bis Kindskopfgröße erreichen können. Sie dürften ein intrapannoncs Alter besitzen.

Die den Ablagerungen des Pannoniums im steirischen Becken entsprechenden Flächenreste im Bereiche des Grundgebirges wurden von A. WINKLER-HERMADEN 1957 : 530 in drei Gruppen gegliedert. Es sind dies das noch z. T. oberpannonische Trahüttener-System, das an der Wende Mittel-/Ober-Pannonium gebildete Glashüttener-System und, als höchstgelegenes, das unterpannonische Wolscheneck-System. Das Absinken der genannten Verflächungen gegen das steirische Becken zeigt folgende Übersicht:

Tab. 35: Pannone Flächensysteme

	Hochlantsch	Hoch-Trötsch	Schöckel-Südhang
Wolscheneck-System	Rote Wand 1500 m SH	Hoch-Trötsch 1231 m SH	Erharthöhe 1050 m SH
Glashüttener System	„Hubenhalt-Niveau“ 1196 m SH	um 1050 m	920—950 m SH
Trahüttener System	Zehneralpe 1000—1050 m SH	um 950 m SH	Gsullberg 835 m SH

Nach A. WINKLER-HERMADEN 1957 : 542 haben besonders die beiden älteren Flächensysteme (Wolscheneck- und Glashüttener Niveau) noch stärkere tektonische Verbiegungen, die zu Schrägstellungen führten, mitgemacht.

Tab. 36: Gliederung des Pannoniums

	A. WINK- LER- HER- MADEN 1957	A. PAPP 1959	K. KOLL- MANN	Ablagerungen	Flächenreste
Ober- Pannonium	J H G	H			} Trahüttener- System
	F	G F			
Mittel- Pannonium	E	E		Sch. d. Bucheck	} Glashüttener- System
	D	D C	C	Schemerl-Sch. Kärnerberg-Sch. Kirchberger-Sch. Kapfensteiner-Sch.	
Unter- Pannonium	C B A	B A	B	Obere kohlen- führende Schichten von Weiz	} Wolscheneck- System

VI/3 b. Astium-Piacenzium

Mit A. PAPP 1959:16 wird unter der Bezeichnung Astium/Piacenzium die oberste Stufe des Pliozän verstanden. Es entspricht dies den Stufen Daz und Levantin i. e. S. in der Arbeit von A. WINKLER-HERMADEN 1957:327.

Wie die Untersuchungen von A. WINKLER-HERMADEN 1957 zeigten, stellt das Astium/Piacenzium die Zeit der Herausarbeitung der heutigen Morphologie dar. Wir finden daher aus dieser Zeitspanne im Bereich des Kartenblattes nur vereinzelt Ablagerungen.

An der Grenze Pannonium/Astium entwickelte sich, wie bereits erwähnt (S. 128), im steirischen Raum in einem Zeitabschnitt längerer tektonischer Ruhe ein ausgeprägtes, zweigeteiltes Flurensystem (Trahüttener-System). Diese Peneplaine wurde im höheren Unter-Astium zufolge Senkungsvorgängen im Steirischen Becken, die zu einer kräftigen Belebung der Erosion führten, wieder zerschnitten, ein Vorgang, der bis an die Grenze zum oberen Astium anhielt. In der zu dieser Zeit einsetzenden, längerdauernden Epoche neuerlicher tektonischer Unruhe kam es zur Bildung eines zweiten, sehr deutlichen und ausgedehnten Rumpfflächensystems (Kalkleitenmöstler-Niveau von V. HILBER 1912 b bzw. Hochstradener-Niveau von A. WINKLER-HERMADEN 1957). Roterden- und Bohnerzbildung sprechen, ebenso wie die teilweise tiefgründige Zersetzung des Untergrundes für das subtropische Klima dieser Zeit. Im Raume von Graz ca. 700 m hoch gelegen (Mühlberg 706 m Sh, Linneck 699 m Sh, Kalkleitenmöstl 700 m Sh), steigt diese ebenfalls zweigeteilte Flur gegen Westen (nördlich Voitsberg 750—850 m hohe Flächenreste) und Norden (720 m Hiening, 750 m Tann-

eben, Haufenreith, 870 m Hochlantschmassiv, 890 m Tollinggraben b. Leoben) an. Morphologische und sedimentologische Gründe sprechen dafür, daß diesem System auch die im Raume von Weiz-Passail zwischen 630 und 750 m Sh gelegenen Fluren zuzuordnen sind. (Irrtümlich wurde die Flur von Kalkleitenmöstl in der Karte mit der Roterdensignatur des Miozän ausgeschieden.)

Durch die Ausbildung dieser Flächensysteme entwickelte sich ein niedriges Mittelgebirge mit breiten Talböden. In diese Landschaft schneidet im oberen Astium/Piacenzium die erneut einsetzende Tiefenerosion kräftig ein.

Erst im obersten Astium/Piacenzium, an der Grenze zum Calabrianum (Pleistozän) kam es zu einer neuerlichen Verlangsamung der Abtragung und zur Bildung eines dritten, geteilten Großflächensystems, welches A. WINKLER-HERMADEN 1957 als Zahrerberg- bzw. Stadelberg-Niveau bezeichnete. Am Florianenberg in etwa 500 m Sh gelegen, läßt es sich über den Admonterkogel (560 m Sh), den Ferstl-Kogel (580 m Sh), die Tanneben (620 m Sh) und Mixnitz (um 700 m Sh) bis nach Leoben (etwa 800 m Sh) verfolgen.

VI/4. Die jungtertiären Säugetierfaunen des Grazer Berglandes

(M. MOTTL, Graz)

Die zahlreichen neuen stratigraphischen Feststellungen der in der Steiermark weitflächig getätigten Erdölforschungsarbeiten sowie die an vielen neuen Säugetierfunden vorgenommenen Vergleichsuntersuchungen machten eine, den erzielten geologisch-paläontologisch-stratigraphischen Ergebnissen entsprechende Revision der gesamten jungtertiären Säugetierfauna der Steiermark erforderlich, was in manchen Fällen eine wesentliche systematisch-taxonomische Neubewertung der betreffenden Tiergemeinschaften und ihre stratigraphische Neueinstufung zur Folge hatte (M. MOTTL 1970).

VI/4 a. I. Miozänzyklus

Die obertags erfaßbaren ältesten, etwa über 20 Millionen Jahre alten Schichtglieder der jungtertiären Beckenfüllung der Steiermark, durchwegs limnisch-fluviatile, heute dem Ottnangien (Helvet s. str., Unterhelvet) zugegliederte (K. KOLLMANN 1965, R. JANOSCHEK 1964, H. FLÜGEL—H. HERITSCH 1968), teils tektonisch lebhaft bewegungen und Absenkungstendenzen zeigende Ablagerungen, lieferten bisher keine brauchbaren paläontologischen Belege. Ihre stratigraphische Einstufung geschah großteils aufgrund der gut datierbaren, überlagernden Schichtglieder. Sie liegen auch außerhalb des hier erfaßten und zu behandelnden geologischen Gebietes.

VI/4 b. II. Miozänzyklus

Faunen des Karpatium

Die limnisch-fluviatile Sedimentation hielt im Weststeirischen Becken auch im Karpatium (Oberhelvet) an, die wirtschaftlich wichtigen Braunkohlenlager bildend, während im Oststeirischen Becken schon zum Beginne des Karpatium, vom S her, es zu Meeresüberflutungen kam. Dementsprechend sind fast alle Säugetierfunde des Karpatium in Ablagerungen der Weststeiermark anzutreffen.

Eine mit tektonischen Bewegungen verbundene lebhaft bewegungen, andesitisch-dazitische Eruptivtätigkeit ergab, in Form von Aschenlagen und Bentonittuffen, in den

Flözprofilen die besten Hilfsmittel, die limnisch-fluviatilen Mittlere und Oberen Eibiswalder Schichten der W-Steiermark, samt ihren Faunen, mit benachbarten, marinen Faziesbereichen korrelieren zu können (K. KOLLMANN 1965).

Die Säugetierfaunen der einzelnen Braunkohlenbecken der W-Steiermark sind verschiedenen Alters (H. ZAPFE 1956, E. THENIUS 1959 usw.).

Der älterkarpatische Schichtkomplex des Eibiswald-Feisternitz-Vordersdorf-Wieser Flöz-niveaus am SW-Rande der Steiermark mit seinen berühmten, reichen Fundstellen lieferte eine umfangreiche Säugetierfauna, doch liegt auch dieser Komplex außerhalb des hier zu behandelnden geologischen Gebietes.

Der geologisch nächstjüngere große Schichtkomplex des Karpatien, die über dem Abschlußniveau der Mittleren Eibiswalder Schichten, über dem Wieser Flöz-zug weit hinaus transgredierenden Oberen Eibiswalder Schichten und ihre Äquivalente, die Köflacher Schichten, enthielten ebenfalls eine reiche Säugetiergemeinschaft.

Den älteren, Eibiswald-Wieser, Karpatienkomplex trennt die den mittleren Teil des Steirischen Beckens einnehmende breite marine Ingressionsbucht, die Florianer Bucht, von den nördlichsten Ausbuchtungen des Beckens, von der Bucht von Stallhofen und der von Köflach-Voitsberg, wo die, bereits zwischen Schwamberg und Gleinstätten unter die Florianer Schichten versunkenen limnisch-fluviatilen Sedimente des Hauptbeckens, wieder zutage treten (A. WINKLER v. HERMADEN, K. KOLLMANN, H. FLÜGEL usw.).

Die wirtschaftlich wichtigen, vier Flözhorizonte aufzeigenden und häufig mit Tuff- bzw. Bentoniteinschaltungen durchzogenen Braunkohlenlager der nördlichsten Teilbuchten werden von den meisten Fachleuten noch dem Karpatien angegliedert und die ganze Schichtfolge mit oberen bis höchsten Lagen des marinen Karpatien im Oststeirischen Becken korreliert (A. WINKLER v. HERMADEN 1913—1957, W. KLAUS 1954, R. JANOSCHEK 1957, 1964, H. FLÜGEL 1961, 1968, K. KOLLMANN 1960, 1965, A. PAPP u. a. 1968). G. KOPETZKY, 1957, sah in diesen dagegen schon Ablagerungen des Badenien (Torton).

Der vierte Sporenhorizont im Niveau des Tagbau- (Hangend- oder Ober-) Flözes im Bergbau Zangtal weist durch eine erhöhte Frequenz an *Quercoidipoliten* tatsächlich eine gewisse Annäherung an das Sporenbild des Untertorton auf, wird aber, als Folge eines klimatischen Umschwunges, von W. KLAUS, 1954, noch dem obersten Karpatien zugereicht.

Die Säugetierreste des durch paläozoische Schollen in Teilmulden zerlegten *Köflacher Kohlenmiozäns*, die zuerst von K. F. PETERS (1867, 1871/72), D. STUR (1871), A. HOFMANN (1887, 1892), F. BACH (1908/09, 1912), V. HILBER (1893, 1915), G. SCHLESINGER (1919), später von E. THENIUS (1949/50, 1956, 1959) und M. MOTTL (1958, 1961, 1966, 1970) behandelt wurden, verteilen sich auf die einzelnen Kohlemulden wie folgt:

Köflach-Karlschacht-Mulde

Potamotherium miocenicum (PET.) (Fischotterförmiges, kleines Raubtier)
Dicerorhinus sansaniensis-germanicus Gruppe (Schlankbeiniges Doppelnashorn)
Chalicotherium sp. (Scharrkralentragendes Huftier)
Dinotherium bavaricum H. v. M. (Kleines, hauerzähniges Urrüsseltier)
Mastodon angustidens/grandincisivum-Übergangsform (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Piberstein-Lankowitz-Mulde

Dorcatherium crassum (LART.) (Zwerghirsch)
Mastodon angustidens tapiroides CUV. (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Hochegger-(Rosental-)Mulde

Mionictis dubia (BLAINV.) (Kleines, mustelines Raubtier)
Dicerorhinus sansaniensis-germanicus Gruppe (Schlankbeiniges Doppelnashorn)
Aceratherium tetradactylum (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)
Hyootherium soemmeringi soemmeringi H. v. M. (Wildschweinart)
Dimotherium bavaricum H. v. M. (Kleines, hauerzähniges Urrüsseltier)

Oberdorfer-Mulde

cf. *Aceratherium tetradactylum* (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)
Taucanamo pygmaeum (DEP.) (Kleiner wildschweinartiger Paarhufer)

Schaflos-Mulde

Dicerorhinus cf. *germanicus* WANG. (Schlankbeiniges Doppelnashorn)
Aceratherium tetradactylum (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)

Voitsberg-Zangtaler-Mulde

Plesiosorex styriacus (HOFM.) (Insektenfresserart)
Amphicyonine (Bären-hundeartiges Raubtier)
Ursavus brevirostris (HOFM.) (Kleinbär)
Potamootherium miocenicum (PET.) (Fischotterförmiges kleines Raubtier)
Trochictis taxodon Gerv. (Kleines Raubtier)
Felide (Katzenartiges Raubtier)
Steneofiber jägeri (KAUP) (Biber)
Aceratherium tetradactylum (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)
Dicerorhinus sansaniensis-germanicus Gruppe (Schlankbeiniges Doppelnashorn)
Hyootherium soemmeringi soemmeringi H. v. M. (Wildschwein)
Phyllotillon (*Metaschizotherium*) sp. (Scharrtier)
cf. *Heteroprox larteti* (FILH.) (Kleine Hirschform)
Mastodon angustidens tapiroides CUV. (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Alle diese Funde stammen aus dem Hangendflöz des städtischen Tagbaues und des Tagbaues Zangtal.

Hochregist, NO. Voitsberg

Hyootherium soemmeringi soemmeringi H. v. M. (Wildschwein)
Steneofiber jägeri (KAUP) (Biber)

Obige Gesamtfauna ist ihrem Gepräge nach noch immer die aus dem älteren Karpatienkomplex (Eibiswald-Wies) gut bekannte tropisch-subtropische Sumpfwaldgemeinschaft mit dem Vorherrschen der Dickhäuter und Häufigkeit der Sumpfwald-Wildschweine, der Nashörner, Biber und kleinen Waldraubtiere.

Die Tierassoziationen der beiden, von W. KLAUS (1954) sporenchronologisch auseinandergehaltenen Flöz-niveaus zeigen keine bedeutenderen Unterschiede. Ein Gegenüberstellen der Köflach-Zangtaler Fauna mit dem älterkarpatischen Eibiswald-Wieser Säugetierhorizont weist dagegen mehrere solche auf, indem gut einige, für den älterkarpatischen Faunenkomplex bezeichnende Elemente verschwinden, die persistierenden Formen evoluiert werden (so die Zwerghirsche, Wildschweine und Mastodonten) und einige neue, mit der geologisch jüngeren, Badenien-(Torton-)Fauna verbindende Arten (*Mionictis*, *Taucanamo* usw.) erscheinen.

Eine im Sinne von W. KLAUS angenommene klimatische Änderung, ein Trockenerwerden des Klimas im Oberkarpatium, würde das Fehlen des in den älterkarpatischen Faunen noch häufigen Waldpferdes *Anchitherium*, der großen geweihlosen Paarhuferformen (Palaeomerycinen), des muntjakartigen Hirsches *Dicroceros* in den Faunen von Köflach-Voitsberg-Zangtal anzeigen, so auch

das Verschwinden der Sumpfwaldformen *Mionictis* und *Dorcatherium* im jüngsten Niveau, dagegen das Erscheinen der Chalicotheriden.

Die für das steirische Badanium bezeichnenden Arten, so die Feuchtwald-Wildschweinform *Conohyus*, die Waldantilope *Eotragus haplodon*, die schwere, hornlose Nashornart *Brachypotherium*, das Tapir, die hauerzähne Urrüsseltierform *Dinotherium levius* sowie das jochzähne *Mastodon turicensis* fehlen der Köflach-Voitsberg-Zangtaler Fauna vollkommen, aber auch die vielen, das Badanium von Görtschitz charakterisierenden Raubtierarten.

Mit Recht gelten die Karpatium-Tiergemeinschaften der Steiermark als „*Hyotherium*-Faunen“, die des Badanium als „*Conohyus*-Faunen“ (M. MOTTL 1970). Dementsprechend sind auch die obigen Faunen der Köflacher Schichten als Faunengruppen hoher Horizonte des Karpatium zu betrachten.

Das der Voitsberg-Zangtaler Mulde östlich vorgelagerte *Becken von Stallhofen* barg bisher nur einen einzigen Säugetierfund, das Unterkieferstück der großen Zwerghirschart *Dorcatherium penecke* HOFM., das nicht in der Kohle, sondern in den Hangendtonen des Braunkohlenflözes angetroffen wurde (A. HOFMANN 1892, M. MOTTL 1961). Die Art kommt außer Stallhofen in der Steiermark nur in Leoben vor, die Leobner Gebißstrukturen sind etwas evoluiert. Der Zwerghirschrest würde eine Eingliederung des Stallhofner Fundniveaus in das Jungkarpatium eher stützen, als eine solche in das untere Badanium.

Kohle- und säugetierführende mittelmiozäne, noch späten Abschnitten des Karpatium angehörende Ablagerungen sind auch aus der Norischen Senke, aus dem oberen Murtal bekannt (W. PETRASCHECK, A. WINKLER v. HERMADEN, H. FLÜGEL usw.). Berühmt ist das wirtschaftlich bedeutende Leobner Tertiärbecken mit den beiden einander naheliegenden, paläontologisch wichtigen Fundstellen Seegraben und Münzenberg.

Die nach A. WINKLER v. HERMADEN (1951) ursprünglich mit dem Fohnsdorfer Ablagerungsraum zusammenhängende, mit limnisch-brackischen Sedimenten ausgefüllte *Leobner Koblenmulde* zeigt eine mächtige Schichtfolge. Die das Haupt(Grund)-Flöz gliedernden, Andesit-Dazituff enthaltenden 4 Tonblätter, der Tuffhorizont der darüber folgenden Diatomeen-Brandschiefer (A. MARCHET 1934, H. LACKENSCHWEIGER 1937, H. FLÜGEL 1961) und die vulkanischen Aschenlagen der bituminösen Tone ergeben geologisch-stratigraphisch gut verwertbare Fixpunkte. Die in den Tonen entdeckte reiche Flora (C. ETTINGSHAUSEN 1888, 1893), Landschnecken, Insekten, die zahlreichen Fischreste (J. KRAMBERGER 1891, W. WEILER 1930), darunter ein die damalige zeitweise Verbindung mit dem offenen Meer bezeugender *Selachier*-Zahn, bieten weitere Belege für die biostratigraphische Beurteilung der Schichtfolge.

Die berühmte, vorerst von A. ZDARSKY (1904, 1909), K. REDLICH (1898, 1906), A. HOFMANN & A. ZDARSKY (1905), F. BACH (1909), V. HILBER (1915), G. SCHLESINGER (1917), O. SICKENBERG (1934), später von E. THENIUS (1949—52, 1956, 1959), J. VIRET (1951) und M. MOTTL (1955, 1958, 1961, 1969/70) behandelte und gesamtrevidierte Säugetierfauna von Leoben stammt aus einer Sandsteinlage nahe zum Hauptkonglomerat des mächtigen Hangendprofils, 240 m über dem Flöz (H. ZAPFE 1956, H. FLÜGEL 1961 usw.).

Leoben—Seegraben

Talpa minuta (BLAINV.) (Maulwurfart)

Lanitherium longirostre THEN. (Insektenfresser)

Amphicyon steinheimensis bohemicus (SCHLOSS.) (Bärenartiges Raubtier)
Ursavus brevirohinus (HOFM.) (Kleinbär)
Trochbarion albanense F. MAJ. (Kleines Raubtier)
Alopecocyon sp. (Marderartiges Raubtier)
Pseudailurus hyaenoides (LART.) (Wildkatzenart)
Steneofiber jägeri (KAUP) (Biber)
Brachypotherium brachypus (LART.) (Schweres, hornloses Nashorn)
Aceratherium tetradactylum (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)
Dicerorhinus sansaniensis-germanicus-Gruppe (Schlankbeiniges Doppelnashorn)
Anchitherium aurelianense (CUV.) (Waldpferd)
Taucanamo sansaniense (LART.) (Kleiner, schweinförmiger Paarhufer)
Sanitherium leobense (ZDARSKY) (Kleiner, schweinförmiger Paarhufer)
Hyootherium soemmeringi soemmeringi H. v. M. (Sumpfwald-Wildschwein)
Hyootherium soemmeringi medium H. v. M. (Kleines Sumpfwald-Wildschwein)
Dorcatherium guntianum H. v. M. (Kleiner Zwerghirsch)
Dorcatherium crassum (LART.) (Zwerghirschform)
Dorcatherium vindobonense H. v. M. (Große Zwerghirschart)
Dorcatherium peneckeii HOFM. (Große Zwerghirschart)
Palaeomeryx kaupi H. v. M. (Geweihloser Paarhufer)
Palaeomeryx sp. (Geweihloser Paarhufer)
Heteroprox larteti (FILH.) (Kleine Hirschart)
Eotragus sansaniensis (LART.) (Grasland-Antilope)
Dimotherium bavaricum H. v. M. (Kleines, hauerzähniges Urrüsseltier)
Mastodon angustidens tapiroides CUV. (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Das Zurücktreten der Rüsseltiere und Nashörner, dagegen das Vorherrschen der Graslandantilopen neben den sehr häufigen Zwerghirschformen und Muntjakhirschen sowie das Erscheinen weiterer Steppen-Savannenelemente wie *Brachypotherium* und *Sanitherium* drücken das, gegenüber den älterkarpatischen Sumpfwaldfaunen weit kontinentalere Gepräge der Fauna von Seegraben gut aus, wobei jedoch betont werden soll, daß diese Säugetiergemeinschaft mit den typischen Savannenfaunen des In- und Auslandes nicht verglichen werden kann.

Unterstützt wird der ökologische Charakter der Fauna auch durch die Flora, die nach HAYEK (1923) an tropischen Arten schon ärmer, an gemäßigtes Klima bevorzugenden Laubbäumen dagegen reicher war.

Das Fehlen der Feuchtwald-Wildschweinform *Conohyus* in der Fauna von Leoben, so auch der Urrüsseltierart *Dimotherium levius*, der Gazellen, Tragoceren, Trockenwald bevorzugenden Gabelhirsche, der warzenschweinförmigen Wildschweine, des Tapirs, der vielen bezeichnenden Raubtierarten und Hirschformen der steirisch-österreichischen Tortonfauna würde das spätkarpatische Alter der Säugetierfauna betonen. Ein Vergleich mit Auslandsfaunen unterstreicht nur dieses Ergebnis.

Die Säugetierfauna des durch eine gestörte, aufgerichtete Lagerung gekennzeichneten Kohlenreviers am Münzenberg b. Leoben soll gesondert angeführt werden, weil sie gegenüber der vorigen einige Besonderheiten aufweist:

Steneofiber jägeri (KAUP) (Biber)
Dicerorhinus sansaniensis-germanicus-Gruppe (Doppelnashorn)
Aceratherium tetradactylum (LART.) (Schlankbeiniges Nashorn)
Brachypotherium brachypus (LART.) (Schweres, hornloses Nashorn)
Anchitherium aurelianense (CUV.) (Waldpferd)
Taucanamo sansaniense (LART.) (Kleiner, schweinartiger Paarhufer)
Hyootherium soemmeringi soemmeringi H. v. M. (Sumpfwaldschwein)
Hyootherium soemmeringi medium H. v. M. (Kleines Sumpfwaldschwein)
Dimotherium bavaricum H. v. M. (Kleines hauerzähniges Urrüsseltier)
Mastodon angustidens angustidens CUV. (Kleines, höckerzähniges Urrüsseltier)

In dieser weit bescheideneren, doch ebenfalls noch späten Karpatium-Ab-schnitten zuzuweisenden Tiergemeinschaft überwiegen die Reste von Nashörnern, Wildschweinen und Waldpferden. Savannenantilopen fehlen gänzlich und die kleine Mastodonform weicht stark von der Unterart von Seegraben ab. Ob diese ökologische Verschiedenheit nur eine zufällige ist oder feinstratigraphische Unterschiede ausdrückt, läßt sich vorerst nicht beantworten, durch spätere geo-logische Beobachtungen kann sie vielleicht gestützt werden.

Obiger kleiner, sehr geprägter Urrüsseltiertypus liegt auch aus *Edling*, aus dem NW von Leoben liegenden *Tertiärbecken von Trofaiach*, ferner aus der NO-Steiermark, aus *Naas* bei Weiz, aus den dortigen, in Tone und Sande eingeschalteten Braunkohlen vor (H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957, H. FLÜGEL 1961).

Faunen des Badenium

An der Grenze Karpatium/Badenium wurde ein Großteil auch des West-steirischen Beckens vom S her bis zur Koralpe vom Meer überflutet. Aus diesem weiten Raum sind Seekuhreste (*Thalattosiren petersi*) recht häufig. Die reichen Otolithenfaunen sind von ähnlicher Zusammensetzung wie die des Wiener Beckens, mit stärkeren Beziehungen zum deutschen als zum italienischen Miozän (E. WEINFURTER 1952, E. THENIUS 1959). Im tieferen Badenium hört auch der steirische mittelmiozäne Vulkanismus auf, das Fehlen von Aschen-lagen und Tuffen in den Säugetierhorizonten kann stratigraphisch gut ausge-wertet werden.

Die Trockenlegung des Weststeirischen Beckens erfolgte erst im jüngeren Badenium, im Oststeirischen Becken beschränkte sich das Meer zu jener Zeit, infolge einer Regression, auf das Gnaser Teilbecken.

Dem großen Ingressionsbereich des Badenium-(Torton-)Meeres entsprechend sind Landsäugetierreste erst von den nördlichen Randgebieten des Steirischen Beckens bekannt.

Das tropisch-subtropische Klima des Karpatium mit den immergrünen Laub-wäldern änderte sich auch im Badenium nur relativ wenig, die immergrünen Pflanzen traten zugunsten der sommergrünen Mischwälder jedoch etwas zurück (W. BERGER 1952, 1954).

Die südlichste Säugetierfundstelle des Badenium, *Lannach* bei Lieboch, wo die von einem Tuffitband überdeckten kohleführenden Lagen von H. BEER & G. KOPETZKY (1951) vorerst dem Karpatium, dann von G. KOPETZKY (1957) dem unteren Badenium zugeteilt wurden, soll angeführt werden, weil das dortige Marin mit dem Unterbadanium von Pirka korreliert wird (H. FLÜGEL, G. KOPETZKY).

Aus den, infolge einer im Unterbadanium einsetzenden Regression, das Abwechseln von marin-brackischen mit limnisch-terrestrischen Sedimenten zeigenden Hangendschichten kamen, anlässlich einer Brunnengrabung der Schloß-gärtnerei, im Jahre 1953 Extremitätenreste der schweren, hornlosen Nashorn-art *Brachypotherium brachypus* (LART.), später einige Kleinhirschreste (*Dic-roceros elegans* LART.) zum Vorschein, die ohne weiteres dem tieferen Bade-nium zugeordnet werden können.

Der zweite Fundort badenischer Landsäugetierreste liegt nördlicher, bei *Sankt Oswald* bei Gratwein, westlich von Graz (M. MOTTL 1955, 1957/58, 1969, 1970). Die stratigraphische Gliederung der limnisch-fluviatilen Sedimente in diesem nördlichsten Teil des Weststeirischen Beckens, in der *Bucht von Stall-*

hofen-Stirwoll, behandelte H. FLÜGEL (1961) eingehend. Die säugetierführenden Ablagerungen gehören dem unteren Schichtkomplex an, es sind tonig-mergelige, häufig mit Süßwasserkalkbreccien verzahnte, schwache Kohlenflöze enthaltende Sedimente, in Begleitung von vulkanischen Tuffen bzw. Bentoniten (W. PETRASCHECK 1955, H. FLÜGEL 1961, K. KOLLMANN 1965).

Die aufgefundene Gastropodenfauna (W. WENZ 1930), die Ostrakoden (K. KOLLMANN 1960) und die Tufflagen veranlaßten die Einstufung des unteren Schichtkomplexes in das tiefere Badanium, welche Zuordnung die kleine Säugetierfauna vollauf bekräftigt. Sie umfaßt die Arten:

Amphicyon major BLAINV. (Bärenartiges Raubtier)
Conohyus simorrensis simorrensis (LART.) (Feuchtwald-Wildschwein)
Brachypotherium brachypus (LART.) (Schweres, hornloses Nashorn)
Dinotherium levius JOURD. (Mittelgroßes hauerzähniges Urrüsseltier)

Urrüsseltier- und Nashornfunde überwiegen. Die Überreste stammen teils aus der Kohle, teils aus den, tortonische Gastropoden führenden, kohledurchsetzten Mergeln und sie sind sehr bezeichnend, denn sie zeigen das plötzliche Erscheinen der Wildschweingattung *Conohyus*. Keine der oben behandelten Karpatium-Faunen enthielt diese Wildschweinform. Sie ist auch ausländischen Feststellungen zufolge eine typisch posthelvetische Art, die mit dem Badanium plötzlich da ist und dann bis ins Altplozän nachgewiesen werden kann (K. A. HÜNERMANN 1961, 1969).

Ebenso plötzlich ist das Vorhandensein der mittelgroßen Urrüsseltierart *Dinotherium levius*, eines Dickhäuters, nach E. THENIUS (1951) ein „Trockenstandortelement“, das ebenfalls bis in unser Pannonium (Altplozän) persistiert. Auch die Merkmalszüge dieser Art und des Nashorns sprechen für eine Einstufung der Ablagerungen in das untere Badanium.

Zahnfunde von *Brachypotherium brachypus* (LART.), des schweren hornlosen Nashorns liegen auch aus den Hangendmergeln des Lignitlagers der *Mantscha*, SO von St. Oswald, SW von Graz, vor. Die Gebißmerkmale dieser Trockenstandortform stützen die Auffassung von H. ZAPPE (1956), W. WENZ (1930) und H. FLÜGEL (1961), wonach die kohleführenden Ablagerungen der *Mantscha*, entgegen den älteren Beurteilungen von V. HILBER („lacustres Miozän“ 1893), A. WINKLER v. HERMADEN (Sarmat), O. SICKENBERG (Unterplozän, 1934), der tieferen, untertortonischen Schichtfolge angehören.

In das untere Badanium wurde auch die kohleführende Schichtfolge (tonig-mergelig mit Tuff- bzw. Bentonitlagen, im Hangenden mit an Mollusken reichen Süßwasserkalken) des etwas nördlicher liegenden *Rein-Gratweiner Beckens* eingestuft (H. ZAPPE 1956, A. WINKLER v. HERMADEN 1957, H. FLÜGEL 1961, K. KOLLMANN 1965). Aus dem Süßwasserkalk von Rein und Hörgas sind schon seit langem Zahnfunde der kleinen hauerzähnigen Urrüsseltierart *Dinotherium bavaricum* H. v. M. bekannt (V. HILBER 1915), in ihrer Struktur etwas evoluiertes als die von Leoben (M. MOTTTL 1958).

Die Savannenelemente der obigen Tiergemeinschaft unseres unteren Badanium würden dafür sprechen, daß die von W. KLAUS (1954) in der Pollenflora des oberen Karpatium aber auch in der spätkarpatischen Säugetierfauna von Leoben nachgewiesene Klimaänderung (M. MOTTTL 1970) eine merkliche, sich auch im tieferen Badanium fortsetzende „Trockenschwankung“ darstellt.

Der nördlichste, zugleich reichste badenische Fundhorizont, der Bergbau

Göriach im O-Teil des Tertiärbeckens von Aflenz—Turnau, am S-Rande der Kalkalpen des Hochschwabgebietes, die Fundstelle einer äußerst umfangreichen Wald-Sumpfwaldfauna des jüngeren Badenium, liegt außerhalb des hier zu handelnden geologischen Kartenblattes.

Faunen des Sarmatium

Mit dem Sarmat wurden weite Teile des bisherigen Festlandes der Steiermark von einem flachen Restmeer überflutet, weshalb Säugetierreste des älteren Sarmats im Steirischen Becken sehr selten sind. Der späteren Verbrückung des Binnenmeeres folgte im Obersarmat dann die Trockenlegung weiter Randbereiche, deshalb die relative Häufigkeit wieder an obersarmatischen Säugetierresten.

Die Pollenflora der Ostalpen (Kärnten, Oststeiermark) zeigt im Untersarmat nach W. KLAUS (1959) nur eine geringe Änderung des warm-feuchten Klimas des Jungtorton. Im SW Österreichs entstanden noch ausgedehnte Kohlenlager (SO-Kärnten, P. BECK-MANNAGETTA 1950, 1952). Erst im Obersarmat wird das Klima arider, trockener, mit wasserarmen Savannen, Galeriewäldern, was gut damit im Einklang steht, daß an der Mio-/Pliozänwende ausgedehnte Savannengebiete sich in ganz Eurasien und auch in Afrika nachweisen lassen (E. THENIUS 1969). Diesem Wandel im Klima, Landschaftsbild und in der Flora entspricht auch eine grundlegende Änderung der Tierwelt in Österreich, so auch in der Steiermark, indem an Stelle der mittelmiozänen Sumpfwald-Waldfaunen Savannenfaunen mit bezeichnenden Savannenelementen treten.

Aus dem Sarmat der Steiermark sind artenreiche Faunen, geschlossene Tiergemeinschaften wie aus dem Mittelmiozän, unbekannt und die Sumpfwaldformen sind fast alle verschwunden.

Die wenigen Vorkommen des älteren Sarmats im Weststeirischen Becken, die Waldhof-Schichten westlich von Graz (V. HILBER 1893, 1897, A. PAPP 1954, 1956, H. FLÜGEL 1961, K. KOLLMANN 1960, A. WINKLER v. HERMADEN 1957, 1958) lieferten eine reiche Mikrofauna, doch keine Säugetierreste. Der südlich von Graz, den Murlauf östlich begleitende Streifen des Unter-Mittelsarmats ist arm an Säugetierfunden, auch befindet sich die betreffende Fundstelle außerhalb des hier abgegrenzten Kartenblattes.

Ablagerungen des höchsten Sarmats, größtenteils limnischen Sedimenten, entstammen Einzelfunde aus der Ziegelei Wolf in Graz-Andritz und mehrere Säugetierreste aus der Ziegelei Eustachio in Graz-St. Peter.

Die unmittelbar unter den pannonischen Schottern und Grobsanden geborgenen Funde von *Andritz* sind schwer zu bestimmende Extremitätenbruchstücke einer schweren Nashornart und Rippenfragmente eines *Dinotherium*s.

Die *Ziegelei Eustachio* liefert seit mehr als 100 Jahren immer wieder Säugetierreste. Der mächtige Aufschluß von blaugrauen Tonen wurde von K. KOLLMANN (1960, 1965) aufgrund der hier angetroffenen Ostrakodenfauna, entgegen der Beurteilung von H. MOHR (1919), L. WAAGEN (1934), E. CLAR (1938), A. WINKLER v. HERMADEN (1951, 1957) nicht dem Unterpannon, sondern noch dem höchsten Sarmat zugeordnet.

Der genaue Fundpunkt der alten Säugetierreste, so des Backenzahnes von *Mastodon longirostris* (K. F. PETERS 1871), des Unterkieferstückes eines jungen Exemplars der Urrüsseltierübergangsform *Mastodon angustidenslongirostris* (F. BACH 1909—10, G. SCHLESINGER 1917) ist nicht bekannt. Dem

anhaftenden Material nach lagen sie in rostbraunen Sanden und nicht in blaugrauen Schiefer-tonen. Sie können somit auch aus dem, oberhalb der Ziegelei vorkommenden Pannonhorizont (Zone C des Unterpannon) stammen, andererseits kennen wir einen strukturell sehr entsprechenden Unterkieferrest der *Mastodon*-Übergangsform auch aus dem Obersarmat von Gnas in der SO-Steiermark, urtümliche *Mastodon longirostris* Zahnfunde auch aus den oberst-sarmatischen „Gleisdorfer Schichten“ der Oststeiermark (M. MOTTTL 1970), welchem Niveau K. KOLLMANN (1965) auch die Ziegeleitone gleichstellt.

Die 1923, dann 1959—61 in den blaugrauen Tonen der Ziegelei aufgefundenen Nashornreste verteilen sich auf die Genera *Aceratherium*, *Brachypotherium* und vielleicht auch *Dicerorhinus*. Aus dem Ostrakodenniveau kam auch das Oberarmstück einer Wildschweinart zutage (M. MOTTTL 1970).

Während die Ostrakodenfauna entschieden für ein oberstes Sarmat spricht, können die bisherigen Säugetierfunde die Beurteilung, ob Unterpannon oder noch höchstes Sarmat, nicht sicher entscheiden, da gerade das Auseinanderhalten der obermiozänen und unterpliozänen Arten der Nashorn-gattungen *Aceratherium* und *Brachypotherium* (*tetradactylum* und *incisivum* einerseits, *brachypus* und *goldfussi* andererseits) auf große Schwierigkeiten stößt. Im Grunde genommen könnten alle Säugetierfunde noch einem obersten Sarmatniveau angehört haben.

Nähere stratigraphische Schlüsse lassen auch die schlecht erhaltenen Urrüsseltierfunde aus den hellen Tonen von *Graz-Waltendorf* nicht zu.

In blaugrauen, mit Kohlenschmitzen durchzogenen Tonen des *Tiefernitzgrabens bei Schloß Klingenstein* bei Premstätten, SO von Graz, fand man ein stark verquetschtes Antilopenskelett. Die Tone wurden von K. KOLLMANN (1965), entgegen der von A. WINKLER v. HERMADEN (1955) vorgenommenen stratigraphischen Einordnung in das tiefe Pannonium, noch dem obersten Sarmat zugeteilt. Das geborgene Skelett, das nicht der im Altpliozän Österreichs stark verbreiteten Waldantilope, sondern einer noch urtümlicheren *Tragocerus*-Art angehörte (E. THENIUS 1952, M. MOTTTL 1955), würde der Einstufung seitens K. KOLLMANN besser entsprechen.

SO von Graz, südlich der vorigen Fundstelle barg man in einer Sandgrube in *Liebendorf* bei Heiligenkreuz am Waasen im Jahre 1956 sehr wuchtige Backenzähne, die von der Urrüsseltier-Übergangsform *Mastodon angustidens/grandincisivum* herrühren (M. MOTTTL 1958, 1970). Die Fundlagen sind oberstarmatischen Alters (A. WINKLER v. HERMADEN 1949, 1957, K. KOLLMANN 1965).

Das im Kartenblatt festgehaltene Jungsarmat der O-, NO-Steiermark wurde von H. FLÜGEL (1961) in eine tiefere brackische (Gleisdorfer Schichten) und in eine höhere limnische Serie (untere kohleführenden Schichten von Weiz) untergliedert.

Die betreffenden, früher teils noch dem Mittelpannon zugeteilten (H. HÜBL 1941/42) Tone, Kiese, Sande im Raume von *Gleisdorf-Gnies* am N-Rande des Oststeirischen Beckens sind nach K. KOLLMANN besonders bezeichnend in den Gruben des Gleisdorfer Sandberges (Sandriegel) aufgeschlossen, von wo als alte Funde *Mastodon*-Stoßzahnfragmente und ein Nashorn-Backenzahn bekannt sind (F. BACH 1909, H. HÜBL 1938). Im Jahre 1950 kam hier ein Urrüsseltierbackenzahn zutage, der einem noch urtümlicheren *Mastodon longirostris*-Individuum angehörte, unterpannonischen Funden aber schon näher stand als solchen aus dem Obersarmat von Weiz. Der Zahnfund widerlegt die bis-

herige Auffassung, in *Mastodon longirostris* eine nur für das Altpliozän bezeichnende Urrüsseltierart zu sehen.

Spärliche, dürftige Säugetierreste vom Jungberg, NO Gleisdorf (Antilopenfund, E. THENIUS 1952, M. MOTTL 1955) und aus Albersdorf, NW Gleisdorf (*Mastodon*-Stoßzahnstück) ermöglichen keine feineren stratigraphischen Feststellungen.

Der *Dinotherium*-Zahnrest aus Wolfgruben bei Prebensdorf, NO von Gleisdorf (*Dinotherium levius* JOURD.), kann obersarmatischen aber auch altpliozänen Alters sein, ebenso der Nashornfund (*Aceratherium*) aus Prebensdorf bei Gleisdorf (H. HÜBL 1938), sowie das Unterkieferfragment des mittelgroßen, hauerzähnigen Urrüsseltieres aus Sinabelkirchen, O von Gleisdorf (*Dinotherium levius* JOURD., V. HILBER 1915) und der Backenzahn derselben Art aus Hartmannsdorf, SSO von Gleisdorf.

Die NW von Gleisdorf, NO von Graz am Gebirgsrand befindlichen kleinen obersarmatischen Kohlenvorkommen (Klein-Semmering, Niederschöckel, Wenisbuch, A. WINKLER v. HERMADEN 1951, 1957, H. FLÜGEL 1961, K. KOLLMANN 1960, 1965) lieferten keine Säugetierreste, wohl aber die etwas nordöstlich liegenden „unteren kohleführenden Schichten von Weiz“ (A. WINKLER v. HERMADEN 1949, 1951, H. FLÜGEL 1961, K. KOLLMANN 1960, 1965; Bergbaue Busental und Oberdorf), die K. KOLLMANN als Äquivalente der Gleisdorfer Schichten betrachtet und deren oberstsarmatisches Alter durch eine reiche Mollusken- und Ostrakodenfauna, Pollenflora und mehrere Säugetierreste bestätigt werden konnte.

Die Urrüsseltierfunde aus dem Lignitbergbau von *Oberdorf bei Weiz* gehören *Dinotherium levius* JOURD. (früher von verschiedenen Autoren teils als *Dinotherium giganteum* v. *Dinotherium styriacum* angeführt) und einer *Mastodon angustidens*/*longirostris* Übergangsform an (M. MOTTL 1957—58, 1969—70).

Wahrscheinlich aus obersarmatischen und nicht aus unterpannonischen Sedimenten stammt der so seltene Fund in der Steiermark, ein Backenzahn der Wildschweingattung *Listriodon* (*L. splendens* H. v. M.) aus *Haselbach-Haslau*, NW von Weiz, einer Savannenform, die besonders im Sarmat des Wiener Beckens sehr häufig war.

Die sehr interessante Säugetierreste bergenden Fundstellen im Raume um Hartberg in der NO-Steiermark liegen außerhalb unseres Kartenblattes, so auch die zahlreichen anderen solchen Fundorte der SO-Steiermark um Feldbach, Gnas, Waltra, Mureck und Gleichenberg.

Faunen des Pannonium

Während im Karpatium fast alle oben angeführten Säugetierreste im Weststeirischen Becken aufgefunden wurden, kamen die des Altpliozäns ausschließlich aus Ablagerungen östlich der Mur ans Tageslicht.

Im Pannonium (Alt- oder Unterpliozän = Pontien s. l.), vor etwa 10—12 Millionen Jahren, entstand aus dem Binnenmeer des Sarmatium der weite Flächen bedeckende seichte „pannonische See“, der im höheren Unterpannon dann teils schon trockengelegt wurde (A. WINKLER v. HERMADEN 1924, 1927, 1949, 1951/52, 1957, H. FLÜGEL 1961, R. JANOSCHEK 1964, K. KOLLMANN 1960, 1965). Die einzelnen Säugetierfundstellen geben einigermaßen Anhaltspunkte zum Küstenverlauf nicht nur des sarmatischen Binnenmeeres,

sondern auch zu dem des Pannonischen Sees, dessen Wasserstand, bei starken tektonischen Bewegungen, häufigen Schwankungen unterworfen wurde.

Ein klimatisch gesteuerter, gut wahrnehmbarer Sedimentationsrhythmus (K. KOLLMANN 1965) führte zur Ausschüttung mehrerer Ton-Sand-Schotterdecken (Kapfensteiner-, Kirchberger-, Karnerberg-, Schemerl-, Taborer-Schotterzüge und ihre Äquivalente, siehe A. WINKLER v. HERMADEN und K. KOLLMANN), deren stratigraphische Fixierung für die aus ihnen zum Vorschein gekommenen Säugetierreste von großer Bedeutung ist, da sie eine biostratigraphisch-ökologische Auswertung der einzelnen Fundhorizonte und somit auch der Gesamtfauna ermöglicht.

Faunistisch wichtig ist, daß im Steirischen Becken, im Gegensatz z. B. zum Wiener Becken, nur das Unterpannon, u. zw. dessen Zonen B und C im Sinne der Wiener Pannon-Einteilung (A. PAPP 1948—51), in europäischer Hinsicht also nur das Pontien inf. (= Vallesien) des Altpliozäns reichlich vertreten ist, während die höheren Horizonte (Pontien sup. = Pontien s. str.) nur ganz schwach fossilführend sind.

Nach W. BERGER (1952—54, 1957) war das Klima in Österreich während des Pannonium wärmer als heute und feuchter als im Sarmat, die fossile Flora bezeugt dichte Mischwälder mit noch subtropischen Elementen. Zur Bildung mächtigerer Kohlenlager kam es jedoch in der Steiermark nicht mehr.

Auch nach A. WINKLER v. HERMADEN (1957) liegen keine Anzeichen vor, daß im Altpannon das Klima trocken gewesen wäre, wohl würden aber die verkieselten Schotter des Oberpannons der SO-Steiermark für eine aride Periode sprechen.

In der Pannonium-Fauna der Steiermark kann im allgemeinen das Überwiegen von Waldformen nachgewiesen werden, sie stellt demnach eine *Hipparion*-Fauna mit Waldgepräge, also eine vom sogenannten Eppelsheim-Typus dar, im Gegensatz zu den *Hipparion*-Tiergemeinschaften vom Steppengepräge, zum Pikermi-Typus SO-Europas. Doch soll betont werden, daß die vielen Hirsch- und Waldraubtierformen des westdeutschen Altpliozäns in der Steiermark bisher nicht nachgewiesen werden konnten, das Klima muß bei uns kontinentaler gewesen sein, wenn auch die Trockenstandortelemente unserer Obersarmatfauna, wie *Brachypotherium*, *Dinotherium levius*, *Listriodon*, *Protragocerus* zurücktraten oder gänzlich verschwanden, dagegen Zwerghirsche, kleine Hirschformen, Waldantilopen, Wildschweintypen, Waldpferd und kleines Nashorn neben *Hipparion* erscheinen.

Die Pannonfauna des Wiener Beckens weist etwas mehr Steppenformen als die der Steiermark auf.

Hipparion, das dreizehige Wildpferd, Laubäser und Bewohner offener Fluren, kann zusammen mit der Waldantilope *Miotragocerus pannoniae* als eine Leitform unseres Altpliozäns betrachtet werden, denn es fehlt bis in unsere höchsten Sarmat-Horizonte und erscheint erst mit dem höheren Unterpannon, mit der Zone C der Wiener Pannon-Einteilung.

Die Faunaentwicklung zeigt zwischen dem Sarmatium und Pannonium eine Kontinuität nach vielen Autoren. Dasselbe bezeugt auch der Tierbestand der Steiermark aus diesen beiden erdgeschichtlichen Perioden, eine überwiegend endemische Weiterentwicklung aufweisend. Zahlreiche miozäne Säugetierarten persistieren fast unverändert im basalen Pannon, andere Formen des Altpliozäns

sind wieder nur evoluiertere Nachkommen bodenständiger, autochthoner Miozänarten.

Entwicklungsgeschichtliche Gründe würden die Bestrebungen, das Altplozän an das Miozän anzugliedern, wie das zahlreiche Fachleute schon früher (LAPPARENT, DEPÉRET, STIRTON, CRUSAFONT PAIRO, MOTTL usw.), in letzter Zeit in Österreich K. KOLLMANN (1965) und die Verfasserin (M. MOTTL 1970) anregten, nur unterstützen. Die Schlußphase des miozänen Entfaltungszyklus, das Jungplozän (Astium), ist, gegenüber dem folgenden pleistozänen Zyklus, auch nach E. THENIUS (1949) nur eine verarmte Pannonfauna.

Aus dem tiefen Unterpannon des Steirischen Beckens liegen mehrere Säugetierreste vor, von welchen die von Saaz, W von Feldbach, von St. Kind N von Feldbach und aus Kirchbach, SO von Heiligenkreuz a. W. unser hier behandeltes Gebiet nicht berühren, wohl aber der prächtige Unterkieferfund von *Breitenbilm* bei Hausmannstätten, SO von Graz, der in Sanden-Schottern der Anhöhe in der Nähe vom Schloß Klingenstein gefunden wurde (K. F. PETERS 1870, 1871). Den Gebiß- und anderen Merkmalen nach gehörte die Mandibel der großen, hauerzähnigen Urrüsseltierart *Dinotherium giganteum* KAUP an, mit noch einigen urtümlichen Zügen ausgestattet (M. MOTTL 1957/58, 1961, 1969). Nach K. KOLLMANN (1965) könnte die Fundstelle noch ein höchstes Sarmatniveau darstellen.

Die „oberen kohleführenden Schichten“ von Weiz in der NO-Steiermark (Wünschbauer), von H. FLÜGEL (1961) dem tiefsten Pannon, Zone A, von K. KOLLMANN (1965) der Zone B zugereicht, ergaben bisher keine Säugetierreste.

Von den, durch Sande und Tone voneinander getrennten Schotterdecken des höheren Unterpannons ist das Kapfensteiner Schotterniveau die älteste (A. WINKLER v. HERMADEN 1921, 1927, 1949, 1951, 1957), von A. WINKLER v. HERMADEN dem älteren Abschnitt der Zone D, von A. PAPP (1951, 1959), F. SAUERZOPF (1952/53), H. FLÜGEL (1961) und K. KOLLMANN (1965) der erdgeschichtlich etwas älteren Zone C zugeordnet.

Das klassische Gebiet dieses Schotterniveaus, der SO-Raum des Steirischen Beckens, liegt außerhalb des hier besprochenen Kartenblattes, doch kamen im Bereiche des *Vasoldsberges*, SO von Graz, aus Grobsanden dieses Horizontes Nashornreste zum Vorschein, die sich als die kleine Art *Rhinoceros steinheimensis* (JÄG.) erwiesen, eine Form, die das Obersarmat bezeichnet, aber bis ins Mittelpannon nachgewiesen werden kann (M. MOTTL 1965/66, 1970).

Etwas NW von dieser Fundstelle, beim *Schloß Klingenstein*, fand man in Sanden des Kapfensteiner-Niveaus den Backenzahn des Urrüsseltieres *Dinotherium giganteum* KAUP (V. HILBER 1915, M. MOTTL 1970).

Auffallend ist das Vorkommen eines jochzähnigen Urrüsseltieres aus den Schottern der *Ries*, Graz NO, da der betreffende Typus, eine *Mastodon turicensis-borsoni*-Übergangsform, in Österreich erst mit dem jüngeren Pannonium bekannt wurde (Penken bei Keutschach in Kärnten, M. MOTTL 1955), die Tone, Sande und Schotter der *Ries* jedoch nach K. KOLLMANN (1960, 1965) im allgemeinen nicht jünger als Zone C des höheren Unterpannons sind. In typischer Prägung bezeichnet *Mastodon borsoni* erst das Jungplozän.

Am Nordrande des Oststeirischen Beckens und in der Umgebung von Gleisdorf ist das Kapfensteiner-Niveau vom nächsthöheren Kirchberger-Schotter-

niveau nicht zu trennen. Aus rostbraunen Sanden des tiefsten Lappens des Schotterkomplexes kamen bei *Lembachmühle*, Eggersdorf-S, NO von Graz, die folgenden Säugetierreste ans Tageslicht:

Aceratherium incisivum KAUP (Schlankbeiniges Nashorn)

Chalicotherium styriacum BACH (Scharrkralientragendes Huftier)

Mastodon angustidens/longirostris-Übergangsform (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Mastodon longirostris KAUP (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Chalicotherium, das Krallentier, ist, wie erwähnt, eine in der Steiermark sehr seltene Tierart. Die Altplozänform von Eggersdorf zeigt Merkmale, die sie mit Miozäntypen des In- und Auslandes verbindet (M. MOTTTL 1966, 1970). Auch der Jungtier-Unterkieferfund der Urrüsseltier-Übergangsform von dieser Fundstelle zeigt atavistische Züge, die vorigen beiden Säugetierreste spiegeln gut das noch tiefpliozäne Gepräge der Fauna wider. Der *longirostris*-Backenzahn gehörte dagegen einem sehr fortschrittlichen Urrüsseltypus an (F. BACH 1908, 1910, G. SCHLESINGER 1917, M. MOTTTL 1958, 1966, 1970).

Ob der Nashornschädelrest (*Aceratherium incisivum* KAUP, W. TEPPNER 1915) aus Tonmergeln von *Affenberg*, NO von Eggersdorf, dem Kapfensteiner-Niveau angehörte oder einem älteren Komplex, läßt sich nicht mehr ermitteln. Wahrscheinlich diesem Niveau ist ein weiterer Nashornfund (cf. *Dicrorhinus schleiermachersi* KAUP) aus Höf, südlich von Eggersdorf zuzuordnen.

In den Jahren 1871/72, anlässlich der Erdarbeiten des *Laßnitz-(Schemerl)-Tunnels*, kamen aus dem Schotterkomplex, der heute durch die Arbeiten von K. KOLLMANN (1965), entgegen der Auffassung von A. WINKLER v. HERMADEN (1955, 1957, höheres Niveau des Karnerberg-Schotterzuges) als dem Kapfensteiner-Niveau zugehörig betrachtet wird, mehrere interessante Säugetierreste ans Tageslicht:

Dorcatherium nawi KAUP (Zwerghirsch)

Miotragocerus pannoniae (KRETLZ.) (Waldantilope)

Rhinoceros sp. (Nashorn)

cf. *Dinotherium giganteum* KAUP (Großes hauerzähniges Urrüsseltier)

Mastodon longirostris KAUP (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Mastodon longirostris-arvernensis-Übergangsform (Höckerzähniges Urrüsseltier)

Zwerghirsch-Antilopen- und Mastodonfunde sind evoluiert. Anancoide *Mastodon longirostris*-Typen, d. h. mit einer deutlichen Wechselstellung der Zahnjoche, sind im Wiener Becken (H. ZAPFE 1957, E. THENIUS 1959) und in Kärnten (M. MOTTTL 1955) erst mit dem jüngeren Pannon bekannt, die Funde von Laßnitz zeigen an, daß solche Typen in der Steiermark schon früher existierten.

Der so interessante und seltene Fund eines Giraffen aus dem Kapfensteiner-Schotterhorizont von Wagenbach bei Mitterdombach bei Hartberg entfällt schon der Betrachtung des hier erfaßten geologischen Gebietes, so liegen auch die Fundstellen in Gschmaier bei Ilz, Ilz und Edelsbach bei Feldbach außerhalb unseres Kartenblattes (M. MOTTTL 1970).

Dasselbe ist der Fall bezüglich der Säugetierfunde aus dem nächstjüngeren, aus dem von K. KOLLMANN (1960) ausgeschiedenen Kirchberger-Schotterniveau um Kirchberg a. d. Raab.

Der Urrüsseltierrest (*Dinotherium giganteum*) aus *Studenzen*, N von Kirchberg, sowie das Unterkieferstück derselben Art aus *Krumegg*, NO von Kirchberg, können aus dem Kirchberger-Niveau aber auch aus dem nächsthöheren Schotterhorizont stammen.

Am Ostrande unseres Kartenblattes befinden sich zahlreiche Fundstellen, die älteren Abschnitten der Zone C unseres höheren Unterpannons angehören dürften, so *Pischelsdorf*, NO von Gleisdorf mit dem Fund *Dinotherium giganteum* KAUP (M. MOTTTL 1958, 1969/70), *Gersdorf* bei Pischelsdorf mit einem Urrüsseltier-Milchzahnrest (*Mastodon longirostris* KAUP, M. MOTTTL 1970), *Hirnsdorf* bei Pischelsdorf, wo man in einer Sandgrube Zähne des Urrüsseltieres *Dinotherium giganteum* KAUP geborgen hat.

Bemerkenswert ist der Urrüsseltier-Zahnfund aus der Brunnengrabung am *Robrerberg*, S von Stattegg im Rannachgebiet, N von Graz, da er in der „Eggenberger Breccie“ in kalkreicher Roterde mit Kalk-Dolomitschutt lag. H. FLÜGEL (1961) betonte bereits, daß die jungtertiären Gehängebreccien und Rinnenfüllungen allem Anschein nach verschiedenen erdgeschichtlichen Alters sind, wie sie ja schon von älteren Autoren bald als pleistozäne, bald als altploizäne oder mittelmiozäne solche betrachtet wurden. Der zutage geförderte große, sehr evoluierte Rüsseltierzahn (*Mastodon longirostris* KAUP) würde für die Auffassung von A. WINKLER v. HERMADEN (1957) sprechen, daß nämlich ein Teil dieser Bildungen während des Pannonium entstand, wie das in jüngster Zeit auch K. KOLLMANN (1965) annahm.

Der Großteil der altploizänen Säugetierfunde der Steiermark entstammt Sedimenten des nächstjüngeren Schotterzuges, dem Karnerberg-Niveau. Dieser Schotterzug und seine Äquivalente wurden von A. WINKLER v. HERMADEN (1927, 1949, 1951, 1957) in die jungen Abschnitte der Zone D, von A. PAPP (1951, 1959) und F. SAUERZOPF in die Zone D bis Zone E eingestuft, von K. KOLLMANN (1960, 1965) aber noch als späte Phasen der Zone C der Wiener Pannon-Gliederung gewertet. Das klassische Verbreitungsgebiet dieser Quarz-Kristallinschotter liegt mit den so ergiebigen Fundorten um Riegersburg in der O-Steiermark (Breitenfeld, Tautendorf, Obertiefenbach, Johnsdorf, Kornberg) außerhalb unseres geologischen Kartenblattes, zwischen dem Raabtal und Rittscheinbachtal (unteres Karnerberg-Niveau nach A. WINKLER v. HERMADEN 1949).

Westlich der Raab erscheinen die Tone, Sande und Schotter zwischen dem Goggitschbachtal und Pickelbachtal SO von Graz, von K. KOLLMANN (1965) als höheres Karnerberg-Niveau betrachtet. Hier liegt aus der Sandgrube Edelsbrunner am *Holzmannsdorfberg*, NW von St. Marein a. P. die reichste pannonsche Säugetierfauna der Steiermark vor (M. MOTTTL 1966, 1969—70):

Carnivore sp. (Raubtier)

Felide sp. (Raubtier)

Aceratherium incisivum KAUP (Schlankkeinigtes Nashorn)

Hipparion primigenium H. v. M. (*gracile* KAUP) (Dreizehiges Wildpferd)

cf. *Anchitherium aurelianense* (CUV.) (Dreizehiges Waldpferd)

Chalicotherium sp. (Scharrtier)

Ancylotherium sp. (Scharrtier)

Hyootherium palaeochoerus (KAUP) (Wildschwein)

Dorcatherium nauii KAUP (Zwerghirsch)

Cervide sp. (Kleine Hirschform)

Miotragocerus pannoniae (KRETTZ.) (Waldantilope)

Dinotherium giganteum KAUP (Großes hauerzähniges Urrüsseltier)

Dinotherium levius JOURD. (Mittelgroßes hauerzähniges Urrüsseltier)

Mastodon longirostris KAUP (Großes höckerzähniges Urrüsseltier)

In der Fauna herrscht *Hipparion*, das dreizehige Buschsteppenpferd, vor. Beachtenswert sind die Einzelfunde der so seltenen Scharrtiere, von welchen

Ancylotherium aus Miozänformen abzuleiten ist und eine Trockenstandortform darstellt, ferner das Persistieren der beiden Miozänformen *Dinotherium levius* und *Anchitherium*. Richtige Steppenelemente, wie Gazellen, Steppenantilopen, Steppennashörner, Giraffen usw. fehlen. Bemerkenswert neben den Säugetierresten die vielen Land- und Flußschildkrötenfunde (*Testudo* und *Trionyx*), sowie die zahlreichen Gastropodengehäuse (*Cepaea sylvestrina leobersdorfensis* WENZ, *Galactochilus* sp., *Terebralia bidentata* EICHW.), von welcher letzteren das Vorkommen der miozänen (Badenien) *Terebralia* auffällt. Sämtliche Funde weisen auf Küstennähe hin.

Einen erdgeschichtlich etwas jüngeren, gesonderten, kalkreichen Schotterhorizont wies K. KOLLMANN (1965) vom Schemerlrücken, O von Graz teils bis SW von Gleisdorf und nach N über den Buckelberg bis Laßnitzhöhe nach, welche *Schemerl-Schotter* wegen ihrer zahlreichen Säugetierfunde bedeutungsvoll sind. A. WINKLER v. HERMADEN (1954) rechnete dieses Niveau als höchsten Horizont noch zum Karnerberg-Schotterzug, zu späten Abschnitten der Zone D bis Mittelpannon, während K. KOLLMANN es noch späten Phasen der Zone C zugliederte. Fundstellen dieses Schotterniveaus sind:

Schottergrube Grießl, Laßnitzhöhe, O von Graz

Aceratherium incisivum KAUP (Schlankbeiniges Nashorn)
Brachypotherium goldfussi KAUP (Schweres, hornloses Nashorn)
Hipparion primigenium H. v. M. (Dreizehiges Wildpferd)
Anchitherium aurelianense (CUV.) (Dreizehiges Waldpferd)
Hyootherium palaeochoerus (KAUP) (Wildschwein)
Miotragocerus pannoniae (KRETTZ.) (Waldantilope)
Dinotherium giganteum KAUP (Großes, hauerzähniges Urrüsseltier)
Mastodon longirostris KAUP (Großes höckerzähniges Urrüsseltier)

Auch in dieser Tiergemeinschaft herrscht *Hipparion*, das dreizehige Buschsteppenpferd vor. Interessant ist das Vorhandensein der schweren Nashorn-Savannenform und das Persistieren des miozänen Waldpferdes auch noch in diesem hohen Niveau (M. MOTTL 1954—55, 1957—58, 1969—70).

Bei einem Brückenbau der Autobahn kamen in *Laßnitzhöhe* im Jahre 1968 mehrere Reste der schlankbeinigen Nashornart *Aceratherium incisivum* KAUP ans Tageslicht.

Als Altfunde sind aus Laßnitz Urrüsseltier (*Mastodon longirostris* KAUP) und Nashornreste (*Aceratherium incisivum* KAUP) bekannt.

NW von Laßnitzhöhe, aus Tegellagen einer Sandgrube im *Hönigtal*, stammt ein Zahnfund, der nach F. TELLER, V. HILBER (1893), O. SICKENBERG (1934) und E. THENIUS (1956) der Wildschweinart *Hyootherium soemmeringi* *soemmeringi* H. v. M., der im Miozän verbreiteten Sumpfwaldform, angehörte. Nach neuen Betrachtungen handelt es sich jedoch hier nicht um miozäne, sondern um spätunterpannonische Bildungen (H. FLÜGEL 1963), wodurch das Überleben dieser Miozänform wie für Süddeutschland (K. A. HÜNERMANN 1961, 1968), auch für unser Pannonium angenommen werden muß.

SO von Laßnitzhöhe, in einer Sandgrube am *Buckelberg*, fand man den großen Vorderbackenzahn des hauerzähnigen Urrüsseltieres *Dinotherium levius* JOURD. (siehe F. HILBER 1915, O. SICKENBERG 1934, F. STEININGER-E. THENIUS 1965, M. MOTTL 1970), ferner einen solchen der Nashornart *Aceratherium incisivum* KAUP. Der erstere Fund ist ein weiterer Beleg für das Weiterleben dieser Miozänform in unserem Altplozän.

In der Gemeinde *Brunn bei Nestelbach*, SO von Laßnitzhöhe, lieferten die Sandgrube Adler und die des Erkoschlößls mehrere Säugetierfunde:

Aceratherium incisivum KAUP (Schlankbeiniges Nashorn)
Hipparion primigenium H. v. M. (Dreizehiges Wildpferd)
Anchitherium aurelianense (CUV.) (Dreizehiges Wildpferd)
Dorcatherium naui KAUP (Zwerghirsch)
cf. *Miotragocerus pannoniae* (KRETTZ.) (Waldantilope)
Dinotherium giganteum KAUP (Großes hauerzähniges Urrüsseltier)
Mastodon longirostris KAUP (Großes höckerzähniges Urrüsseltier)

In der Fauna herrschen die Wildpferdreste vor. *Anchitherium*, das überlebende miozäne Wildpferd, kann neben der sehr evolvierten Zwerghirschform auch hier nachgewiesen werden (M. MOTTL 1954—55, 1970).

Aus dem Hangenden der Sandgrube Erkoschlößl konnte ich auch mehrere Schneckengehäuse aufsammeln, die laut A. PAPP, Wien, *Tropidomphalus (Pseudochloritis) zelli depressus* WENZ und *Tacheocampylea* sp., also ganz anderen Formen als die entsprechenden Funde vom Holzmannsdorfberg bei St. Marein a. P. angehörten (M. MOTTL 1966). Erstere Unterart ist für die unterpannonischen Süßwasserkalke von Leobersdorf im Wiener Becken bezeichnend.

Hohen Horizonten des Unterpannons bzw. der Zone C sind auch die Säugetierfunde von *Dornegg*, SO von Laßnitzhöhe, S von Nestelbach, zuzuschreiben, die von *Mastodon longirostris* und einem evolvierten Individuum des dreizehigen Wildpferdes *Hipparion* herrühren. Im unmittelbaren Hangenden der Fundlage traf ich auch hier auf die Schneckenkerne der Unterart *Tropidomphalus zelli depressus* WENZ, nicht aber auf die aus dem Karnerberg-Niveau der Steiermark (M. MOTTL 1954, 1970).

Aus einer Sandgrube am *Schemerlücken* barg man einen noch etwas urtümlichen Backenzahn der Urrüsseltierart *Mastodon longirostris* KAUP, in zwei anderen Sandgruben O von Nestelbach und S von Unterlaßnitz typische Backenzähne der großen hauerzähnigen Urrüsseltierart *Dinotherium giganteum* KAUP.

Die wenigen Fundorte des Mittelpannons (Unterlamm und Schiefer bei Fehring, Kögelberg bei Fürstenfeld) und Oberpannons (Mühlsteinbruch bei Gleichenberg) der Steiermark befinden sich außerhalb unseres Kartenblattes.

Die Sedimente der ausgedehnten Flächensysteme des Jungpliozäns (Astium, Piacentium) der Steiermark erwiesen sich bisher als fundleer.

VI/5. Schrifttum

351. ALKER, A., Kluftlehm aus dem Schöckelkalk. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 47, Graz 1953.
352. ANGEL, F., Über Rotlehme aus dem Grazer Stadtgebiet. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 4—8, Graz 1954.
353. BACH, F., Die tertiären Landsäugetiere der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 45, 60—127, Graz 1908 (1908 a).
354. —, Zur Kenntnis obermiozäner Rhinocerotiden. — Jahrb. geol. Reichsanst., 58, 761—775, Taf. 29, Wien 1908 (1908 b).
355. —, Die tertiären Landsäugetiere der Steiermark. 2. Nachtrag. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 46, 329—334, Graz 1909 (1909 a).
356. —, Zur Kenntnis der Oberkieferbezeichnung obermiozäner Rhinocerotiden. — Mitt. deutsch. naturw. Ver. beider Hochsch. in Graz, 3, 1—13, Graz 1909 (1909 b).
357. —, Mastodontenreste aus der Steiermark (II. Mitteilung). — Mitt. Geol. Ges. Wien, 2, 8—24, Wien 1909 (1909 c).
358. BENESCH, FR., Über einen neuen Aufschluß im Tertiärbecken von Rein, Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 342—351, Wien 1913.

359. BLÜMEL, O. W., Die Grünerde von Wetzelsdorf bei Graz. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 33—38, Graz 1951.
360. CLAR, E., Zur Kenntnis des Tertiärs im Untergrunde von Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 184—191, Wien 1927.
361. — , Das Relief des Tertiärs unter Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 68, 16—27, Graz 1931 (1931 a).
362. — , Über das Alter und die formenkundliche Stellung der Eggenberger Breccie bei Graz. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 70, 57—58, Wien 1933 (1933 c).
363. — , Die „Eggenberger Bresche“ und das Alter einiger Formengruppen im Bergland von Graz. — Zeitschr. Geomorph., 8, 279—305, Berlin 1935 (1935 c).
364. — , Sarmat in der Kaiserwaldterrasse bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 154 bis 162, Wien 1938.
365. CORNELIUS, H. P., Über Tertiär und Quartär im Mürztal oberhalb Kindberg und seinen Nachbartälern. — Jahrb. geol. Bundesanst., 88, 103—145, Wien 1938.
366. ETTINGSHAUSEN, C., Die fossile Flora von Köflach in Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 8, 738—756, Taf. 2—4, Wien 1857.
367. — , Beiträge zur Kenntnis der Tertiärflora Steiermarks I. Fossile Pflanzen vom Moskenberg bei Leoben. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 60, 17, Wien 1869.
368. — , Über die fossile Flora von Leoben in Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 45—46, Wien 1870.
369. — , Die fossile Flora von Leoben in Steiermark. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 54, 261—384, Wien 1888.
370. — , Über neue Pflanzenfossilien aus den Tertiärschichten Steiermarks. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 60, 313—343, Wien 1893.
371. FLÜGEL, H., Aufnahme 1957 auf Blatt Graz (161). — Verh. geol. Bundesanst., 208—209, Wien 1958 (1958 b).
372. FLÜGEL, H. & E. NEUWIRTH, Ein Tuffvorkommen im Tertiärbecken von Passail. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 89, 181—184, Wien 1952.
373. GLAESSNER, M., Die Dekapodenfauna des österreichischen Jungtertiärs. — Jahrb. geol. Bundesanst., 78, 161—219, Taf. 3, 4, Wien 1928.
374. GOBANZ, J., Die fossilen Land- und Süßwassermollusken des Beckens von Rein in Steiermark. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 12, 180—201, Taf. 1, Wien 1854.
375. GRANIGG, B., Mitteilung über die steiermärkischen Kohlenvorkommen am Ostfuße der Alpen. — Zeitschr. Berg- und Hüttenw., 58, 1—53, Wien 1910.
376. HANSELMAIER, J., Geochemische Stellung toniger Gesteine bzw. Lockersedimente von Graz und weiterer Umgebung. — Mitt. naturw. Ver., Stmk., 79/80, 118—123, Graz 1951 (1951 b).
377. — , Ein Beitrag zur Kenntnis des Bindemittels der Eggenberger Bresche. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 1—10, Graz 1955 (1955 a).
378. — , Quarzporphyre aus den pannonischen Schottern von der Platte und von Laßnitzhöhe-Schemmerl. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 167, 525—546, Wien 1958 (1958 b).
379. — , Zur Petrographie pannonischer Schotter von der Platte-Graz (Schotterbruch Schreiner-Stattegger). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 89, 35—56, Taf. 1, Graz 1959 (1959 a).
380. — , Petrographie der Gerölle aus den pannonischen Schottern von Laßnitzhöhe, speziell Grube Griefl. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 168, 789—838, Wien 1959 (1959 b).
381. — , Petrographie der Gerölle aus den pannonischen Schottern von Laßnitzhöhe, speziell Grube Griefl (Fortsetzung und Schluß). — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 169, 319—340, Wien 1960 (1960 b).
382. HAUSER, A., Die Stellung der Eggenbergerbresche im Becken von Rein bei Gratwein. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 79/80, 124—126, Graz 1951.
383. HERITSCH, F., Beobachtungen im Tertiär von Passail. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 52, 383—385, Graz 1915 (1915 d).
384. HILBER, V., Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. — Jahrb. geol. Reichsanst., 43, 281—368, Wien 1893.
385. — , Die sarmatischen Schichten von Waldhof bei Wetzelsdorf, Graz SW. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 33, 182—204, 1 Taf., Graz 1896.

386. — , Wanderblöcke in Mittelsteiermark. — Exkursionsf. Int. Geol. Kongr., 5, 1—10, Wien 1903.
387. — , Die rätselhaften Blöcke in Mittelsteiermark. — Mitt. naturw. Ver., 49, 80—90, Graz 1912 (1912 a).
388. — , Taltreppen. — 50. S., Graz 1912 (1912 b).
389. HÖFER, H., Das Miozänbecken bei Leoben. — Exkursionsf. Internat. Geol. Kongr. Wien, 5, 1—5, Wien 1903.
390. HOERNES, R., Die fossilen Säugetierfaunen der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 14, 52—75, Graz 1877 (1877 b).
391. — , Vorkommen der sarmatischen Stufe in Thal, westlich von Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 305, Wien 1878 (1878 a).
392. — , Sarmatische Ablagerungen in der Umgebung von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 15, 9—33, Graz 1878 (1878 b).
393. — , *Mastodon angustidens* von Oberdorf, nördlich von Weiz. — Verh. geol. Reichsanst., 159—160, Wien 1880 (1880 b).
394. — , Vorlage von Säugethierresten aus den Braunkohlen-Ablagerungen der Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 338—339, Wien 1881.
395. HOFMANN, A., Über einige Säugethierreste aus der Braunkohle von Voitsberg und Steierregg bei Wies, Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 37, 207—217, Taf. 10—12, Wien 1887.
396. — , Beiträge zur miocänen Säugetierfauna der Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 42, 63—76, Taf. 2, 3, Wien 1893.
397. HOFMANN, A. & ZDARSKY, A., Beitrag zur Säugetierfauna von Leoben. — Jahrb. geol. Reichsanst., 54, 577—594, Taf. 14—16, Wien 1904.
398. HOHL, O., Über einige Fossilfundstellen der sarmatischen Stufe in der Umgebung von Gleisdorf. — Verh. geol. Bundesanst., 170—180, Wien 1927.
399. HÜBL, H., Säugetierfunde in der Oststeiermark zwischen Raab und Feistritz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 75, 48—59, Graz 1939 (1939 a).
400. — , Aufnahmebericht für 1938 über das Spezialkartenblatt Graz (5155). — Verh. Zweigt. Wien Reichsst. Bodenf., 53—55, Wien 1939 (1939 b).
401. — , Chemisch-petrographische Untersuchungen an tertiären Höhlensedimenten und ihre Beziehung zum Tertiär am Grundgebirgsrand bei Weiz (Steiermark). — Zentralbl. Mineral. etc., A., 122—135, Stuttgart 1941 (1941 a).
402. — , Beitrag zur Kenntnis der jungtertiären Sedimente im Gebiet Weiz-Gleisdorf-Pischelsdorf (Oststeiermark) mit besonderer Berücksichtigung ihres phytogenen Inhaltes. — Zentralbl. Mineral. etc., B, 69—80, Stuttgart 1941 (1941 b).
403. — , Zur Sedimentpetrographie der Diluvial- und Pliozänterrassenlehme in der Oststeiermark. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 93, 466—491, Berlin 1941 (1941 c).
404. — , Geochemische Untersuchung einer jungtertiären Verwitterungsreihe: Granatglimmerschiefer-Ton. Mit einer kurzen Darstellung der geologischen Verhältnisse in der jungtertiären Kohlenmulde von Niederschöckel (Graz, Nordoststeiermark). — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 94, 115—145, Berlin 1942 (1942 b).
405. — , Zur Kleintektonik des oststeirischen Jungtertiärs. — Zentralbl. Mineral. etc., B, 1—7, Stuttgart 1942 (1942 c).
406. — , Die Jungtertiärablagerungen am Grundgebirgsrand zwischen Graz und Weiz. — Mitt. Reichsamt Bodenf., 27—72, Wien 1942 (1942 d).
407. — , Sedimentpetrographisch-chemisch-bodenphysikalische Untersuchungen dreier pannoner Lockersedimente in der Oststeiermark. — Chemie d. Erde, B 14, 358—383, Berlin 1942 (1942 e).
408. — , Ein petrographisch-chemisches Profil durch kalkige Obersarmatsedimente in der Oststeiermark. — Chemie d. Erde, B 14, 453—475, Berlin 1942 (1942 f).
409. JACOBSEN, W., Über Eozängerolle von St. Michael und Leoben. — Verh. geol. Bundesanst., 60—63, Wien 1932.
410. KLAUS, W., Braunkohlen-Palynologie einiger weststeirischer Lagerstätten. — Verh. geol. Bundesanst., 170—179, Wien 1954.
411. KNOLL, F., Die miocäne Flora von Andritz. — EOS, 36—38, Taf., Graz 1902.
412. — , Zwei tertiäre *Potamogeton*-Arten aus der Section Heterophylli KOCH. — Österr. botan. Zeitschr., 1—6, Wien 1903.
413. KOLLMANN, K., Cytherideinae und Schulerideinae n. subfam. (Ostracoda) aus dem Neogen des östlichen Österreichs. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 51, 89—195, Taf. 1—21, Wien 1960 (1960 a).

414. — , Das Neogen der Steiermark (mit besonderer Berücksichtigung der Begrenzung und Gliederung). — Mitt. Geol. Ges. Wien, 52, 159—167, Wien 1960 (1960 b).
415. KOPETZKY, G., Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in Südweststeiermark. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 18, 112 S., Karte 1 : 25.000, Graz 1957.
416. KREJCI-GRAF, K., MENZEL, P. & W. WEILER, Pflanzen und Tiere aus dem Tertiär von Leoben. — Senckenbergiana, 12, 51—64, Frankfurt a. M. 1930.
417. KUBART, B., Beiträge zur Tertiärflora der Steiermark. — Arb. phytopaläont. Labor, 1, Graz 1924.
418. LACKENSCHWEIGER, H., Die Braunkohlenmulde von Leoben. — Zeitschr. Berg-, Hütten- u. Salinenw., 85, 209—213, 1937.
419. — , Seismische Aufnahmen in der Weststeiermark. — Berg- und Hüttenm. Mh., 97, 111—113, Wien 1952.
420. MARCHET, A., Über vulkanische Tuffe in der Braunkohle von Seegraben bei Leoben. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt. (N. F.), 45, 81—83, Wien 1934.
421. MOSTLER, H., *Taxodioxylon sequoianum* als Geröll in der „Eggenberger Breccie“. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 210—212, Graz 1958.
422. MOTTL, M., *Hipparion*-Funde der Steiermark. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 13, 43—71, Graz 1954 (1954 a).
423. — , *Dorcatherium* im Unterpliozän der Steiermark. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 13, 72—75, Graz 1954 (1954 b).
424. — , Neue Säugetierfunde aus dem Jungtertiär der Steiermark. I. *Anchitherium*-Funde aus dem Unterpliozän der Steiermark. II. Der erste Nachweis von *Miotragoceros* im Pannon der Steiermark. III. *Hyootherium palaeochoerus*, ein neuer Suide aus dem Unterpliozän. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 15, 51—76, Graz 1955 (1955 a).
425. — , Neue Proboscidiertierfunde aus dem Sarmat der Steiermark. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 19, 16—41, Graz 1958.
426. NEPPEL, A., Aufnahmebericht für 1938 über das Tertiär westlich des Plabutsch-Kollerberg-Buchkogelzuges. — Verh. Zweigst. Reichsst. Bodenf., 57—59, Wien 1939.
427. NEUWIRTH, E., Zur Petrographie einiger Bentonitvorkommen aus Steiermark, Kärnten und Italien. — Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. (III. F.), 3, 167—180, Wien 1952.
428. PAPP, A., Fossilien aus der Bohrung Pirka bei Voitsberg (Stmk.) und Bemerkungen über die Altersstellung der durchteuften Schichten. — Verh. geol. Bundesanst., 220—226, Wien 1953.
429. — , Die Molluskenfauna im Sarmat des Wiener Beckens. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 45, 1—112, Taf. 1—20, Wien 1954.
430. — , Fazies und Gliederung des Sarmats im Wiener Becken. — Mitt. geol. Ges. Wien, 47, 35—98, Wien 1956.
431. — , Tertiär, I. Teil. Grundzüge regionaler Stratigraphie. — 411 S., Stuttgart 1959.
432. PENECKE, K. A., Die Molluskenfauna des untermiocänen Süßwasserkalkes von Reun in Steiermark (Sandbergers Horizont der *Helix Raymondi* BRONG.). — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 43, 346—368, Taf. 21, Berlin 1891.
433. — , Exkursion nach Reun. — Exkursionsf. Intern. Geol.-Kongr., V., 1—3, Wien 1903.
434. PETERS, K., Das Süßwasserbecken von Rein in Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 4, 433—434, Wien 1853.
435. — , Mastodontenzahn von Köflach. — Verh. geol. Reichsanst., 159, Wien 1867.
436. — , Neue Funde von tertiären Wirbeltierresten in Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 173—174, Wien 1870.
437. — , Unterkiefer eines *Dinotherium giganteum* (*D. medium*) KAUP. — Verh. geol. Reichsanst., 108—109, Wien 1871 (1871 a).
438. — , Säugetierreste aus der Braunkohle von Voitsberg. — Verh. geol. Reichsanst., 108—109, Wien 1871 (1871 b).
439. — , Dickhäuterreste von Voitsberg, *Dinotherium*zahn von der Schemmerlhöhe bei Graz, Peggauer Höhlen. — Verh. geol. Reichsanst., 252—254, Wien 1871 (1871 c).
440. PETRASCHECK, W., Braunkohlenlager der österreichischen Alpen. — Berg- und Hüttenm. Jahrb., 72, 5—48, Wien 1924.

441. — , Die tertiären Senkungsbecken am Fuße der Alpen. — Berg- und Hüttenm. Jahrb., 73, 213—272, Wien 1925.
442. — , Einiges über die Geröllführung im inneralpinen Miozän. — Verh. geol. Bundesanst., 89—96, Wien 1929.
443. — , Vulkanische Tuffe im Jungtertiär der Ostalpen. — Verh. geol. Bundesanst., 231—239, Wien 1955.
444. REDLICH, K. A., Eine Wirbeltierfauna aus dem Tertiär von Leoben. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 444—460, Wien 1898.
445. — , Neue Beiträge zur Kenntnis der tertiären und diluvialen Wirbeltierfauna von Leoben. — Verh. geol. Reichsanst., 166—174, Wien 1906.
446. RÖSSLER, W., Ein fossiles Holz aus der Eggenberger Breccie. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 213—220, Taf. 6, Graz 1958.
447. ROLLE, F., Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Gratz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 7, 535—602, Wien 1856 (1856 b).
448. RUTTNER, A. Die Eisenerze auf dem Kraubather Serpentinzug (Steiermark). — Archiv Lagerstättenforsch., 75, 58—60, Berlin 1942.
449. SCHMIDT, W., Zur Oberflächengestaltung der Umgebung Leobens. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 129, 539—558, Wien 1920.
450. SIEGL, W., Zur Petrographie und Entstehung der Tonsteine und Bentonite (Smektiten). — Berg- und Hüttenm. Mh., 96, 100—104, Wien 1951.
451. SÖLCH, J., Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des Steirischen Randgebirges und seiner Nachbarschaft. — Forsch. deutsch. Landeskd., 21, 307—484, Stuttgart 1917.
452. STANDFEST, F., Über das Alter der Schichten von Rein in Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 176—179, Wien 1882.
453. STINI, J., Beziehungen des Tertiärs der Waldheimat zum Aufbau des Nordostspornes der Alpen. — Zentralbl. Mineral. etc., 49—57, Stuttgart 1922.
454. — , Zur Entstehung von Kohlenmulden. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 16, 286—294, Wien 1923.
455. — , Das Kohlenbecken von Köflach-Voitsberg und seine Umgebung (Erwiderung an Herrn Oberbergat Dr. L. WAAGEN). — Verh. geol. Bundesanst., 107—108, Wien 1926 (1926 a).
456. — , Nochmals das Kohlenbecken von Köflach-Voitsberg und seine Umgebung (Entgegnung an Herrn Oberbergat Dr. L. WAAGEN). — Verh. geol. Bundesanst., 183—184, Wien 1926 (1926 b).
457. — , Der Boden von Bruck a. d. Mur und seine Entstehung. — In R. ANTAUER, Bruck a. d. Mur, Ein Heimatbuch. — 16 S., 1951.
458. STUR, D., Über die Ablagerungen des Neogen, Diluvium und Alluvium im Gebiete der nordöstlichen Alpen. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 16, 477—539, Wien 1855.
459. — , *Carya Andriani* nov. sp. im Hangenden des Kohlenstockes in Tregist. — Verh. geol. Reichsanst., 122, Wien 1872 (1872 a).
460. — , Zähne eines Nagers aus der Kohle von Tregist in Steiermark. — Verh. geol. Reichsanst., 147, Wien 1872 (1872 b).
461. SUESS, E., Über die Verschiedenheit und die Aufeinanderfolge der tertiären Landfaunen in den Niederungen von Wien. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 47, 306—331, Wien 1863.
462. THENIUS, E., Die Lutrinen des steirischen Tertiärs. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 158, 299—322, Wien 1949 (1949 a).
463. — , Zur Revision der Insektivoren des steirischen Tertiärs. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 158, 671—693, Wien 1949 (1949 b).
464. — , Die tertiären Lagomeryciden und Cerviden der Steiermark. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 159, 219—254, Wien 1950.
465. — , Die Boviden des steirischen Tertiärs. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 161, 409—439, Wien 1952 (1952 a).
466. — , Die Suiden und Tayasuiden des steirischen Tertiärs. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 165, 337—382, Wien 1956.
467. UNGER, F., Fossile Pflanzen von der Halde südlich vom Schloß Kainberg zwischen Ebersdorf und Kumberg. — Haidingers Ber., 5, 51—53, Wien 1849.

468. — , Verzeichnis fossiler Pflanzen österreichischer Tertiärbecken. — Haidingers Ber., 6, 2—4, Wien 1850.
469. WAAGEN, L., Das Kohlenbecken von Köflach-Voitsberg und seine Umgebung. — Verh. geol. Bundesanst., 171—186, Wien 1925 (1925 b).
470. — , Nochmals das Kohlenbecken Köflach-Voitsberg und seine Umgebung. — Verh. geol. Bundesanst., 147—150, Wien 1926 (1926 b).
471. — , Die Bohrung auf Erdöl in der Gemeinde Mooskirchen, Steiermark. — Allgem. Österr. Chemik. und Techn. Zeitung, 44, 161—166, Wien 1927 (1927 b).
472. WENZ, W., Gastropoda extramarina tertiaria. — Foss. Catal. (I), 17, 18, 20—23, 32, 38, 40, 43, 46, Berlin 1923—1930.
473. WINKLER A., Versuch einer tektonischen Analyse des mittelsteirischen Tertiärgebiets und dessen Beziehungen zu den benachbarten Neogenbecken. — Verh. geol. Reichsanst., 311—321, Wien 1913.
474. — , Beitrag zur Kenntnis des oststeirischen Pliocäns. — Jahrb. geol. Staatsanst., 71, 1—50, Wien 1921.
475. — , Über die sarmatischen und pontischen Ablagerungen im Südostteil des steirischen Beckens. — Jahrb. geol. Bundesanst., 77, 393—456, Wien 1927 (1927 a).
476. WINKLER-HERMADEN, A., Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. — In SCHAFFER, Geologie von Österreich, 414—524, Wien 1951 (1951 a).
477. — , Geologisches Kräftespiel und Landformung. — 822 S., Wien 1957.
478. WINKLER v. HERMADEN, A., Tertiäre Ablagerungen und junge Landformung im Bereich des Längstales der Enns. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 159, 255—280, Wien 1950.
479. — , Über neue Ergebnisse aus dem Tertiärbereich des steirischen Beckens und über das Alter der Oststeirischen Basaltausbrüche. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 160, 1—15, Wien 1951 (1951 b).
480. — , Die jungtektonischen Vorgänge im steirischen Becken. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 160, 37—69, Wien 1951 (1951 c).
481. ZDARSKY, A., Die miozäne Säugetierfauna von Leoben. — Jahrb. geol. Reichsanst., 59, 245—288, Taf. 6—8, Wien 1909.
- Ferner: 33, 66, 113, 141, 146, 148 a, 240, 244, 289, 308, 332 a, b, 541, 562, 664, 689, 752, 793, 795, 796, 797, 798, 804, 815, 817, 818, 820, 824, 829, 830.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

925. BACH, F., *Mastodon*reste aus der Steiermark. — Beitr. Pal. Geol. Österr. Ung., 23, 64—124, 5 Abb., 4 Taf., Wien 1910.
926. — , *Chalicotherium*reste aus der Steiermark. — Jahrb. geol. Reichsanst., 62, 681—690, Taf. 28, Wien 1912.
927. BECK-MANNAGETTA, P., Schichtfolge und Tektonik des unteren Lavantales. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 33—37, Wien 1950.
928. — , Über die heutige Kenntnis des Tertiärs im unteren Lavanttal. — Verh. geol. Bundesanst., C, 111—114, Wien 1952.
929. BEER, H. & KOPETZKY, G., Zur Frage der Abgrenzung von Helvet und Torton im südweststeirischen Becken. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 14, 362—365, Wien 1951.
930. BERGER, W., Die jungtertiären Floren des Wiener Beckens und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie und Stratigraphie. — Berg- & Hüttenm. Mh., 97, 125—127, Wien 1952.
931. — , Flora und Klima im Jungtertiär des Wiener Beckens. — Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., 105, 228—233, 3 Abb., Hannover 1955.
932. FLÜGEL, H. & HERITSCH, H., Das steirische Tertiär-Becken. — Samml. Geol. Führer, 47, 196 S., 27 Abb., 8 Taf., Borntraeger 1968.
933. HILBER, V., Steirische Dinotherien. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 51, 111—132, 4 Taf., Graz 1915.
934. HOSCHEK, G., Sedimentpetrographische Untersuchungen an Tonen aus dem Gebiet von Köflach und Velden. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 17—22, Graz 1964.
935. HÜNERMANN, K. A., Über den Leitwert der *Suidae* im europäischen Neogen. — Eclogae, Geol. Helv., 62, 715—730, 7 Abb., Basel 1969.

936. JANOSCHEK, R., Das Grazer Becken. — In: Erdöl in Österreich, 86—92, 6 Abb., Wien 1957.
937. KLAUS, W., Die Palynologie als stratigraphische Methode im Tertiär. — In: PAPP, A., Tertiär, 1, 359—384, Stuttgart 1959.
938. KOLLMANN, K., Jungtertiär im steirischen Becken. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 57, 479—632, 2 Abb., Wien 1965.
939. MOHR, H., Über Funde von Holzkohle im Lößlehm von St. Peter bei Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 327—333, Wien 1919.
940. MOTTL, M., Neuer Beitrag zur Säugetierfauna von Penken bei Keutschach in Kärnten. — Carinthia II, 65, 60—91, 6 Abb., Klagenfurt 1955.
941. —, Bericht über die neuen Menschenaffenfunde aus Österreich, von St. Stefan im Lavanttal in Kärnten. — Carinthia II, 67, 39—84, 12 Abb., Klagenfurt 1957.
942. —, Weitere Säugetierreste aus dem Sarmat von St. Stefan im Lavanttal. — Carinthia II, 68, 46—48, Klagenfurt 1958.
943. —, Neue Säugetierfunde aus dem Glanzkohlenbergbau von Fohnsdorf, Steiermark. — Mitt. Museum Bergb., Geol. Techn., 22, 3—21, 1 Taf., Graz 1961 (1961 a).
944. —, Die Dorcatherien (Zwerghirsche) der Steiermark. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn., 22, 21—71, 9 Taf., Graz 1961 (1961 b).
945. —, Ein vollständiger *Hyotherium palaeochoerus*-Schädel aus dem Altplozän (Pannon) Südost-Österreichs. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn., 28, 3—31, 4 Taf., Graz 1966 (1966 a).
946. —, Eine neue unterpliozäne Säugetierfauna aus der Steiermark. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn., 28, 33—62, Graz 1966 (1966 b).
947. —, Die Säugetierfunde von St. Oswald bei Gratwein, westlich von Graz in der Steiermark. — Festschr. Joanneum, 299—320, 4 Taf., Graz 1969 (1969 a).
948. —, Bedeutende Proboscidier-Neufunde aus dem Altplozän (Pannonien) Südost-Österreichs. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 115, 5—50, 22 Taf., Wien 1969 (1969 b).
949. —, Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Süd-Österreich. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn. 31, 91 S., 7 Abb., Graz 1970.
950. PAPP, A., Das Pannon des Wiener Beckens. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 39—41, 99—193, 7 Abb., 4 Tab., Wien 1951.
951. PAPP, A. et al., Zur Nomenklatur des Neogens in Österreich. — Verh. geol. Bundesanst., 1968, 9—27, 1 Tab., Wien 1968.
952. PASCHINGER, H., Klimabedingte Oberflächenformen am Rande der Grazer Bucht. — Geogr. Zeitschr., 53, 162—170, 1 Abb., Wiesbaden 1965.
953. PETERS, K. F., Über Reste von *Dinotherium* aus der obersten Miozänstufe der südlichen Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 8, 367—398, 3 Taf., Graz 1871.
954. PIA, J. & SICKENBERG, O., Katalog der in den österreichischen Sammlungen befindlichen Säugetierreste des Jungtertiärs Österreichs und der Randgebiete. — Denkschr. Naturhist. Museum, Geol. Pal. Reihe, 4, 544 S., Wien 1934.
955. SAUERZOPF, F., Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des burgenländischen Pannons. — Burgenl. Heimatbl., 14, 1—16, 2 Taf., Eisenstadt 1952.
956. —, Fossile Säugetierreste aus dem Burgenland. — Burgenl. Heimatbl., 15, 145—154, Eisenstadt 1953.
957. SCHLESINGER, G., Die Mastodonten des k. u. k. Naturhistorischen Hofmuseums. — Denkschr. Naturhist. Hofmus., 1, 230 S., 35 Taf., Wien 1917.
958. —, Die stratigraphische Bedeutung der europäischen Mastodonten. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 11, 129—212, 6 Taf., Wien 1919.
959. SKALA, W., Vorbericht über die Untersuchung von Sedimentationsrichtungen in den Ablagerungen des Pannon C im Steirischen Becken. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 229—232, Wien 1966.
960. —, Lithogenetische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger-Karnerberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken). — Mitt. Geol. Ges. Wien, 60, 69—95, 12 Abb., 1 Taf., Wien 1968.
961. —, Lithologische Untersuchungen an den Kirchberger Sanden (Pannon C, Steirisches Becken) mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung. — Geol. Rdsch., 58, 220—229, 6 Abb., Stuttgart 1969.
962. STEININGER, F., Ein bemerkenswerter Fund von *Mastodon (Bunolophodon) longirostris* KAUP aus dem Unterpliozän (Pannon) des Hausruck-Kobernauber-

- waldgebietes in O.Ö. — Jahrb. Geol. Bundesanst., 108, 195—212, 6 Taf., Wien 1965.
963. TEPPNER, W., Ein Beitrag zur Kenntnis der neogenen Rhinocerotiden der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 51, 133—160, 2 Taf., Graz 1915.
964. THENIUS, E., Zur Revision der Insectivoren des steirischen Tertiärs. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 11, 119—121, Wien 1948.
965. —, Die Carnivoren von Görtschach. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., I, 158, 799—810, 2 Abb., Wien 1949 (1949 c).
966. —, Die jungtertiäre Säugetierfauna des Wiener Beckens in ihrer Beziehung zur Stratigraphie und Ökologie. — Erdöl. Ztg., 5, 52—54, Wien 1951.
967. —, Die Säugetierfauna aus dem Torton von Neudorf an der March. — N. Jahrb. Geol. Paläont., Abh., 96, 27—136, 70 Abb., Stuttgart 1952 (1952 b).
968. —, Wirbeltierfaunen. — In: Tertiär, Handb. Strat. Geol., 2, 328 S., 12 Abb., 10 Taf., Stuttgart 1959.
969. —, Stammesgeschichte der Säugetiere. — Handbuch Zool. 8/2, 1—722, Berlin 1969.
970. THENIUS, E. & HOFER, H., Stammesgeschichte der Säugetiere. — 322 S., 53 Abb., 2 Tab., Berlin-Göttingen-Heidelberg (Springer) 1960.
971. THENIUS, E. & PAPP, A., Über die Grundlagen der Gliederung des Jungtertiärs und Quartärs in Niederösterreich. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., I, 158, Wien 1949.
972. VIRET, J., Catalogue critique de la faune mammifères miocènes de la Grive St. Alban I. — Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon, 3, 104 S., 4 Taf., Lyon 1951.
973. WANG, K. M., Die obermiozänen Rhinocerotiden von Bayern. — Paläont. Zeitschr. 10, 184 ff., Berlin 1928.
974. WIESENEDER, H. & SCHABERT, S., Über Roterdevorkommen in der Oststeiermark. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 53—57, 1 Abb., Graz 1971.
975. WINKLER, A., Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. — Jb. geol. Reichsanst., 53, 503—620, 2 Taf., Wien 1913.
976. —, Studienergebnisse im Tertiärgebiet von Südwest-Steiermark. — Verh. geol. Bundesanst., 93—101, Wien 1924.
977. —, Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl., I, 101, 89—130, 1 Taf., Wien 1927 (1927 b).
978. WINKLER-HERMADEN, A., Die jungtertiären Ablagerungen am Nordostsporn der Zentralalpen und seines Südsauces. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., I, 142, 81—102, 1 Abb., Wien 1933.
979. —, Geologischer Führer durch das Tertiär- und Vulkanland des steirischen Beckens. — Samml. Geol. Führer, 36, 209 S., 27 Abb., 3 Taf., Borntraeger 1939.
980. —, Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. — In: SCHÄFFER, Geologie der Ostmark, 295—404, 20 Abb., Wien 1943.
981. —, Neue Beobachtungen im Tertiärbereich des Mittelsteirischen Beckens. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 145—168, 7 Abb., Graz 1952.
982. —, Geologisches Kräftepiel und Landformung. — 822 S., 5 Taf., Springer, Wien 1957.
983. —, Zur Geologie des südweststeirischen Tertiärbeckens. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 233—245, 1 Abb., Graz 1958.
984. ZAPFE, H., Ein bedeutender *Mastodon*-Fund aus dem Unterpliozän von Niederösterreich. — N. Jahrb. Geol. Paläont., Abh., 104, 382—406, 3 Abb., 4 Taf., Stuttgart 1957.
985. ZÜTL, J., Fossile Großformen im ostalpinen Karst. — Erdkunde, 18, 142—146, 1 Abb., Bonn 1964.

VII. Quartär

VII/1. Pleistozän

Da nach den Untersuchungen von N. LICHTENECKER 1938 : 143 im Bereich des Kartenblattes die Schneegrenze im Pleistozän bei etwa 1800 m SH lag, finden sich nur im Gebiete des Gleinalm-Speick (1989 m Sh) Vergletherscherrungsspuren (A. PENCK, 1909 : 1134).

Im übrigen Raum stellen die glazialklimatisch bedingten Terrassen die wichtigsten Bildungen des Pleistozäns dar.

VII/1a. Die quartären Terrassen

Nach allgemeiner Ansicht entwickeln sich die quartären Terrassen durch ein Wechselspiel von (spät-)kaltzeitlicher Schotterakkumulation im Vorfeld der Gletscher und warmzeitlicher Erosion (vgl. S. MORAWETZ 1961). Dadurch kam es zu einer Ineinanderschachtelung von Terrassenkörpern, die umso höher liegen, je älter sie sind.

Zu diesem Vorgang tritt die Ausbildung eines Staublehm- bzw. Löss-Schleiers während der Kaltzeiten durch Ausblasungen aus tiefer gelegenen Fluren. Während der Warmzeiten bildeten sich auf diesen Lehmdecken Böden, die in der folgenden Kaltzeit durch neue Anwehungen begraben wurden (J. FINK 1958, 1965). Dadurch wird die Möglichkeit der Datierung dieser Ablagerungen und ihre Korrelation mit den Terrassen möglich.

Im Grazer Raum wurden die quartären Terrassen vor allem durch V. HILBER 1912 b, A. WINKLER v. HERMADEN 1955, 1963, J. FINK 1961, 1965, S. MORAWETZ 1961, H. FLÜGEL 1961 c u. a. beschrieben. Diesen Arbeiten zufolge lassen sich die Terrassen zu vier Gruppen zusammenfassen.

Obere Terrassen-Gruppe (Prägünz)

Die Obere Terrassen-Gruppe läßt sich nach A. WINKLER v. HERMADEN 1955 in eine höhere und eine tiefere Flur gliedern. Die höhere Terrasse steigt im Bereich des Kartenblattes von einer SH von etwa 420 m westlich von Pirka über etwa 470 m auf der Kanzel bis 560 m SH bei Frohnleiten empor. Eine Lehmhaube fehlt ihr meist, sodaß nur eine Decke grober Quarz- und Kristallin-Schotter gegeben ist.

Demgegenüber besitzt der tiefere Flurenkomplex über den kristallinen Schottern der Basis noch eine mächtige Lehmkappe. Nach A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 69 findet sich diese Terrasse im Rutschgebiet der Ziegelei Wienerberger—St. Peter in etwa 417 m Sh. Sie steigt von hier gegen N zu an und liegt im Raume von Frohnleiten um 530 m Sh.

Es wird allgemein angenommen, daß diese Terrassen-Gruppe aufgrund ihrer Höhenlage dem Prägünz angehört. Möglicherweise entspricht das tiefere Niveau dem Donau-Stadium, das höhere der Villafranca-Stufe.

Rosenberg- und Schweinsbachwald-Terrasse (Günz und Mindel)

A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 54 faßte die Rosenberg- und Schweinsbachwald-Terrasse zur „Mittleren Terrassen-Gruppe“ zusammen. Sie besteht aus bis zu 20 m mächtig werdenden Staublehmdecken über einer geringmächtigen basalen Schotterlage aus stärker verwitterten Kristallingeröllen. Die Lehme werden durch die Einschaltung fossiler Bodenhorizonte gegliedert, was auf verschiedenzeitliche Anwehungen deutet. Hierher gehören u. a. die in den Ziegeleien Messendorf bzw. Premstätten (Kaiserwald-Terrasse) abgebauten Vorkommen. Ihre petrographisch-mineralogische Zusammensetzung wurde von H. HÖLLER & H. KOLMER 1965 beschrieben.

Die Oberfläche der Terrassen zeigt durch die Entwicklung von Muldentälchen eine deutliche Gliederung.

Die ca. 40 bis 50 Meter über der Mur gelegenen Terrassen lassen sich von Hart bei Messendorf (380 m Sh) über St. Stefan bei Gratkorn (420 m Sh) zum

Kugelstein und weiter nach Frohnleiten (500 m Sh) verfolgen. Bei Bruck a. d. M. gehören dieser Gruppe Terrassen in einer Höhe von rund 580 m Sh an.

Die höhere Rosenberg-Terrasse gehört dem Günz, die Schotter der tieferen Schweinsbachwald-Terrasse dem Mindel-Glazial an.

Helfbrunner-Terrasse (Riß)

Die von A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 52 und J. FINK 1959 : 9 als Riß-Terrassen angesprochenen Bildungen steigen von 350 bis 370 m im Grazer Feld (Grambach, Messendorf, St. Peter) über 450 m im Raum von Peggau auf 470 m Sh am Kugelstein und bei Frohnleiten an. Am Schloßberg von Bruck an der Mur gehören ihr die 70 bis 80 m über der Mur liegenden Terrassenschotter an (A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 51).

Westlich der Mur gehört dieser Terrasse die von V. MAURIN & J. ZÖTL 1959 : 13 beschriebene Leiste bei Krottenhof an (in der Karte nicht ausgeschieden). Vermutlich ist auch die Terrasse von Windorf, die nach den Feststellungen von J. FINK (unver.) einen eigenen basalen Schotterkörper besitzt, ebenfalls hierher zu stellen (vgl. oben).

Die Lehmedecke über den Schottern, Kiesen und Sanden dieser Terrassen ist meist nur geringmächtig. Charakteristisch scheint nach A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 51 die Führung von Kalkgeröllen zu sein. In der Ziegelei Baltl in Graz/St. Peter zeigt die Lehmedecke nach H. MOHR 1919, 1923 und J. FINK 1958, 1959 eine Gliederung in einen tieferen Komplex, der durch das Auftreten warmzeitlich gebildeter, anmooriger Grundwassergleye charakterisiert ist, und einen höheren, der aus bräunlichen, gelben, sehr feinsandigen entkalkten Lößlehmen mit Einschaltung feiner Kiesschnüre und Holzkohle-Resten, die von Steppenbränden stammen dürften, besteht. Stellt ersterer die normalen Decklehme der Riß-Terrasse dar, so gehören die kaltzeitlichen angewehten Löße bereits dem Würm an. Daraus ergibt sich, daß die Bodenbildung in das Riß-Würm, die Terrassenbildung in das Riß fallen muß.

Nach A. WINKLER v. HERMADEN 1955 : 109 gehören auch die von J. HANSELMAYER 1954 b : 439 beschriebenen Terrassenlehme von Gleisdorf diesem Riß-zeitlichen Niveau an. Er bezeichnete sie als „Hochflutlehme“, wobei jedoch der sehr hohe Anteil an Feinstoff unter 0,05 mm (77%!) eher im Sinne von J. FINK 1958 : 100 für eine Staub-Ablagerung spricht.

Ein Profil der Terrasse gab H. HÜBL 1938 : 42. Auch hier führen die Terrassenschotter unter den von der Gleisdorfer Ziegelei genutzten Lehmen Kalkgeröllen.

Untere Terrassen-Gruppe (Würm und Holozän)

V. HILBER 1912 b gliederte im Raume von Graz die Untere Terrassen-Gruppe von oben nach unten in die Steinfelder-Stufe, Dominikanerriegel- bzw. Harmsdorfer-Stufe, Karlauer-Stufe und unterste Stadtboden-Stufe. Die Einstufung dieser Niveaus in das Würm-Glazial bzw. Holozän wird durch Fossilfunde bzw. Kulturreste bewiesen, wengleich über die Entwicklung im einzelnen keine einheitliche Meinung herrscht.

Die Basis der „Unteren Terrassen-Gruppe“ weist eine deutliche Stufung auf. (H. FLÜGEL 1960 c, A. WINKLER v. HERMADEN 1963, F. WEBER 1966, 1969, H. ZETINIGG 1966). Es wird angenommen, daß die obere Stufe, die die Schotter der Steinfeld-Terrasse trägt, im Riß/Würm-Interglazial gleichzeitig

mit den Bodenbildungen innerhalb der Helfbrunner-Terrassenlehme entstanden ist (H. FLÜGEL 1960 c). Schwieriger ist die Deutung des Alters der in diese Basisfläche einschneidenden Tiefenrinne, deren Bildung von H. FLÜGEL 1960 c in das Paudorf-Interstadial gestellt wurde. A. WINKLER v. HERMADEN 1963 nahm dagegen ein jüngeres Alter an, da er die Akkumulation der Steinfeld-Schotter mit dem Hochstand der Würm-Vereisung in Zusammenhang brachte. Dieses Hochglazial-B fällt nach H. SPREITZER 1961 im Oberlauf der Mur in die Zeit zwischen Paudorf- und Lascaux-Interstadial. In diesem Fall würden die Zwischenterrassen der Zeit des „Neuen Hochstandes“ von H. SPREITZER bzw. den früh-holozänen Gletscherständen entsprechen. Das holozäne Alter der untersten Stadtbodenstufe wird durch Kulturreste sowie den Fund eines *Quercoxylon*-Restes im Stadtgebiet von Graz sichergestellt. Dieser in ca. 6,3 m Tiefe gemachte Fund hatte ein ^{14}C -Alter von 4260 ± 80 Jahren (W. RÖSSLER 1960, 1963).

Die Steinfeld-Terrasse besteht aus bis zu 20 m mächtig werdenden Schottern. Über ihre Zusammensetzung berichten die Arbeiten von H. FLÜGEL 1960 c und J. HANSELMAYER 1962 a, b, 1963. Der Gehalt an Karbonatgeröllen ist ein deutlicher Unterschied zu älteren Pleistozänschottern. Vertebratenreste, die verschiedentlich in den durch zahlreiche Schottergruben genützten Ablagerungen gefunden wurden, bestätigen die Einstufung der Steinfeld-Terrasse in das Würm-Glazial:

Elephas primigenius BLUM.
Bos primigenius BOJ.
Bison priscus BOJ.

Megaceros giganteus BLUM.
Coelodonta antiquitatis BLUM.

Verschiedentlich werden die Schotter von bis zu 2 und mehr Meter mächtigen Lösslehmen überlagert. Sie lieferten eine kleine Gastropodenfauna mit:

Trichia (*T.*) *ispida* (LINNAEUS)
Euomphalia (*E.*) *strigella* (DRAP.)
Vallonia pulchella (O. MÜLLER)
Succinea (*Succinella*) *oblonga* DRAP.
Pupilla (*P.*) *muscorum* (LINNAEUS)

Chondrula (*Ch.*) *tridens* (O. MÜLLER)
Cochlicopa lubrica (O. MÜLLER)
Ceciliooides (*C.*) *acicula* (O. MÜLLER)
Clausilia sp.
Campylaea sp.?

Teilweise bedecken derartige Lößlehme auch die Hänge der paläozoischen Randberge des Murtales (Hiening, Straßgang, Plabutsch usw. vgl. H. HÜBL, 1943). Eine Charakteristik der Lößsedimente findet sich bei H. KOLMER 1968.

Die Schotterflur der untersten Stadtbodenstufe besitzt bei einer ebenfalls bis zu 20 m erreichenden Mächtigkeit gleiche Zusammensetzung, wie die der Steinfeldterrasse. Von Interesse sind die einstigen Funde von Nephrit-Geschieben.

Eine ähnliche jungpleistozäne/holozäne Talentwicklung zeigt sich auch außerhalb des Murtales (S. 253ff.).

Relativ selten sind periglaziale Erscheinungen wie Kryoturbationen und Eiskeile (S. MORAWETZ 1968).

VII/1 b. Die pleistozänen Höhlenablagerungen

Neben den Terrassen stellen die Höhlenablagerungen die wichtigsten Bildungen des Pleistozäns dar. Sie reichen bis in das Riß-Glazial zurück und wurden vor allem von O. ABEL u. a. 1931, H. HÖLLER 1966, V. MAURIN 1951, 1953 a, b, M. MOTTTL 1946, 1947 a, b, 1951, 1953 a, b, 1955 b und K. MURBAN

1953, 1955 wissenschaftlich untersucht. Das völlige Fehlen altpleistozäner Sedimente in den teilweise bereits pliozän geschaffenen Höhlen ist nicht geklärt.

Wie ein Vergleich der verschiedenen bisher bekannt gewordenen Höhlenprofile zeigt, stellen die zeitlich ältesten Ablagerungen rote, teilweise sandige Lehme dar (Kugelstein-Höhle III, Drachenhöhle). Bisweilen unter Zwischenschaltung von rostrotten, lehmigen Sanden (Repolust-Höhle) folgen als zweiter charakteristischer Horizont braune Phosphatlehme (Repolust-Höhle, Drachenhöhle, Badl-Höhle), Sie können von grauen Sanden überlagert werden (Kugelstein-Höhle III, Repolust-Höhle, Badl-Höhle). Nach den Untersuchungen von M. MOTTL gehören diese Ablagerungen in das Riß/Würm-Interglazial, wobei jedoch die Grenze gegen das Würm nicht festgelegt werden konnte und einzelne Teilkomplexe diesem bereits angehören könnten. Innerhalb dieser zwischeneiszeitlichen Folge läßt sich eine kühlere Schwankungsphase nachweisen (M. MOTTL 1955 b : 84).

Reichlich Kalkschutt führende Schichten, die über dieser Serie folgen, zeigen den Einfluß der durch das glaziale Klima bedingten Frostsprengungen, wobei die teilweise Fundleere der Ablagerungen darauf schließen läßt, daß die Höhleneingänge zeitweilig durch Solifluktion verschlossen waren (Repolust-Höhle, Steinloch-Höhle, Luegloch b. Köflach).

Wenn sich auch auf diese Weise eine schematische Großgliederung der Höhlensedimente ergibt, so ist doch im einzelnen eine Parallelisierung der Ablagerungen nicht möglich, da diese — im Detail von Standortbedingungen abhängig — von Höhle zu Höhle wechseln.

Dies geht aus folgender Übersicht über die Ablagerungen der wichtigsten Höhlen hervor:

Das Profil der Repolust-Höhle östlich von Badl/Semriach beginnt mit einem Wechsel rotbrauner Lehme und gelbbrauner, Mn-reicher, etwas verlehmteter Sande. Stellenweise finden sich stark korrodierte Kalktrümmer und größere Quarzgerölle. In einem Schacht im rückwärtigen Höhlenabschnitt finden sich in den tieferen Teilen dieser Ablagerungen auch graugrüne Tone und gelbbraune Lehme.

Über dieser Basis-Serie folgen mächtige rotbraune Phosphatlehme mit von Phosphatkrusten überzogenen, korrodierten Kalktrümmern. Ein Mn-Horizont und eine stark verbackte, sinterige Bank stellen Einschaltungen in diesen Lehmen dar. M. MOTTL 1951, 1955 b brachte aufgrund der Pflanzenreste die Bildung der höheren Straten der Phosphate mit einer feuchtkühlen Schwankungsphase innerhalb des letzten Interglazials in Zusammenhang (*Pinus cambra*, Koniferen, Murmeltier), während die höheren mit Stieleiche und Rotbuche der zweiten Hälfte des Riß/Würm-Interglazials entsprechen dürften.

Die rostbraunen Basislehme würden danach der ersten Hälfte des Interglazials entsprechen, was auch gut mit der Fauna übereinstimmt. Die Phosphatlehme werden im gesamten Höhlenbereich von grauen Fe- und Mn-reichen, teilweise schlammigen Feinsanden überlagert. Sie sind sehr glimmerreich, führen teilweise auch feines Geschiebe, Tropfstein- und Sinterkrustenstücke, stellenweise auch kleinere, korrodierte Kalksteine. Die Holzkohlenreste (*Salix* sp., *Betula* sp., *Picea excelsa*, vereinzelt *Quercus*) zeigen die langsame Klimaverschlechterung im ausgehenden Riß/Würm-Interglazial an.

Wenn auch während der gesamten Zeitspanne die Höhle immer wieder bewohnt gewesen war — wie die zahlreichen Kulturreste gezeigt haben — so dürfte im Würm I, vielleicht durch Solifluktions-Schutt, der Höhleneingang zeitweilig verschlossen gewesen sein. In der Höhle selbst überlagert eine aus eckig-kantig-plattigen, lose aufeinander gepackten Kalktrümmern aufgebaute Schuttschicht die grauen Sande. Ihre Fossilleere läßt vermuten, daß der Höhleneingang bei ihrer Bildung bereits verschlossen war. Das ändert sich in den folgenden graubraunen erdigen Schichten. Sie sind nur geringmächtig, führen ziemlich reichlich kantengerundeten Kalkschutt, feine Quarzgeschiebe und Sinterstücke, aber auch vereinzelt Knochen und Steingeräte. Von M. MOTTL (1951) wurde

Die jüngsten pleistozänen Bildungen stellen feinschotterige, schmutziggelbe, stark diese Schicht zeitlich in das Würm I/II Interglazial gestellt.

Mn-haltige sandige Spaltenlehme dar. In ihnen sind scharfkantige, meist mit Mn inkrustierte Kalkschutte eingelagert. Außer Ren-, Steinbock-, Gems- und Murmeltierknochen fanden sich keine Fossilien. Diese Bildungen werden in das Würm II+III gestellt. Auch zu dieser Zeit dürfte der Höhleneingang erneut verlegt gewesen sein.

In dieses Profil lassen sich unschwer die Höhlenprofile des Semriach-Peggauer Raumes eingliedern, wobei die Schichten der Großen Badl-Höhle und Kugelstein-Höhle III (beide in ca. 500 m SH gelegen) die Folge gegen unten zu insofern erweitern, als unter den rötlichbraunen lehmigen Lagen, die den Basisschichten der Repolust-Höhle entsprechen, dunkelrote, wenige Quarzschotter enthaltende Ablagerungen folgen.

Ein ganz ähnliches Profil zeigt auch die von J. SCHADLER u. a. 1931 untersuchte Drachen-Höhle bei Mixnitz (O. ABEL etc., 1931).

Die Folge beginnt hier mit roten Lehmen und Schottern. Sie sind altersgleich mit den roten, grobkristallinen Sinter- und Tropfsteinbildungen. Über diesen phosphorarmen Basisschichten folgen phosphorhaltige Sande und Tone mit Knochenbreccien. Teilweise finden sich tonige Quarzsandlagen. Während diese Schichten den rostbraunen Basislehmen der Repolust-Höhle entsprechen dürften, lassen sich die darüber folgenden „Chiropterit-Schichten“, d. h. die normale Phosphaterde, mit den Phosphatlehmen der Repolust-Höhle vergleichen. Neben rotbrauner Phosphaterde fand sich phosphathaltiger Sand und Ton. Besonders in den tieferen Lagen sind Mn-Häute nicht selten (Anal. Tab. 37).

Nach E. W. WALITZI 1966 : 110 handelt es sich bei den Phosphaterden mineralogisch um ein Gemenge von Muskovit (?), Gips, Whitlockit, Quarz, Feldspat und Apatit.

Verschiedentlich durchzieht die Phosphaterde eine bis 15 cm starke, harte, blättrig zerfallende, braune Phosphatlage („Sinterblättchenschicht“). Gegen das Hangende zu nimmt die Einlagerung von durch Absprengung aus der Höhlendecke entstandenem Kalkschutt zu, wobei es zur Ausbildung größerer Verstürze kommen konnte.

Nach G. KYRLE 1931 sprechen Flora und Fauna für eine warmzeitliche Bildung der Schichten unter der Blättchensinterschicht. Letztere bildet eine beginnenden Klimaver schlechterung ab. Zeitlich stellt er mit O. WETTSTEIN 1931 diese Ablagerungen in das Riß/Würm-Interglazial, während beide die darüber folgenden Schichten bereits als würmzeitliche Bildungen betrachten, womit die stärkeren Solifluktionsbildungen und Verstürze gut übereinstimmen würden.

Eine Ergänzung findet das Repolust-Profil durch die Untersuchungen der in ca. 450 m SH bei Peggau gelegenen Steinbock-Höhle.

Sie zeigt über basalen, gelbbraunen, sandigen Lehmen, die nur wenige Fossilreste liefern, graue, mittelstückige, scharfkantigen Kalkschutt führende Sande. Darüber folgen hallstattzeitliche Funde bergende, holozäne Ablagerungen. Nach M. MOTTL 1953 a, b können die pleistozänen Schichten in das Würm III gestellt werden, entsprechen also etwa den sandigen Spaltenlehmen der Repolust-Höhle.

Der Fauna nach noch etwas jünger und in das höchste Pleistozän zu stellen sind die Schichten des Luegloches bei Köflach.

Hier konnten von unten nach oben unterschieden werden (M. MOTTL, 1953 a):

Rostrote bis -braune, feinerdig-sandige Lehme mit teilweise Phosphat-überkrusteten, vereinzelt Bruchschutteinlagerungen. Darüber liegen graue, glimmerreiche Sande, die etwas kantengerundeten Bruchschutt, aber auch feine Quarzschotter führen. Sie werden von lößartigen hellgelben, sehr feinkörnigen lehmigen Sedimenten überlagert, die voll mit kleinstückigem, eckig-plattigem Frostscht und reich an Kleinsäugerresten sind.

Tab. 37: Analysen pleistozäner Phosphaterden

Probe Nr.:	1	2	3	4
Gew. %:				
SiO ₂	26,84	37,84	74,02	15,68
TiO ₂	0,69	0,69	0,80	0,52
Al ₂ O ₃	1,96	10,94	12,51	17,90
Fe ₂ O ₃	4,93	5,66	3,40	4,32
FeO	—	—	—	0,43
MnO	sp.	0,11	—	sp.
CaO	32,12	19,62	1,78	1,80
K ₂ O	0,38	0,63	0,43	0,42
Na ₂ O	0,06	0,10	sp.	sp.
MgO	0,30	0,17	0,42	0,82
P ₂ O ₅	25,02	17,40	3,99	24,50
H ₂ O+	6,02	6,44	2,89	33,53
CO ₂	2,01	0,89	0,35	sp.
	100,33	100,49	100,59	99,92

Anal.: F. MACHATSCHKI 1929

1. Drachen-Höhle, Feld 2, 18,5 m Tiefe 3. Drachen-Höhle, Feld 2, 23,7 m Tiefe
 2. Drachen-Höhle, Feld 2, 23,5 m Tiefe 4. Drachen-Höhle, Feld 2, 23,75 m Tiefe

Die oberste pleistozäne Schichte besteht aus gelbbraunen, mit fein- bis mittelkörnigem Bruchschutt durchsetzten Lehmen. Hallstattzeitliche Funde zeigen das holozäne Alter der überlagernden Humusdecke an. Vielleicht gehören jedoch bereits die höchsten Schichten dem Postglazial an.

Vom Ende des 1. Weltkrieges an bis 1923 wurden als Düngemittel Höhlenphosphate der Drachenhöhle und der Peggauer Höhlen abgebaut (G. GÖTZINGER 1926, 1929, A. SCHOUPPE 1949 c).

Erstgenannte Höhle lieferte in diesem Zeitraum, bei einem Gehalt von 20% der Trockensubstanz an P₂O₅, 2500 Tonnen P₂O₅. Stellenweise betrug die Mächtigkeit der Phosphaterde bis zu neun Meter, wobei eine obere, lockere, mulmige Masse und eine tiefere, graue, mehr tonige Substanz auseinandergehalten werden konnten. Der P₂O₅-Gehalt stammt dabei vorwiegend aus Höhlenbären-Resten (es wurden über 230 t Knochen gefunden, von denen O. ABEL etwa 5 t wissenschaftlich bearbeiten konnte) und Fledermausguano. Während in der Drachenhöhle die Verteilung des P₂O₅ ziemlich gleichmäßig ist, ist dies in der Badlhöhle nicht der Fall (Anal. Tab. 37). Im Bereich der Phosphaterden sind die Höhlenwände von cm-dicken, gelblichen bis braunen Phosphatkrusten mit einem P₂O₅-Gehalt bis 26% überzogen.

Lag der P₂O₅-Gehalt der Phosphaterden der Drachenhöhle im Durchschnitt bei 13,5%, so beträgt er in der Badlhöhle nur etwa 6% (Schwankung zwischen 1% und 16,37%), in der Repolusthöhle, wo jedoch keine Höhlendünger-Gewinnung stattfand, etwa 5% (Schwankung zwischen 2% und 16,78%).

Es liegt nahe, mit diesen Höhlenablagerungen einen Teil der oft nur als Karstspaltenfüllung in Erscheinung tretenden Rotlehme (vgl. Tab. 29) in Zusammenhang zu bringen. (Sie dürfen nicht mit den miozänen Rotlehmen, die eine altersgleiche Bildung der Eggenberger Breccie darstellen, verwechselt werden; vgl. S. 116.) Dies umso mehr, als derartige Rotlehme verschiedentlich auch aus den Höhlen bekannt wurden.

VII/1c. Die pleistozänen Säugetierfaunen und Kulturen des Grazer Berglandes

(M. MOTTL, Graz)

Bis vor etwa 30 Jahren waren aus der Steiermark (SO-Österreich) nur wenige Fundstellen eiszeitlicher Säugetierfaunen und urmenschlicher Kulturen bekannt. Durch eine, seitens der Abteilung für Bergbau, Geologie und Technik und der Abteilung für Vor- und Frühgeschichte am Landesmuseum Joanneum, Graz, erfolgte Zusammenarbeit und eine diese Forschungen ermöglichende Subvention der Steiermärkischen Landesregierung konnten systematisch wissenschaftliche Höhlengrabungen durchgeführt werden.

Die Durchforschung vieler Höhlen der Steiermark bereicherte in erfreulichem Maße die Sammlungen der beiden Abteilungen, gleichzeitig unsere Kenntnisse über die eiszeitliche Tier- und Pflanzenwelt sowie die eiszeitlichen Kulturen unseres Bundeslandes.

Denn Fossilien aller Art sind nicht nur das Dokumentationsmaterial der Paläontologie, sie sind auch je ein Mosaikstückchen unserer Heimatgeschichte und jeder Fund, besonders aber die Säugetierreste, tragen zur Enträtselung der einstigen Lebensentfaltung in unserem Gebiet bei.

Da bei Höhlengrabungen oft beträchtliche Mengen an verschiedenen Funden ans Tageslicht gefördert werden können, sind diese Forschungen geeignet, unsere Vorstellungen bezüglich des eiszeitlichen Klimabildes, der damaligen Vegetationsfauna- und Kulturentwicklung weitgehend zu festigen und in das richtige Licht zu rücken.

Die jungkänozoische Eiszeit, das Pleistozän, war für die gesamte Tierwelt eine Zeit ungewöhnlicher Wandlungen und Wanderungen, vom Norden nach Süden, von Ost nach West, von den Gebirgen in die Ebenen. Denn polare Eismassen dehnten sich weit nach dem Süden aus, Gebirgsvergletscherungen und eine Verschiebung der Waldgrenzen engten die Lebensbereiche ein, Temperaturrückgänge vertrieben wärmeliebende Tiere aus alten Wohngebieten, wogegen Klimamilderungen Rückwanderungen ermöglichten.

Die Umgestaltung der noch subtropischen jungpliozänen Landschaft, Pflanzen- und Tierwelt geschah nur allmählich. Am Anfang des Pleistozäns, das heute mit fast 2 Millionen Jahren v. h. festgesetzt wird, kann das Weiterleben noch jungpliozäner Mastodon- und Nashornarten, dreizehiger Wildpferde nachgewiesen werden.

Die ältestpleistozänen (Villafranchium-) Faunen waren noch völlig anders als die jungeiszeitlichen, von noch warm- bis subtropischem Gepräge. Warm-feuchte Waldfaunen wechselten, den Klimaschwankungen entsprechend, mit warm-trockenen Savannengemeinschaften ab.

Affen, Nilpferde, Tapire und Südelefanten waren in ganz Europa auch noch im Altpleistozän, die beiden ersten Tierarten auch noch im Mindel-Riß-Interglazial (Holstein-Warmzeit) des Mittelpleistozäns bis England verbreitet.

Erst die Mindel-(Elster-) Kaltzeit des Altpleistozäns verursachte das Verschwinden der wärmeliebenden Pliozänarten und im Westen das Vordringen der Steppentiere, wie Steppenelefant, Steppenwisent, Steppenhirsche, Steppenpferde, Bisamspitzmaus, Pfeifhase usw. Vereinzelt erscheinen auch Lemminge und Vielfraß, während seltene Rentier- und Moschusochsreste schon etwas früher, im Mosbachium des Altpleistozäns zu verzeichnen sind.

Ältest- und Altpleistozän sind in Europa durch Säugetierfaunen gut belegt. Terrassengeologische und paläontologische Forschungen haben erwiesen, daß die Mindel-(Elster-)Kaltzeit, wie schon die erdgeschichtlich älteren Kaltzeiten des Pleistozäns, klimatisch nicht einheitlich war, sondern durch wärmere Schwankungsphasen unterbrochen, weshalb die Faunen bald Wald-, bald mehr Steppen-gepräge zeigen, und dasselbe gilt auch für den präelsterzeitlichen Abschnitt Mosbachium des Altpleistozäns.

Der noch „warme“ Faunacharakter bricht mit den Auswirkungen der Mindel-Kaltzeit ab. Im darauffolgenden langdauernden *Mindel-Riß-Interglazial* (Holstein-Warmzeit) des Mittelpleistozäns sind schon zahlreiche der typisch glazialen Tierformen des Pleistozäns, wie Höhlenbär, Mammut, Höhlenwolf, Höhlenhyäne, Riesenhirsch vorhanden, doch bleibt das im allgemeinen Waldgepräge der Tierwelt noch erhalten. Waldelefant, Waldnashorn, Wildschwein, Reh, Biber, Damhirsch usw. sind häufig und, wie oben erwähnt, in Mittel- und Westeuropa selten noch Nilpferd und Affe vorkommend. Die Schneegrenze lag damals 300 m höher als heute, der Mittelmeerstand erhöhte sich von - 400 m der Mindel-Kaltzeit auf + 35 m.

Auch in der Holstein-Warmzeit war das Klima nicht immer warm, sondern durch kältere Zeitabschnitte unterbrochen. Die Säugetiergemeinschaften spiegeln Reaktionen auf bald wärmere-feuchtere, bald wärmere-trockenere oder kühle Witterung wider.

Für die Tierwelt waren immer die Kaltvorstöße, die Stadiale maßgeblich, diese riefen die größeren Änderungen hervor, die Warmzeiten (Interglaziale) und wärmeren Klimaschwankungen (Interstadiale) verlängerten nur die Fortdauer der wärmeliebenden Tiere.

Das glaziale Gepräge der Tierwelt kommt erst langsam, im Laufe der beiden letzten Kaltzeiten (Riß- und Würmvergletscherung) des Pleistozäns zur Geltung. Aus dem Zeitraum des *Riß-(Saale-)Glazials* des ausgehenden Mittelpleistozäns, als die Schneegrenze mit 1400 m tiefer lag als heute, sind bisher nicht viele Faunen bekannt geworden. Sie führen neben Mammut, Steppen- und Wollhaarnashorn sowie Steppenwisent zunehmend Rentierreste.

Das Jungpleistozän beginnt mit dem letzten, dem *Riß-Würm-Interglazial* (Eem-Warmzeit) des Pleistozäns. Auch während dieser Zeit wechseln wärmere Zeitabschnitte mit kühl bis kalten Klimaschwankungen, Waldbestände sehr milden bis gemäßigten Klimas mit dem Überwiegen von Nadelhölzern ab. Besonders in der ersten Hälfte des Interglazials sind noch Charaktertiere des Altpleistozäns, wie Waldelefant und Waldnashorn aber auch noch andere urtümliche Arten vorhanden, welche erstere sich in Südeuropa noch bis zur Mittelwürm-Schwankung erhielten. Die Schneegrenze (300 m höher) und der Mittelmeerstand (+ 15 m) verhielten sich ähnlich wie in der Mindel-Riß-Warmzeit.

Mit der letzten Kaltzeit des Pleistozäns, mit der *Würm-(Weichsel-)Vergletscherung* beginnt in Europa die Vorherrschaft der glazial-arktischen Säugetierfauna mit Lemmingsen, Rentieren, Polarfuchs, Moschusochs, Schneehase usw., auch werden extreme Steppenformen wie Pferdespringer, Zwerghamster, Pfeifhase, Wild-Halbesel usw. häufiger.

In den letzten Jahrzehnten konnten von verschiedenen Forschern mehrere, durch Faunen belegte, wärmere bis kühl-gemäßigte Schwankungsphasen (Amersfoort-Loopstedt, Brörup) schon am Anfange der Würm-Kaltzeit nachgewiesen

werden, als der Mittelmeerspiegel wieder auf — 90 m sank und die Schneegrenze abermals um 1200 m tiefer lag.

Allbekannt sind die milden Klimaschwankungen des Mittel- und Jungwürms, von welchen das Mittelwürm-Interstadial (= Aurignac-Schwankung, Podhradem-Interstadial usw. genannt) eine merkliche Erwärmung des Klimas und eine Vermehrung der Waldelemente in der Fauna, der Laubbäume in der Flora mit sich brachte.

Die zweite Hälfte des Würms ist durch eine andauernde Kaltzeit gekennzeichnet, die nur durch etwas mildere, kurze Zeitabschnitte unterbrochen wurde, daher das Vorherrschen der Kalt- bis Tundrafauna und der Tundravegetation begünstigte.

Obige grob umrissene Entfaltungsgeschichte der eiszeitlichen Pflanzen- und Tierwelt führt klar vor Augen die gewaltige klimatische und damit verbundene faunistische Umwandlung, von den tropisch-subtropischen Sumpfwaldfaunen des Miozäns bis zu den Tundrenfaunen des späten Pleistozäns. Eine Umwandlung, die etwa 15—20 Millionen Jahre in Anspruch nahm.

Im Postglazial, vor etwa 10.000 Jahren, starben in Europa Mammut, Wollhaarnashorn, Höhlenbär als Charaktertiere aus, Rentiere, Lemminge, Moschusochs, Vielfraß zogen sich nach N, andere Arten in das Hochgebirge zurück. Nach mehreren Rückzugsphasen der polaren Eismassen und milderer Klimaschwankungen verbreiten sich vorerst Steppen-, dann Waldformen immer mehr und die Kaltfauna Europas wandelt sich in die heutige Waldfauna, die Tundravegetation in eine Waldlandschaft um.

Was die Entfaltung der urmenschlichen Kulturen betrifft, so können schon vom Anfange des Pleistozäns zwei große Kulturkreise nachgewiesen werden: der Kernstück- oder Faustkeilkulturkreis, vermutlich afrikanischen Ursprunges mit der Stammkultur Abbevillien und der Abschlagkulturkreis, wahrscheinlich eurasiatischen Ursprunges mit der Stammkultur Clactonien. Dazu kommt im Altpleistozän der ostasiatische Hausmesser-(Chopper-)Kulturkreis, auch die europäische Kultur-Entwicklung beeinflussend.

Vom Mindel-Riß-Interglazial (Holstein-Warmzeit) an kennen wir das aus dem Abbevillien entstandene Acheuléen und die Abschlagkultur Levalloisien als Zweigkultur des altpaläolithischen Breitklingenkreises.

Im Riß-Würm-Interglazial (Eem-Warmzeit) fand infolge klimatischer Verschiebungen ein Kulturaustausch statt, es erschienen Mischkulturen, die oft schwer zu interpretieren sind, so das Tayacien, hervorgegangen aus dem Clactonien, das Micoquien, im Spätacheuléen wurzelnd, das Moustérien, eine Abschlagkultur bald in Levallois-Schlagweise, dann wieder in Clactontradition ausgeführt, oft auch mit starkem Faustkeilanteil, die Weimarer Kultur, usw.

Im Würm herrschen vorerst verschiedene Moustérien-Fazies, dann Schmallingenkulturen (Olschewien, Châtelperronien, Aurignacien, Gravettien, Magdalenien) und Blattspitzenindustrien (Szeletien, Solutréen) vor, wobei das Aurignacien manchen Autoren nach womöglich aus dem Tayacien-Kreis entstanden ist.

Sinn der obigen kurzen Zusammenfassung war im folgenden zu zeigen, wie sich in den gegebenen Rahmen des Eiszeitgeschehens die Säugetier- und Kulturfunde der Steiermark einfügen lassen, Funde, die gerade im Bereich unseres Kartenblattes am reichhaltigsten sind.

Während im Wiener Becken und im Ausland die typischen Eiszeitablagerungen, die Löss, im Mittelpleistozän auf eine gemäßigt bis warm-trockene, im Jungpleistozän auf eine kalt-trockene Bildungszeit hinweisen und die Würm-Löss eine reiche Rentierfauna mit Steppenelementen, wie Mammut, Wollhaarnashorn, Steppenwisent und Wildpferd führen, sind aus der Steiermark bisher keine Säugetierfaunen aus Lössen bekannt, wobei aber erwähnt werden soll, daß bei uns so ausgedehnte, mächtige Lößprofile wie in Niederösterreich oder Ungarn nicht nachzuweisen sind.

Die Eiszeitfunde der Steiermark stammen aus Terrassenablagerungen, Spaltenfüllungen, zumeist aber aus Höhlensedimenten.

Von den so bezeichneten eiszeitlichen Bildungen, den zumeist glazifluvialen, klimatisch bedingten Schotterterrassenabsätzen der Steiermark lieferten bisher nur die jungeiszeitlichen mehrere Funde. Aus den höher liegenden, von A. WINKLER v. HERMADEN (1955) und J. FINK (1959) in das Ältest- und Altpleistozän eingestuften Terrassenablagerungen (Obere und mittlere Terrassengruppe, H. FLÜGEL 1961) kamen noch keine Säugetierreste ans Tageslicht.

Aus den jungpleistozänen, würmzeitlichen Terrassensedimenten (Untere Terrassengruppe, A. WINKLER v. HERMADEN 1955, H. FLÜGEL 1961) wurden aus zahlreichen Sand- und Schottergruben des Grazer-Stadtgebietes, der Umgebung von Graz und von Frohnleiten, N von Graz, die Reste folgender Säugetierarten bekannt:

- Elephas (Mammuthus) primigenius* BLMB. (Mammut)
- Bison priscus* BOJ. (Steppenwisent)
- Coelodonta antiquitatis* BLMB. (Wollhaarnashorn)
- Bos primigenius* BOJ. (Urrind)
- Megaceros giganteus* BLMB. (Riesenhirsch)
- Equus* sp. (Wildpferd)
- Marmota marmota* (L.) (Murmeltier)

Es ist eine typisch glaziale Tiergemeinschaft mit dem Vorherrschen des Mammuts.

Es sollen auch jene Funde angeführt werden, die aus den würmzeitlichen Terrassenablagerungen der *Vorhalle der Lurgrotte bei Peggau* im Jahre 1963 geborgen werden konnten (M. MOTTL):

- | | |
|--|---|
| <i>Martes martes</i> L. (Marder) | <i>Rangifer tarandus</i> L. (Rentier) |
| <i>Vulpes vulpes</i> L. (Fuchs) | <i>Capra ibex</i> L. (Steinbock) |
| <i>Marmota marmota</i> (L.) (Murmeltier) | <i>Bison priscus</i> BOJ. (Steppenwisent) |
| <i>Cervus elaphus</i> L. (Rothirsch) | <i>Pyrrhocorax alpinus</i> VIEILL. (Alpendohle) |

Es sind jeweils Einzelfunde, die eine kleine Fauna mit alpinen, Wald-, Steppen- und Tundrenelementen ergeben. Mit den Säugetierresten konnten wenige, grob zugerichtete Quarzitabschläge als dürftige urmenschliche Kulturhinterlassenschaft aufgesammelt werden, die eine nähere Kulturbestimmung leider nicht zulassen.

Die im Jahre 1957 in der *Schottergrube Schleich, Messendorf*, Graz-S, aus Sanden befreiten Funde, fast sämtliche Skeletteile eines Kurzhornwisents, stammen aus Sand-Kieslagen, die nach A. WINKLER v. HERMADEN vielleicht der geologisch etwas älteren „Tieferen Terrassengruppe“ zuzuordnen sind.

Aus späteiszeitlichen Spaltenfüllungen sind Steinbock- und Wisentfunde (St. Gotthard bei Graz, Naas bei Weiz), ferner solche von Murmeltieren, Riesenhirsch und Luchs (Peggauer Gebiet, Rainer Kogel) bekannt geworden.

Die meisten pleistozänen Säugetierreste fand man, wie erwähnt, in Höhlenablagerungen. Gerade das Gebiet des Grazer Berglandes ist an Höhlen sehr reich, förderte doch die Beschaffenheit der paläozoischen Kalke und Dolomite eine weitreichende Verkarstung im Raume Peggau-Badl-Semriach und Mixnitz, Weiz und Köflach.

Die im letzten Jahrzehnt durch Vergleichsuntersuchungen am umfangreichen Grabungsmaterial, besonders am Bärenfundgut erzielten Ergebnisse der Verfasserin erlaubten es, biostratigraphische und bio-ökologische Einblicke zu gewinnen und so die Altersdatierung der einzelnen Fundplätze zu stützen oder richtigzustellen.

Die bisher älteste Eiszeitfauna und Kultur der Steiermark barg die unscheinbar kleine, nur 35 m lange *Repolusthöhle bei Peggau*, 525 m hoch im Badlgraben, fast gegenüber der Großen Badlhöhle gelegen. Grabungen der Abteilung für Vor- und Frühgeschichte und der Abteilung für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum Joanneum in den Jahren 1947/48, 1950 und 1954/55 konnten über 2300 urmenschliche Kulturfunde, über 5000 Säugetierreste und zahlreiche Holzkohlenreste aus verschiedenen Herdstellen zutage fördern (M. MOTTL 1947—53, 1955—56, 1960, 1964, 1966—1968, R. PITTIONI 1954, W. MODRIJAN 1972). Die Ausfüllung zeigte folgende Schichtung:

Humus, 10—30 cm mächtig mit rezenten Tierknochen und Kulturfunden aus der Zeit der napoleonischen Feldzüge, der Hallstatt-, La-Tène- und Römerzeit. Gelbbrauner Gehängelehm mit wenigen jungsteinzeitlichen Funden.

Sinterschichte, 10 cm stark, fundleer.

Gelbbrauner, Mn-haltiger Spaltenlehm, eine spätwürmzeitliche Bildung.

Fauna: *Marmota marmota* (L.) (Murmeltier), *Rangifer tarandus* L. (Rentier), *Capra ibex* L. (Steinbock), *Rupicapra rupicapra* (L.) (Gemse).

Graubraune, erdige Schicht, im allg. 25—30 cm mächtig, mit etwas kantengerundetem Bruchschutt. Fauna:

- Ursus spelaeus* ROSENM. (überwiegend typischer Höhlenbär)
- Ursus arctos* L. (Braunbär)
- Canis lupus* L. (Wolf)
- Vulpes vulpes* L. (Fuchs)
- Meles meles* L. (Dachs)
- Martes martes* L. (Marder)
- Cricetus cricetus* L. (Hamster)
- Marmota marmota* (L.) (Murmeltier)
- Sus scrofa* L. (Wildschwein, sehr evoluiert)
- Cervus elaphus* L. (Rothirsch)
- Capra ibex* L. (viele Steinbockreste)
- Rupicapra rupicapra* (L.) (Gemse)
- Bison priscus* BOJ. (Steppenwisent)

Eine Fauna mit Waldgepräge, doch mit mehreren alpinen Elementen.

Pflanzenreste: Aus den unteren Lagen der Schicht Reste der Zirbe (*Pinus cembra* L.).

Kulturfunde: Strittige, vereinzelte Steinartefakte nach L. ZOTZ (1951) einer jungpaläolithischen Schmalklingen-(Aurignacien-)Fazies, nach anderen Fachleuten sekundär lagernd, jünger. Dieses Schichtglied entspricht stratigraphisch der mächtigen graubraunen Schicht der Großen Badlhöhle, Fundhorizont der prächtigen Knochenspitze vom Lautscher-(Mladečer-)Typus, es wurde daher

von mir dem beginnenden Mittelwürm-Interstadial (Würm I—II Schwankungsphase) zugeordnet (M. MOTTL 1951, usw.).

Frostschuttschicht in der ganzen Länge der Höhle, als Ausdruck eines Kältevorstoßes (Würm I Stadial), während welchem der Höhlenzugang wahrscheinlich durch Solifluktionsvorgänge verschlossen war. Fundleer.

Graue, sandige Schicht. Obere Kulturschichte, 30—50 cm mächtig. Fauna:

- Ursus spelaeus* ROSENM. (viele Höhlenbärenreste, mit atavistischen Mutanten)
 - Ursus arctos* ssp. (Braunbär mit urtümlichen Merkmalen. M. MOTTL 1951, 1968)
 - Canis lupus* L. (Wolf)
 - Vulpes vulpes* L. (Fuchs)
 - Meles meles* L. (Dachs mit urtümlichen Zügen)
 - Martes martes* L. (Marder)
 - Panthera leo* cf. *spelaea* (GOLDF.) (Löwe)
 - Felis silvestris* SCHREB. (Wildkatze)
 - Cricetus cricetus major* WOLDR. (Riesenhamster)
 - Marmota marmota* (L.) (Murmeltier)
 - Capra ibex* L. (Steinbock, vorherrschend, 69%, mit einigen primitiven Merkmalen)
 - Rupicapra rupicapra* (L.) (Gemse)
 - Bison prisca* BOJ. (Steppenwisent)
 - Cervus elaphus* L. (Rothirsch)
 - Equus mosbachensis*-Gruppe (Schweres Pferd)
- Spärliche Vogelreste

Eine Wald-Berglandfauna mit 76% alpinen und 12% Waldelementen, die ich in das späte Rib-Würm-Interglazial (Eem) versetzte (M. MOTTL 1951, usw.). Pflanzenreste: Die Holzkohlenreste der ausgedehnten Feuerstelle in den oberen Lagen der grausandigen Schicht rührten nach E. HOFMANN, Wien, zu 50% von der Weide (*Salix* sp.), wenige von der Stieleiche (*Quercus pedunculata*), der Birke (*Betula* sp.) und der Fichte (*Picea excelsa*) her. Arten, die, abgesehen von der Stieleiche, nur geringe klimatische Anforderungen stellen, dem hohen alpinen Anteil in der Fauna somit voll entsprechen. Sie widerspiegeln, wie auch die Fauna, gegenüber den Pflanzenresten der nächsttieferen Schicht eine Klimaverschlechterung, und sie würden sich der Fichten-Birkenzeit des Rib-Würm-Interglazials im Sinne der Vegetationsgliederung von P. WOLDSTEDT 1951, JESSEN und MILTHERS, H. GAMS 1954, also einem späten Abschnitt der Warmzeit, gut zuordnen lassen.

Kulturfunde: Typenreiches Fundgut, zahlreiche Quarzit- und Hornsteingeräte einer im alteiszeitlichen Abschlagkulturkreis wurzelnden Spätclactonien-Taya-cien-Kulturfazies, überwiegend in Clactonien-Schlagtechnik ausgeführt und mit zeitbedingtem Klingen- und Micoquieneinschlag (deshalb vorerst als ein Protoaurignacien gedeutet). Jungpaläolithische, langprismatische Kernstücke fehlen vollkommen, so auch geglättete Knochenartefakte jungpaläolithischer Art.

Rostbraune Phosphaterde. Die untere Kulturschicht, mit viel zersetztem Kalkschutt, im Höhleninneren bis zu 2,6 m mächtig, den rückwärtigen, 9,6 m tiefen Schacht großteils ausfüllend.

Die Fauna:

Ursus spelaeus deningeroides MOTTL (? Überlebende *U. deningeri* REICH.), ein urtümlicher Bär, der alteleiszeitlichen Art noch nahestehend, überwiegt (47%, M. MOTTL 1955, 1960, 1964, 1967/68)

Ursus arctos ssp. (Urtümlicher Braunbär, M. MOTTL 1951 usw.)

Canis lupus L. (Großer Wolf mit urtümlichen Merkmalen)

Canis lupus ssp. (Kleiner Wolf, dem alteiszeitlichen *Canis lupus mosbachensis* SOERG. sehr ähnlich. M. MOTTL 1960, 1967/68, G. SCHÜTT 1973)

Vulpes vulpes L. (Fuchs)

Vulpes vulpes ssp. (Fuchsabart)
Cuon alpinus ssp. (Alpenwolf mit urtümlichen Zahnmerkmalen, E. THENIUS 1954,
M. MOTTL 1967—68)
Martes martes L. (Marder)
Putorius sp. (Iltis)
Meles meles L. (Dachs mit atavistischen Zügen, M. MOTTL 1967—68)
Panthera pardus L. (Panther)
Panthera leo fossilis (WURM) — *P. l. spelaea* (GOLDF.) Übergangsform. (Löwe)
Felis silvestris SCHREB. (Wildkatze)
Microtus sp. (Wühlmaus)
Castor fiber L. (Biber)
Cricetus cricetus L. (Hamster)
Cricetus cricetus major WOLDR. (Riesenhamster)
Glis glis L. (Siebenschläfer)
Lepus sp. (Hase)
Hystrix cf. *vinogradovi* ARG. (Stachelschwein, früher als *H. cf. hirsutirostris* angeführt,
M. MOTTL 1951, 1967 usw.)
Capreolus capreolus L. (Reh)
Cervus elaphus L. (Rothirsch, viele Reste)
Megaceros giganteus BLMB. (Riesenhirsch)
Capra ibex L. (zahlreiche Steinbockreste)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Sus scrofa ssp. (Viele Wildschweinfunde; M. MOTTL 1955, 1967—68)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier, häufig)
Bison priscus BOJ. (Steppenwisent)
Rangifer tarandus L. (Rentier, zwei Einzelfunde aus tieferen Schichtlagen)
Elephas sp. (zwei dürftige Reste, aufgrund welcher man nicht entscheiden kann, ob sie
dem Mammut oder dem Waldelefant angehörten)
Spärliche Vogelreste, darunter die des Auerhahnes, *Tetrao urogallus*, nicht aber die des
T. praurogallus. (Freundliche Bestimmung von D. JÁNOSSY, Budapest)

Eine reiche, auf ein wärmeres Klima hinweisende Tiergemeinschaft von
überwiegendem Waldcharakter, in der Kaltformen praktisch fehlen, da die
beiden Rentierreste niveau- und zeitgebunden sind. Die Stachelschweinfunde
sind die einzigen in ganz Österreich, sie repräsentieren einen, nach D. JÁNOSSY
(1964) gut umrissenen Horizont der älteren Jungeiszeit Europas. Die Über-
prüfung der vielen, prächtigen Löwenreste führte in dankenswerter Weise 1973
Frau G. SCHÜTT (Göttingen) durch, ihren Ergebnissen nach handelt es sich um
eine Übergangsform zwischen der altpleistozänen Art und dem Höhlenlöwen
der letzten Eiszeit (briefliche Mitteilung vom Jänner 1974).

Pflanzenreste: Die aus verschiedenen kleinen Lagerfeuern der oberen Lagen
der rostbraunen Schicht stammenden Holzkohlenreste rühren nach E. HOF-
MANN, Wien, zu 50% von der Stieleiche (*Quercus pedunculata*) und der Rot-
buche (*Fagus sylvatica*), nur wenige von der Weide, Fichte und vereinzelt von
der Zirbe her. Sie würden der Eichenmischwaldzeit der Vegetationseinteilung
der Eem-Warmzeit, im Sinne von P. WOLDSTEDT u. a., also einem wärmeren-
trockeneren Abschnitt der Mitte bzw. zweiten Hälfte des Riß-Würm-Intergla-
zials gut entsprechen, somit auch die aus der Faunabeurteilung gewonnenen
Ergebnisse stützen.

Aus tiefen, verbackenen Lagen der rostbraunen P-Erde (zwischen Horizont
I₁ und II₁ des Höhlenplanes) kamen zusammen mit vielen Murmeltierresten
und den beiden Rentierfunden nur Reste der Zirbe und einer unbestimmbaren
Koniferenspezies zutage, welchen Horizont ich als eine kühlere, feuchtere Klima-
schwankung innerhalb des Riß-Würm-Interglazials deutete, wie eine solche in
zahlreichen Jungpleistozän-Profilen Europas wahrgenommen werden kann
(M. MOTTL 1951, 1955).

Kulturfunde: Typologisch-technologisch besteht zwischen dem Fundbestand der beiden Kultur-niveaus nur insofern ein Unterschied, daß unter den mannigfaltigen Typen der rostbraunen Schicht viele sehr massig, plump und nur grob behauen waren, auch besitzt ein großes Geröllgerät Chopper-Gepräge. Aus dieser Kulturschicht kamen mehrere, auch durchlochte, einfache Knochenwerkzeuge vor, doch niemals in jungpaläolithischer Art zugerichtet oder geglättet.

Die starken Beziehungen zum mittel-westeuropäischen Clactonien-Tayacien-Micoquienkomplex sind auch im unteren Kultur-niveau unverkennbar und von zahlreichen, die Repolustfunde besichtigenden in- und ausländischen Fachleuten bestätigt worden (u. a. BRODAR, CHILDE, FREUND, GABORI, GRAHMANN, KLIMA, MÜLLER-BECK, SANKALIA, RUST, VALOCH, VÉRTES, ZOTZ u. a. m.). Die meisten Kulturfunde befanden sich in den oberen Lagen der rostbraunen P-Erde, wenige konnten aber auch noch in tiefen Horizonten, auch zusammen mit den urtümlichen Bärenschädeln, in der Schachtausfüllung geborgen werden.

Während die Urmenschen zur Bildungszeit der grausandigen Schicht ausgesprochene Steinbockjäger waren und sich, infolge der eingetretenen Klimaverschlechterung, in das Höhleninnere zurückzogen, jagten die Urjäger der rostbraunen Schicht auf Bären, Löwen, Hirsche, Wildschweine und hielten sich besonders gern im Vorhof der Höhle auf.

Die bis zur Sohle des rückwärtigen tiefen Höhlenschachtes aufgefundenen Hirschabwurfstangenstücke, Steinwerkzeuge, vom selben Typus wie im Höhleninneren, zwecks Hirnentnahme zerschlagenen Bären- und Steinbockschädel, der Mangel an ganzen Skeletten beweisen, daß 90% der im Schacht geborgenen Säugetierreste als solche von Beutetieren der damaligen Menschen zu betrachten sind, die aus Raummangel im schmalen Höhlengang, den Großteil ihrer Mahlzeitreste in den damals noch offenen, tiefen Schacht hinunterwarfen. Zur Ablagerungszeit des grauen Sandes war der Schacht schon angefüllt, denn der graue Sand zeigte einen bereits horizontalen Verlauf und bloß eine sekundäre Nachsackung.

Die Repolusthöhle war keine Jagdstation, sondern eine Wohnhöhle, wie das das aufgefundene reiche quarzitisches- und Hornsteinrohmaterial und die vielen rohen Abfallstücke bezeugen.

Erst meine eingehende Bearbeitung des Fundgutes der in den Jahren 1954/55 im rückwärtigen Höhlenraum erfolgten Nachgrabungen sowie des umfangreichen Bärenmaterials der Steiermark klärten das wahre Gepräge der Repolustfauna, die heute in einem anderen Licht erscheint als zur Zeit der Veröffentlichung der Hauptgrabungsergebnisse (M. MOTTL 1951). Die deningeroiden Bären und die *Canis lupus mosbachensis*-artigen Kleinwölfe (Material der Nachgrabungen) verleihen der Fauna, neben den anderen vielen atavistischen Zügen der Begleitarten, eine urtümliche Note und reizen den Paläontologen, zumindest die rostbraune P-Erde der Repolusthöhle für älter als Rib-Würm-Interglazial zu datieren. Aus keiner anderen Höhle der Steiermark liegen solche Reste vor. Auch ist die Interpretation der beiden Tierformen nicht leicht: Sind sie Individuen von Übergangspopulationen einer altpleistozänen Art zu einer jungpleistozänen (M. MOTTL 1955, 1964, 1967), wie das G. SCHÜTT (1974) auch für die Repolustlöwen annimmt, oder solche gewandelter Restpopulationen alteiszeitlicher Arten (M. MOTTL 1955, 1967/68, E. THENIUS 1969)?

Es ist bekannt, daß viele Säugetierarten in klimatisch günstigen Bereichen

lange überleben können. So hat sich der Waldelefant (*Palaeoloxodon antiquus* FALC.), eine, wie *Ursus deningeri*, typisch alteiszeitliche Art, über das Mindel-Riß-Interglazial (Holstein-Warmzeit) im nördlichen Mitteleuropa bis ins Riß-Würm-Interglazial erhalten. *Dicerorhinus kirchbergensis*, das Waldnasenhorn, persistierte über die Holstein- und Eem-Warmzeit hinaus in Südeuropa (Jugoslawien, Italien) auch noch während der Mittelwürm-Schwankung (Würm I—II Interstadial, E. THENIUS, 1959, I. RAKOVEC 1961).

Bezüglich einer Frühdatierung mahnt die geographisch südliche Lage der Repolusthöhle zur Vorsicht und es erscheint vorderhand entsprechender, in den deningeroiden Bären und urtümlichen Kleinwölfen, aber auch in den Löwen-Übergangsformen Belege dafür zu sehen, die Repolustfauna- und Kultur nicht jünger als R-W (Eem-)Interglazial zu halten. Dasselbe Ergebnis zeigten auch die vom Feliden-Spezialisten H. HEMMER (Mainz) liebenswürdigerweise durchgeführten Vergleiche (1973), wonach die Repolustlöwen in den entscheidenden Merkmalen mit den letztinterglazialen Funden von Taubach, Ehringsdorf, Burgtonna nur teilweise übereinstimmen, die Unterschiede jedoch auf kein jüngerer Alter als Eem-Warmzeit hinweisen (briefliche Mitteilung von G. SCHÜTT, Jänner 1974).

Vergleiche mit den Faunen und Kulturen der Alt- und Mittelpleistozän einerseits, mit solchen der Eem-Warmzeit, des Altwürms und des Würm I—II Interstadials andererseits, ergaben dasselbe Resultat (M. MOTTL 1960, 1964, 1967/68). Gegen ein bedeutend höheres Alter der Kulturschichten resp. der Hauptfauna würden sprechen die Kultur selbst, da sie als kein Alt- oder Mittelpleistozän anzusprechen ist, die Pflanzenreste und die wenigen Vogelfunde, unter welchen bezeichnende Arten des Alt- und Mittelpleistozäns nicht vorkommen, der allgemeine Faunacharakter mit den vielen Steinbock- und Murmeltierresten, die Alpenwolfunde, die nicht dem alteiszeitlichen *Cuon priscus* angehören, ja evoluerter als die mittelpleistozänen Reste des Heppenlochs sind, diesen aber doch näher stehen (noch breites M₁-Talonid mit randlich aufragendem Hypoconid, wulstförmigem Entoconid, großer, breiter, zweiwurzeliger M₂ mit randlich gelagertem Protoconid und gut abgegliedertem Talonid) als unserem würmzeitlichen Alpenwolf, so auch die im Gebiß der kleinen Repolustbären von der alteiszeitlichen Art *U. deningeri* (Mosbach, Mauer, Bacton Bed, Hundsheim) trennenden Merkmale: keine P₁ mehr vorhanden, P¹ sehr selten, geringere P₃- und P³-Frequenz, usw. Trotz einiger urtümlicher Züge möchte Frau G. SCHÜTT auch die Repolustlöwen nicht als die altpleistozäne Art bestimmen.

Es sei auch bemerkt, daß F. BOURDIER (1953) aus den Riß-Würm-Sedimenten der Caverne des Furtins (Loire-Saône-Gebiet) neben *Ursus spelaeus* auch *U. deningeri* anführt, daß ähnliche Kleinwölfe auch aus anderen Riß-Würm-Faunen (Bohunice, Črni Kal, Furtins, Subahöhle) bekannt sind und daß nach D. JÁNOSSY (1964) die so seltenen Stachelschweinreste einen gut geprägten „Hystrix-Horizont“ (jüngeres Riß-Würm-Interglazial bis Würm-Anfang) andeuten, wobei aber erwähnt werden soll, daß *H. vinogradovi* in O-Europa schon vom Mittelpleistozän an bekannt ist, wie auch die Steinbockart der Repolusthöhle in mancher Beziehung rißeiszeitlichen Funden näher als würmzeitlichen steht. Ebenso kann das reichlichere Auftreten von Murmeltieren in Westeuropa mit der Riß-Kaltzeit festgestellt werden.

Werden unsere Kenntnisse bezüglich der mittelpleistozänen Faunen Europas durch reichere Funde erweitert, so könnte sich, obige Tatsachen vor Augen hal-

tend, für die Hauptfauna der Repolusthöhle ein etwa jungmittelpleistozänes Alter noch ergeben.

Gelbbraune, sandige Basalschicht, dem Felsboden auflagernd. Fundleer.

Fast dieselbe Schichtfolge wie in der Repolusthöhle wiederholt sich in der seit alther bekannten *Großen Badlhöhle*, fast gegenüber der oben behandelten Repolusthöhle, in 495 m Seehöhe gelegen. In dieser geräumigen, etwa 600 m langen und in mehreren Stockwerken angelegten Durchgangshöhle, die Torso-strecken eines einstigen Höhlenflußsystems darstellt, fanden schon in den Jahren 1837/38 erfolgreiche Grabungen statt, doch wurde die wahre Natur dieser ersten wichtigen Funde erst Jahrzehnte später entsprechend gewürdigt (G. WURM-BRAND 1871).

In den Jahren 1918/19 erfolgte der staatliche Höhlendüngerabbau in der Höhle, leider ohne wissenschaftliche Vermerke. In den Jahren 1951/52 leitete die Verfasserin an mehreren Stellen des imposanten Höhlenraumes Grabungen (M. MOTTL 1948, 1951, 1953, 1960, 1964, 1968), die die von G. KYRLE (1923) angegebene Schichtfolge teils bestätigten, teils ergänzten. Die erschlossenen Schichtglieder waren wie folgt:

Humus,

Sinterkruste,

Graubraune, erdige Schicht, zumeist Grobschutt führend, in der Bärenhalle, im unteren Höhlenteil, bis 1,7 m feststellbar, hier sehr reich an Säugetierresten.

Fauna:

Ursus spelaeus ROSENM. (Typischer Höhlenbär, massenhafte Reste)

Ursus arctos L. (Braunbär)

Canis lupus L. (Wolf)

Vulpes vulpes L. (Fuchs)

Panthera spelaea (GOLDF.) (Höhlenlöwe)

Panthera pardus L. (Panther)

Lynx lynx L. (Luchs)

Crocota spelaea (GOLDF.) (Höhlenhyäne)

Cervus elaphus L. (Rothirsch)

Capra ibex L. (Steinbock)

Alces alces L. (Elch)

Bison priscus BOJ. (Steppenwisent)

Marmota marmota (L.) (Murmeltier)

Rangifer tarandus L. (Rentier, wenige Reste)

Coelodonta antiquitatis BLMB. (Wollhaarnashorn)

Lagopus lagopus KEYS. BLAS. (Moorschneehuhn)

Eine Tiergemeinschaft, die neben den Waldformen auch einige nordische Elemente und mehrere solche des offenen Geländes führt, als die entsprechende Schicht der gegenüber liegenden Repolusthöhle. Sie weist auf ein kühl-gemäßigtes Klima hin.

Pflanzenreste: Tanne (*Abies alba*)

Kulturfunde: In den oberen Lagen der graubraunen Schicht, in einer Seiten-nische der Löwenhalle, in der oberen Etage der Höhle, fand man 1838 die 247 mm lange, 28 mm breite, 10 mm dicke, prächtig geformte und geglättete, flache Knochenspitze mit ungespaltener Basis (Lautscher oder Mladečer Typus), eine Geräteform, die für die Kulturfazies des Olschewien (J. BAYER 1927, 1929) überaus bezeichnend ist. Aus Mitteleuropa sind zahlreiche Rastplätze dieser für Bergländer bezeichnenden, Höhlen bevorzugenden Schmalklingen-Kulturfazies

bekannt (K. J. NARR 1963, K. VALOCH 1964/65, B. KLIMA 1966, L. VÉRTES 1955, M. BRODAR 1960, H. MÜLLER-BECK 1961, L. ZOTZ 1965), die bald als eine Wurzelkultur des westeuropäischen Aurignacien, bald als dessen Lateralfazies aufgefaßt wird.

Typisch für die Olschewien-Stationen ist ihre ärmliche, großteils atypische oder gar fehlende Steinindustrie und ihre, auf ein kühl-gemäßigtes Klima hinweisende Wald-Berglandfauna mit vorherrschendem, typischem Höhlenbär, einigen hochnordischen- und Steppentieren, weshalb man sie in das Mittelwürm-Interstadial versetzte. Die Fauna- und Pflanzenreste aus der graubraunen Schicht der Großen Badlhöhle entsprechen vollkommen denen der Olschewien-Stationen Jugoslawiens, Ungarns, der ČSSR und Österreichs. Zutreffend ist auch die Feststellung, daß das Olschewien-Niveau der Badlhöhle zwar noch zwei weitere kleine Knochenspitzen mit rundem Querschnitt, aber nur einen steilretuschierten Silexabschlag lieferte.

Die würmzeitliche (Würm I) Schuttschichte, in der Repolusthöhle nur geringmächtig, erreichte in der Bärenhalle, infolge des Windrohrcharakters der Höhle, eine Mächtigkeit von 1 m und enthielt viele Reste typischer Höhlenbären.

Ein grausandiger, kalkreich-schlammiger Absatz, bloß 20 cm stark, konnte nur in der Bärenhalle nachgewiesen werden. Er barg keine Säugetierfunde, aber einige spitzen- und breitklingenförmige Artefakte aus Quarzit, ähnlich Typen aus der Repolusthöhle.

Die nach unten folgende rötlichbraune Schicht erwies sich in der Steinzeit-halle, im Eingangsraum der Höhle, bis zu 3 m mächtig und, wie in der Repolusthöhle, durch viel zersetzten und häufig durch Kollophan umkrusteten Schutt gekennzeichnet. Ihre Fauna:

- Ursus spelaeus* ROSENM. (Höhlenbär)
- Ursus arctos* L. (Braunbär)
- Panthera spelaea* (GOLDF.) (Höhlenlöwe)
- Panthera pardus* (L.) (Panther)
- Canis lupus* L. (Wolf)
- Cervus elaphus* L. (Rothirsch)

Kulturfunde: Wenige, den Werkzeugtypen der Repolusthöhle sehr ähnliche schaber-spitzen- und breitklingenförmige Quarzitarfakte, ferner ein Bohrer aus Knochen.

Die im Gerätinventar der beiden Schichten bestehende Ähnlichkeit bzw. typenmäßige Übereinstimmung mit dem Kulturgut der Repolusthöhle macht es wahrscheinlich, die grausandige und rötlichbraune Ablagerung der Großen Badlhöhle ebenfalls als letztinterglaziale betrachten zu können.

Unter der rötlichbraunen Schicht folgte, im Gegensatz zur Schichtfolge der Repolusthöhle, eine dunkelrote, feinschlammige Schicht mit gleichfalls zersetztem Schutt und wenigen, schlecht erhaltenen Bärenknochen.

Grabungen in der westlich von der Großen Badlhöhle in 536 m Seehöhe befindlichen *Kleinen Badlhöhle* sowie in der nordöstlich in 559 m Seehöhe liegenden *Aragonithöhle* verliefen ergebnislos (M. MOTTL 1953).

Unweit der Repolusthöhle, im selben Berghang, nur etwas höher (650 m) trifft man auf die 15 m lange *Holzingerhöhle*, in der Grabungen des Joanneums (M. MOTTL 1951) aus dem Humus hallstatt- und römischerzeitliche, aus dem darunter folgenden jungeszeitlichen rostbraunen Lehm Höhlenbär-, Panther-, Luchs-, Steinbock- und Murmeltierreste ans Tageslicht gefördert haben.

In der Steilwand der Badlgalerie, in einer Seehöhe von 430 m, 30 m über der Wien-Grazer Autostraße, münden die beiden Zugänge der schwer erreichbaren, etwa 100 m langen *Steinbockhöhle*, in der 1909 und 1913 seitens des Höhlenvereins der Steiermark H. BOCK Grabungen unternahm. Die in den Jahren 1949 und 1951 an mehreren Stellen der Höhle abgeteufte Probegräben der Verfasserin zeigten folgende Schichtung (M. MOTTTL 1953, 1964):

Humus mit vielen Funden aus der Hallstatt- und Römerzeit.

Grauer Sand, scharfkantigen Schutt führend, mit vielen Steinbockresten, wenigen Höhlenbär-, Wolf-, Fuchs-, Rentier-, Steppenwisent- und Rothirschfunden. Es kamen außerdem einige Kulturreste einer spätwürmzeitlichen Schmalklingenkultur zum Vorschein.

Zuunterst lag ein gelbbrauner Lehm mit wenigen Höhlenbär- und Steinbockknochen. Alle Bärenreste waren typisch spelaeoid.

Eine *Halbhöhle* im *Nordhang der Badlwand*, in der Nähe der Steinbockhöhle, enthielt unter dem Humus ebenfalls einen spätglazialen, scharfkantigen Schutt führenden gelbbraunen Lehm, der mehrere Rentier-, Schneehuhn-, Riesenhirsch- und Rothirschreste barg.

Derselbe gelbbraune Lehm einer *verstürzten Höhle* im *Nordhang der Badlwand* lieferte wenige Wolf-, Fuchs- und Steppenwisentreste.

Gegenüber der Mündung des Badlgrabens erhebt sich der 546 m hohe Kugelstein, in dessen Ost- und Südhang mehrere Höhlen anzutreffen sind.

Die oberste Höhle ist die *Kugelsteinhöhle III* oder Tunnelhöhle, in 500 m Seehöhe gelegen. Eine 32 m lange, durchschnittlich 5 m breite Schichtfugenhöhle, in der die Verfasserin in den Jahren 1948/49 und 1951—53, K. MURBAN 1961—63 Grabungen leitete (M. MOTTTL 1946, 1949, 1952/53, 1968). Es konnten folgende Schichtglieder nachgewiesen werden:

Humus bis zu 50 cm mächtig, mit vielen römerzeitlichen Funden.
Grauer Sand, 40 cm bis 1 m mächtig, mit kantengerundetem Bruchschutt.

Fauna:

- Ursus spelaeus* ROSENM. (Höhlenbär, dominiert)
- Ursus arctos* L. (Braunbär)
- Canis lupus* L. (Wolf)
- Vulpes vulpes* L. (Fuchs)
- Martes martes* L. (Marder)
- Cricetus cricetus* L. (Hamster)
- Capra ibex* L. (viele Steinbockknochen)
- Rupicapra rupicapra* (L.) (Gemse)
- Cervus elaphus* L. (Rothirsch)
- Bison priscus* BOJ. (Steppenwisent)
- Rangifer tarandus* L. (Rentier, vereinzelt)

Kulturfunde: Schaber-, spitzen-, breitklingen-, scheibenförmige Quarzit- und Hornsteinartefakte einer Abschlagkultur, häufig mit glatter, schräger clactonienartiger Schlagfläche. Die Hornsteingeräte sind schön geformt, mit wechselseitig bearbeiteten und gezahnten Rändern oder beidflächig behauen und mit gezahntem Kratzerende. Sie würden, trotz der Ähnlichkeit der Quarzitartefakte mit den Repolustfunden, auf ein Moustérien mit Clactontradition hinweisen. Eine breite Knochenspitze liegt auch vor. Fauna und Kultur würden für einen kälteren Abschnitt des Altwürms sprechen.

Gelbrötlicher Sand. Geringmächtig.

Fauna:

Ursus spelaeus ROSENM. (Höhlenbär, wenige Reste)
Canis lupus L. (Wolf)
Vulpes vulpes L. (Fuchs)
Cricetus cricetus L. (Hamster)
Capra ibex L. (Steinbock)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)

Kulturfunde: Wenige Quarzitwerkzeuge, typenmäßig mit denen aus der grausandigen Schicht übereinstimmend, unter ihnen eine langschmale, gut geformte Spitze.

Hell- bis braunroter Lehm, sandig, mit eckig-plattem Bruchschutt bis zum Felsboden, mit Fe- und Mn-Anreicherungszone und knolligen Lagen, an den steirischen älterquartären „Bircherdeboden“ erinnernd, eine umgelagerte Terra rossa.

Fauna:

Ursus spelaeus ROSENM. (Höhlenbär, zahlreiche Reste)
Canis lupus L. (Wolf)
Vulpes vulpes L. (Fuchs)
Martes martes L. (Marder)
Lepus sp. (Hase)
Cricetus cricetus L. (Hamster)
Capra ibex L. (Steinbock, zahlreiche Reste)
Cervus elaphus L. (Rothirsch)
Bison priscus BOJ. (Steppenwisent)
Gulo gulo L. (Vielfraß)

Kulturfunde: Wenige, den vorherigen ähnliche Quarzitgeräte.

Alle Bärenreste der Kugelsteinhöhle III haben ein spelaeoides Gepräge, mit nur wenigen urtümlichen Zügen, obwohl aus dem roten Lehm, falls er primär lagernd gewesen wäre, atavistischere Formen zu erwarten gewesen wären. Die Bären und auch die Rentier- und Vielfraßfunde würden für eine ältere Würm-Folge, d. h. für eine „kalte Moustérien-Fazies“ eher sprechen, als für ein ausgehendes Letztinterglazial.

In 480 m Seehöhe befindet sich die etwa 45 m lange *Kugelsteinhöhle II*, Tropfstein- oder auch Bärenhöhle genannt, da die rückwärtigen, höher gelegenen Höhlenabschnitte reich an Sintergebilden sind. Seitens des Landesmuseums Joanneum wurde hier in den Jahren 1948/49, 1951/52, 1959 und 1960 gegraben (M. MOTTL 1946, 1949, 1952/53, 1964, 1968). Die Ausfüllung bestand aus einem gelbbraunen Sand mit schotterigen Lagen abwechselnd, in 1,3 m Tiefe mit einer Sinterschichte, 1,5 m tief durch eine graue, schuttführende Sandbank unterbrochen.

Fauna:

Ursus spelaeus ROSENM. (Ein nur mäßig spelaeoider Höhlenbär mit 15% urtümlichen Mutanten, überwiegt; eine primitivere Form als die Bären der Drachenhöhle bei Mixnitz). Begleitarten:

Ursus arctos L. (Braunbär)
Canis lupus L. (Viele Wolfreste)
Vulpes vulpes L. (Fuchs)
Panthera spelaea (GOLDF.) (Höhlenlöwe)
Gulo gulo L. (Vielfraß)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)
Lepus sp. (Hase)
Cricetus cricetus L. (Hamster)
Capreolus capreolus L. (Reh)
Cervus elaphus L. (Rothirsch)

Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Equus sp. (Pferd)
Bison priscus BOJ. (Steppenwisent)
Coelodonta antiquitatis BLMB. (Wollhaarnashorn)
Elephas (Mammuthus) primigenius BLMB. (Mammut)

Die Rothirschreste und die anderen Waldelemente, zusammen mit dem nur mäßig spelaeoiden Höhlenbären würden eine Altwürm-Schwankungsphase, die Vielfraßfunde und die Stepenelemente einen beginnenden stadialen Abschnitt andeuten.

Kulturfunde: Zwei Quarzitarfakte aus 2,3 m Tiefe des Höhleninneren. Das große, 13 cm lange, doppelschaberförmige, bifaceartige Gerät mit den bilateralen Zickzackrändern entspricht nach den Fachexperten H. MÜLLER-BECK und K. VALOCH einer Levallois-Spätacheul- oder Moustérienfazies, würde also ebenfalls für eine Altwürm-Folge zeugen. Die von W. MODRIJAN (1972, S. 72) wiedergegebene Altersdatierung ist eine irriige Deutung meines Textes vom Jahre 1968, S. 107, denn jener bezog sich nicht auf die Kugelsteinhöhlen, sondern auf das gesamte paläolithische Material der Steiermark.

In 445 m Seehöhe liegt die *Kugelsteinhöhle I* oder Durchgangshöhle, in ihrem Inneren mit auffallenden Wasserstandsmarken. Die jungeszeitlichen Ausfüllungen, Sande und Schotter, waren fundleer, wogegen die humose Ablagerung einige sehr interessante frühbronzezeitliche Funde, ein bestattetes Kindskelett mit Tonkrugresten, barg (M. MOTTL 1953, W. MODRIJAN 1972).

In der SO-Wand des Kugelsteins führen in den Fels gehauene Stufen zum hochovalen Zugang der in 50 m über der Mur gelegenen *Fünffenstergrötte*, einer typischen Erosionshöhle (Auftriebslabyrinth), die den zahlreichen Funden und anderen Feststellungen nach während der Römerzeit wahrscheinlich versperrt gewesen war, d. h. als Depot oder Auslug diente im Zusammenhang mit der am umwallten Plateau des Kugelsteins gewesenen Römersiedlung (M. HEIDER, W. SCHMID, W. MODRIJAN). Die humose Ausfüllung erwies sich anlässlich meiner Grabungen in den Jahren 1949 und 1952 als sehr reich an römerzeitlichen Funden, während der darunter folgende gelbbraune Sand neben vielen typischen Höhlenbärenresten auch solche vom Wolf, Fuchs, Löwen, Luchs, Hamster, Wildschwein, Rothirsch, Steinbock, Steppenwisent und von der Gemse enthielt.

Einige atypische Silexabfallstücke können zur stratigraphischen Einstufung der Eiszeitsedimente keine Anhaltspunkte bieten (M. MOTTL 1953). Die typisch spelaeoiden Höhlenbären, das Fehlen an Kaltelementen würden die kleine Wald-Berglandfauna dem Mittelwürm-Interstadial zuweisen. Die im Jahre 1964 meinerseits veröffentlichten Ergebnisse bezüglich des steirischen Bärenmaterials machen eine Einstufung in das Riß-Würm-Interglazial hinfällig.

Im an Höhlen so reichen Gebiet des „mittelsteirischen Karstes“ der Umgebung von Peggau, befindet sich nur ein einziges Karstsystem, das zu einer Schauhöhle ausgebaut wurde: die *Lurgrotte*. Eine prächtige Tropfsteinhöhle, seit 1836 bekannt und seit 1894 systematisch erschlossen (H. und A. MAYER, BRUNELLO, J. GANGL, H. BOCK, Lurgrotten-Gesellschaft). Seit 1957 ist die etwa 5 km lange Strecke des im paläozoischen Kalkstock des Tanneben entstandenen sehenswürdigen Karstraumes von Peggau (407 m Seehöhe) bis zum Semriacher Zugang (640 m) auch für das Publikum begehbar.

Kleineren Grabungen im Höhleninneren, besonders des Semriacher Höhlenteiles und in unterirdischen Bachablagerungen (H. BOCK, A. SCHOUPPE,

M. MOTTL) entstammen Reste von typischen, mitunter gewaltigen Höhlenbären (M. MOTTL 1964), von Höhlenlöwe, Wolf, Steinbock, Steppenwisent und vom Mammut.

Nordöstlich von Semriach befindet sich das höhlenreiche Gebiet in der Umgebung von Weiz in der NO-Steiermark. Das unterirdische Zauberreich der etwa 200 m langen, im Westhang des Landschaberges sich ausdehnenden *Steinbruch-Höhle*, das über 100 m lange *Rabelloch* in der Weizklamm, das *Patschaloch* im SW-Hang des Patschaberges lieferten keine Eiszeitfunde, die in der Mitte der Weizklamm in 700 m Seehöhe nach S blickende *Klementgrotte* barg dagegen mehrere Höhlenbärenreste.

Von den beiden, an der Westseite der Raabklamm, im Osthang des Schachnerkogels in etwa 680 m Seehöhe liegenden geräumigen, tropfsteinreichen Zerklüftungshöhlen brachten meine Forschungen aus dem lichtbraunen Lehm der *Bärenhöhle* viele Höhlenbärenknochen ans Tageslicht. Diese etwa 100 m lange, in ihrer innersten Halle beträchtliche Mengen von Fledermausguano beherbergende Höhle bildete einst mit der benachbarten, selten schöne Tropfsteinformen enthaltenden *Tropfsteinhöhle*, auch Gelbe Grotte genannt, ein zusammenhängendes Bruchfugensystem.

Im O-Hang der Raabklamm, im Südhang des Sattelberges mündet in 700 m Seehöhe die heute im Schaubetrieb stehende, geräumige, sehenswürdige *Grasslhöhle* mit herrlichen Sinterbildungen und im SO-Hange des Berges, unweit der Grasslhöhle, in 900 m Seehöhe das mächtige Höhlentor des *Katerloches*, einer ebenfalls ausgedehnten, mit prachtvollen Sinterformen geschmückten Schauhöhle (Dürntaler Höhlen, H. HOFER 1954), aus dessen über 40 m tiefem Schacht Höhlenbären- und Löwenreste geborgen werden konnten.

Nördlich vom Peggau-Semriacher Höhlengebiet ist die *Drachenhöhle bei Mixnitz*, im S-Abfall des Rötelsteins 949 m hoch gelegen, der berühmteste Karstrom. Die 542 m lange, an Sinterbildungen arme, an Eiszeitfunden jedoch sehr reiche Erosionshöhle lieferte anlässlich der Abbauarbeiten der staatlichen Höhlendüngeraktion in den Jahren 1920—23 besonders viele Höhlenbärenreste (O. ABEL-G. KYRLE 1931, mehrere Arbeiten von K. EHRENBERG, R. PITTONI 1954, M. MOTTL 1951, 1964, 1968, W. MODRIJAN 1972).

Die bis zu 10 m mächtige Höhlenausfüllung zeigte von oben nach unten die folgende Schichtung:

Humus, eine an Kulturfunden reiche Ablagerung, die jungsteinzeitliche (3. Jh. v. Chr.) und urnenfelderzeitliche (etwa 1000 v. Chr.) Hinterlassenschaften enthielt. Oberste Chiropteritschicht (rostbraune Ph-Erde).

Fauna:

Ursus spelaeus ROSENM. (Typischer Höhlenbär)
Gulo gulo L. (Vielfraß)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)
Microtus (Chionomys) nivalis MART. (Schneemaus)

Von O. WETTSTEIN wurde diese auf ein kaltes Klima hinweisende Kleinfauuna der Deckschichten dem Hauptwürmstadium zugewiesen.

Sinterplättchenschichte mit vielen Kleinsäugetern:

Diverse Fledermausarten *Sorex minutus* L. (Spitzmaus)
Apodemus sylvaticus L. (Waldmaus) *Clethrionomys glareolus* (SCHREB.) (Rötelmaus)
Pitymys sp. (Erdmaus) *Microtus nivalis* MART. (Schneemaus)
Glis glis L. (Siebenschläfer)

Eine bereits auf ein milderes Klima hinweisende Nagetiergemeinschaft, die O. WETTSTEIN als eine letztinterglaziale betrachtete.

Mittlere Chiropteritschicht mit den beiden geringmächtigen Kulturschichten:

Obere Kulturschicht (DS), nur wenige cm mächtig

Zwischenschicht (ZS), 10 cm stark

Untere Kulturschicht (HS), bis zu 30 cm mächtig.

Im Jahre 1921 stieß man, 300 m vom Höhleneingang entfernt, auf die einzige paläolithische Fundstelle der geräumigen Höhle. Typologisch-technologisch konnte zwischen dem Fundgut der beiden Kulturschichten kein Unterschied festgestellt werden. Die meisten Artefakte sind grob ausgeführte Breitklingen-, Schaber-, Spitzen-, Scheibenformen einer aus Flußgeröllen angefertigten quarzitischen Abschlagindustrie. Es kommen auch einige Schmalklingentypen, auch aus Hornstein, Jaspis hergestellt, sowie zwei gut geglättete Knochenspitzenbruchstücke vom Lautscher (Mladečer)-Typus vor (G. KYRLE 1931, L. ZOTZ 1944, 1951). G. KYRLE bezeichnete die Steinindustrie als ein letztinterglaziales Moustérien (mit Acheuleinschlag) des „alpinen Paläolithikums“, R. PITTIONI (1954) als eine Sonderfazies der Breitklingenkultur. J. BAYER (1927, 1929), V. HILBER (1922), S. BRODAR (1938), L. ZOTZ (1944, 1951), M. BRODAR (1959/60) waren dagegen der Auffassung, das Kulturgut, infolge des Fehlens an typischen Moustérienformen, des Vorkommens von Schmalklingenelementen und der beiden den Potočka-Typen entsprechenden Knochenspitzenstücken als eine Station der Schmalklingenkulturfazies Olschewien zu betrachten.

Untere Chiropteritschicht, bloß 10—30 cm mächtig.

Basalschicht.

Den Angaben von A. BACHOFEN-ECHE (1931, S. 579) und O. SICKENBERG (1931, S. 747) zufolge ist das Säugetiermaterial der mittleren und unteren rostbraunen P-Erden ein stratigraphisch zumeist nicht geordnetes „Verladematerial“ des staatlichen Abbaues, es liegen nur wenige sichere Fundvermerke vor. Als sicher eiszeitliche Reste sind zu betrachten:

Ursus spelaeus ROSENM. (90% des Materials)

Canis lupus L. (Wolf)

Ursus arctos L. (Braunbär)

Panthera spelaea (GOLDF.) (Höhlenlöwe)

Marmota marmota (L.) (Murmeltier)

Capra ibex L. (Steinbock)

Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)

Das vorwiegend aus oberen Lagen stammende *Ornis*-Fundgut (K. LAM-BRECHT 1931) umfaßt eine reiche Vogel-Fauna vom Waldcharakter (Sperber, Krähe, Elster, Specht, Dohle).

Meine eingehenden Untersuchungen am umfangreichen Bärenmaterial der Steiermark führten überraschenderweise zum Ergebnis (M. MOTTL 1964), daß die Evolutionshöhe der Mixnitzer Höhlenbären nicht mit der des letztinterglazialen, noch sehr urtümlichen, deningeroiden Fundgutes der Repolusthöhle, sondern mit der des Würm I—II interstadialen Materials der Großen Badlhöhle bei Peggau, des Frauenlochs bei Semriach sowie des Auslandes übereinstimmt, d. h. im allgemeinen ein fortschrittlich spelaeoides Material mit nur wenigen urtümlicheren Zügen darstellt.

Ganz anders ist auch die Begleitfauna aus der Drachenhöhle; es fehlen alle bezeichnenden Arten der rostbraunen Schicht der Repolusthöhle, wie urtümlicher Braunbär, Löwe und Alpenwolf, kleiner Wolf, urtümlicher Dachs, Wildschwein, Stachelschwein, Riesenhamster, Biber, Reh.

Pflanzenreste: Aus einer Herdstelle der Hauptkulturschicht der Drachenhöhle konnte E. HOFMANN (1931) die folgenden Arten bestimmen:

Pinus nigra (Schwarzföhre)

Abies alba (Tanne)

Picea excelsa (Fichte)

Stieleiche und Rotbuche, wie aus den Lagerfeuern der Repolusthöhle, sind nicht vertreten.

Vergleichsuntersuchungen an in- und ausländischem Material sprechen dafür, Fauna, Flora und Kultur der Drachenhöhle bei Mixnitz nicht als eine letztinterglaziale, sondern als eine interstadiale (Würm I—II, Mittelwürm-Schwankung) zu betrachten. Somit wäre die Drachenhöhle neben der Großen Badlhöhle bei Peggau, dem Lieglloch bei Tauplitz und der Tischoferhöhle bei Kufstein eine weitere Station der Kulturfazies Olschewien in Österreich.

In 900—1000 m Seehöhe befinden sich rings am Rötelstein noch weitere Höhlen. Der in einer Seehöhe von 975 m mündende Erosionsgang des etwa 70 m langen *Kalten Kellers* war an Höhlenbärenresten ebenfalls reich, so auch der rotbraune Lehm der nach S blickenden, geräumigen, mit schönen Sintergebilden geschmückten *Mathildengrotte*, die in einem tiefen Absturz endet.

Zu den Säugetierreste enthaltenden Höhlen um Mixnitz gehört auch die NO von Mixnitz in 810 m Seehöhe, in der N-Wand der Burgstallmulde liegende *Burgstallwandhöhle I*. Diese etwa 60 m lange Korrosionshöhle wurde von Sickerwässern in der Eggenberger Brekzie in zwei Etagen ausgelaugt. Meine im Jahre 1951 vorgenommenen Grabungen brachten aus dem Humus mittelalterliche Funde, aus dem rostbraunen Lehm viele typische Höhlenbärenknochen, wenige Löwen- und Wolfsreste ans Tageslicht.

Die zur selben Zeit in der Nordwand der Zachenspitze, in der Nähe der Teichalpe, in der in etwa 1350 m Seehöhe befindlichen *Zachenlucke*, einer Schachthöhle, sowie im *Zehnerhubloch*, einer in der SW-Flanke des Schweineggkogels in 1390 m Seehöhe mündenden Absturzhöhle, durchgeführten Grabungen verliefen ergebnislos.

Südwestlich von Semriach, im malerischen Kesselfall, im stark zerklüfteten Schöckelkalk des 762 m hohen Karlsteins bzw. in dessen Thesenfelsen befinden sich drei Höhlen:

Die kleine, in 600 m Seehöhe entstandene *Frauenhöhle* o. Frauenloch ist deswegen interessant, weil sie in einem 11 m tiefen Schacht endet, der von einem, mit Sinter vermengten, viel Geschiebe und massenhaft Säugetierreste enthaltenden gelbbraunen Lehm teils ausgefüllt ist. In der Höhle wurde seitens des Joanneums bereits im Jahre 1914 (F. DRUGCEVIČ, H. MAYER) gegraben, 1947 unternahm ich Grabungen mit V. MAURIN. Unter dem Humus befand sich im Eingangsabschnitt ein gelbbrauner, mit eckigem Bruchschutt durchschossener Lehm, der nur wenige Löwen- und Höhlenbärenreste, in einem Strudeloch auch mehrere Wolfs-, Fuchs- und Marmelotierknochen barg.

Das Material des rückwärtigen Schachtes, Höhlenbär-, Braunbär-, Löwe-, Wolf-, Fuchs-, Steinbock- und Marmelotierreste, untersuchte ich 1947 und 1964, wobei ich feststellen konnte, daß das Höhlenbären-Material des Frauenloches, der Großen Badlhöhle und der Drachenhöhle bei Mixnitz ein typisch spelaeoid evoluiertes Fundgut darstellt, im Gegensatz zu den urtümlichen, deningroiden Bären der Repolusthöhle. Die auf breiter Basis durchgeführte Altersdatierung dieser Bärenpopulationen ergab, in Anbetracht auch der Evolutionshöhe des ausländischen Bärenmaterials, daß die Höhlenbären des Frauenlochs nicht als

letztingerglaziale, sondern als mittelwürmstadiale (Würm I—II) zu betrachten sind (M. MOTTL 1964).

Beobachtungen im Frauenloch weisen auch darauf hin, daß das umfangreiche Schachtmaterial nicht aus dem vorderen Höhlenteil hinuntergeschwemmt wurde, sondern wahrscheinlich aus dem, über dem Frauenloch sich befindenden Horizontalgang der Nixengrotte stammt und durch Klüfte und Kamine in den tiefen Schacht gelangte (M. MOTTL 1947, 1950).

Die Ausfüllungen der *Nixengrotte* oder Hocheggerhöhle sind total übersintert, der Horizontalgang ist von wunderschönen Tropfsteingebilden überwuchert, weshalb eine Grabung hier auf große Schwierigkeiten stoßen würde, auch sind die Steilstufen des vorderen Höhlenteiles mühsam zu erklettern.

Grabungen in der geräumigen Vorhalle der in 65 m rel. Höhe dem Kessel- fall zublickenden *Leopoldinenhöhle* brachten aus dem Humus viele römische Gefäßscherben, Münzen und Küchenabfälle, aus dem darunter folgenden gelb- braunen Lehm aber nur wenige Höhlenbären- und Steinbockreste zutage (M. MOTTL 1947, 1950).

Aus den zahlreichen Höhlen des Schöckelgebietes (Blaubrugrotte, Frauen- höhle, Klingloch, Maurermodeshöhle, Sinterhöhle, Großes und Kleines Wetter- loch, Schachthöhlen) wurden bisher keine Eiszeitfunde gehoben.

In der Nähe der Lurgrotte bei Peggau, etwas südlich, befand sich 20 m über dem Straßenniveau die kleine *Josefinenhöhle*, deren jungsteinzeitliche Sedimente unter anderem das Skelett einer kleinwüchsigen neolithischen Rasse bargen, ähn- lich Funden aus der Schweiz.

Etwas weiter südlich zeigt die imposante Peggauer Steilwand weit über 50 Höhlungen, Reste eines einstigen Höhlensystems. Die größten sind die *Große Peggauer Wandhöhle* mit drei Zugängen und einem domartigen Karstrraum, des- sen in den Jahren 1918/19 abgebauten phosphathaltigen, schotterigen jungeis- zeitlichen Ablagerungen viele typische Höhlenbärenknochen enthielten, so auch die der mehr südlich liegenden, etwa 90 m langen *Kleinen Peggauer Wandhöhle*, einer Bruchfugenhöhle (G. KYRLE 1923).

Die Ausfüllungen der noch etwas südlicher mündenden *Glaserlucke*, der Rest einer Labyrinthhöhle, wurden näher nicht erforscht.

Die lößartigen Sedimente der kleinen *Bärenhöhle* am Gamskogel bei Stübing am rechten Murer lieferten nur wenige Bärenreste.

Die in der Umgebung von Gratwein, südlich von Peggau befindlichen *Kal- varienbergshöhlen* und das *Schneiderloch* bargen keine Eiszeitfunde, wohl aber die beiden Karsträume, am linken Murer bei Gratkorn gelegen. Das mächtige Gewölbe der im W-Hang des Hausberges in 384 m Seehöhe knapp oberhalb der Autostraße mündenden *Zigeunerhöhle*, einer geräumigen Halbhöhle, ist von weitem sichtbar. Die Ausfüllungen der Höhle lieferten die schön ausgeführten Knochengeräte, feine Spitzen, Angelhaken, Harpune und verzierte Rothirsch- geweihstücke, sowie zahlreiche kleinformatige Hornstein- und Quarzartefakte einer Fischer-Jagdstation der spätesten Altsteinzeit, die am Ende des Pleistozäns von der Mur überschwemmt wurde (R. PITTIONI 1954/55, vorerst für meso- lithisch betrachtet, W. MODRIJAN 1955, 1972).

In der spärlichen Fauna überwiegen neben Rentierresten bereits solche vom Rothirsch, den Übergang zur postglazialen Erwärmung bezeugend.

Oberhalb der Zigeunerhöhle befindet sich die *Emmalucke*, eine bedeutend klei- nere Höhle, deren unterste Schichten Höhlenbärenknochen bargen.

In Graz-Eggenberg, im O-Hang des Mühlberges, liegt in 400 m Seehöhe die *Einsiedeleigrotte*, in deren Vorhof alte Grabungen des Joanneums, geleitet von V. HILBER im Jahre 1922, viele Wildpferd-, Wisent- auch Mammutreste zutage gefördert haben, Mahlzeitreste einer vermutlich späteiszeitlichen Jagdstation.

Der späten Eiszeit, d. h. späten Würm-Abschnitten gehören auch die Schichtfolgen an, die in den im paläozoischen Schöckelkalk ausgelagerten Höhlen des 680 m hohen Zigöllerkogels, NNW von Köflach in der W-Steiermark anlässlich der Grabungen des Joanneums in den Jahren 1951/52 angetroffen worden sind. (M. MOTTTL 1953, 1964, 1968).

Im NW-Hang des Zigöllerkogels, in 550 m Seehöhe, befindet sich das *Luegloch*, auch Ochsenloch genannt, eine domartige Ausbruchshöhle mit mächtigem Portal. Die Grabungsarbeiten zeigten das folgende Profil:

Humus mit vielen römischen und schön gemusterten hallstattzeitlichen Gefäßstücken, Ziergegenständen aus Knochen angefertigt, Haustierresten und Aschenlagen.

Gelbbraune, lehmige, 25 cm mächtige, feinen Schutt führende Schicht.

Fauna:

Talpa europaea L. (Maulwurf)
Ursus spelaeus ROSENM. (Wenige, aber typische Höhlenbärenreste)
Leucocyon lagopus L. (Eisfuchs)
Mustela erminea L. (Hermelin)
Lepus sp. (Hase)
Ochotona pusillus PALL. (Pfeifhase)
Microtus arvalis-agrestis-Gruppe (Feld-Erdmaus)
Microtus nivalis-Gruppe (Schneemaus)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)
Rangifer tarandus L. (Rentier)
Capra ibex L. (Steinbock)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Lagopus mutus MONT. (viele Schneehuhnreste)
Lagopus lagopus KEYS. BLAS. (Moorschneehuhn)
Lyrurus tetrix L. (Birkhahn)
Pyrrhocorax alpinus VIEILL. (Alpenkrähe)

Eine typisch spätglaziale Tiergemeinschaft mit mehreren Tundren- und extremen Steppenformen.

Hellgelber Lehm, 20 cm stark, mit Frostscht durchsetzt, eine wahre Nagetierschicht. Fauna:

Talpa europaea L. (Maulwurf)
Erimaceus europaeus L. (Igel)
Ursus spelaeus ROSENM. (Wenige, typische Höhlenbärenreste)
Canis lupus L. (Wolf)
cf. *Leucocyon lagopus* L. (Eisfuchs)
Mustela erminea L. (Hermelin)
Mustela nivalis L. (Wiesel)
Mustela minuta POM. (Kleine Wieselform)
Lepus sp. (Hase)
Ochotona pusillus PALL. (Pfeifhase, häufig)
Glis glis L. (Siebenschläfer)
Microtus arvalis-agrestis-Gruppe (Feld-Erdmaus)
Microtus ratticeps KEYS. BLAS. (Nordische Wühlmaus)
Microtus cf. *malei* HINT. (Ausgestorbene Wühlmausart)
Microtus brandi BRUNN. (Ausgestorbene Wühlmausart)
Microtus nivalis-Gruppe (Schneemausreste, häufig)
Arvicola terrestris L. (Wühlratte)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)

Rangifer tarandus L. (Wenige Rentierreste)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Lagopus mutus MONT. (Schneehuhn, viele Reste)
Lagopus lagopus KEYS. BLAS. (Wenige Moorschneehuhnfunde)
Pyrrhocorax alpinus VIEILL. (Alpenkrähe)
Rana sp. (Froschreste)

Unverändertes, auf kaltes Klima hinweisendes spätglaziales Faunagepräge.

Graue, sandige Ablagerung, durchschnittlich 50 cm mächtig. Fauna:

Talpa europaea L. (Maulwurf)
Ursus spelaeus ROSENM. (Viele, typische Höhlenbärenreste)
Canis lupus L. (Wolf)
Vulpes vulpes L. (Fuchs)
Martes martes L. (Marder)
Mustela erminea L. (Hermelin)
Mustela kreffii WOLDR. (Kleine Hermelinform)
Mustela nivalis L. (Wiesel)
Lepus sp. (Hase)
Glis glis L. (Siebenschläfer)
Microtus arvalis-agrestis-Gruppe (Feld-Erdmaus)
Arvicola terrestris L. (Wühlratte)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)
Rangifer tarandus L. (Rentier)
Cervus elaphus L. (Rothirschreste, selten)
Capra ibex L. (Steinbock)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Lagopus mutus MONT. (Schneehuhn, viele Funde)
Lagopus lagopus KEYS. BLAS. (Moorschneehuhn, wenige Reste)
Pyrrhocorax alpinus VIEILL. (Alpenkrähe)
Rana sp. (Froschreste)

Während in den oberen beiden Schichtgliedern die Schneehühner dominierten, enthielt die grausandige Schicht mehr Höhlenbärenreste, und es sind auch vereinzelte Rothirschfunde vorhanden.

Kulturfunde: Zwei kleinformatige Werkzeugtypen, u. zw. eine Hohlkehl- und eine Kerbklinge aus rotem Jaspis und eine 4 cm lange, fein geglättete Knochenspitze. Sie gehörten einer spätglazialen Schmalklingenfazies an.

Rotbrauner sandiger Lehm, bis zu 75 cm mächtig, aber relativ wenige Funde bergend. Fauna:

Talpa europaea L. (Maulwurf)
Ursus spelaeus ROSENM. (viele, typische Höhlenbärenreste)
Canis lupus L. (Wolf)
Mustela kreffii WOLDR. (Kleine Hermelinform)
Lepus sp. (Hase)
Ochotona pusillus PALL. (Pfeifhase, selten)
Microtus arvalis-agrestis-Gruppe (Feld-Erdmaus)
Clethrionomys glareolus (SCHREB.) (Rötelmaus)
Arvicola terrestris L. (Wühlratte)
Marmota marmota (L.) (Murmeltier)
Rangifer tarandus L. (Rentier, selten)
Capra ibex L. (Steinbock)
Rupicapra rupicapra (L.) (Gemse)
Lagopus mutus MONT. (Viele Schneehuhnreste)
Lagopus lagopus KEYS. BLAS. (Moorschneehuhn)
Lyrurus tetrix L. (Birkhahn)
Surnia nisoria WOLF (Habichtseule)

In dieser untersten Schicht der Höhlenausfüllung blieben Eisfuchs, nordische

Wühlmaus, Hermelin und Schneemaus aus, die Zahl der Schneehühner war merklich geringer und es erschien die Rötelmaus.

Die Schichtfolge deutet von unten nach oben eine Klimaverschlechterung an. Es ist die einzige reiche Kleinsäugerfauna der Steiermark. Ein Teil des Knochenmaterials der beiden oberen Schichten stammt aus Raubvögel-Gewöllen.

Im SW-Hang des Zigöllerkogels, in 595 m Seehöhe, mündet der enge, etwa 20 m weit verfolgbare Erosionsgang des *Dachsloches*. Die Humusschicht erwies sich als fundleer, der gelbbraune, mit Frostschutt durchsetzte Lehm führte folgende Tierreste:

- Tapa europaea* L. (Maulwurf)
- Ursus spelaeus* ROSENM. (Wenige Höhlenbärenreste)
- Alces alces* L. (Elch)
- Rangifer tarandus* L. (Rentier)
- Capra ibex* L. (Steinbock)
- Rupicapra rupicapra* (L.) (Gemse)
- Microtus*- und *Rana*-Reste (Wühlmäuse und Frösche)

Ein bescheidenes Material von ähnlichem Gepräge wie aus dem Luegloch.

Im W-Hang desselben Berges liegt das *Bären- oder Rimmeloch* in 575 m Sh, ein 50 m langer, 3 m breiter Erosionsgang, dessen Humus ebenfalls fundleer war und dessen gelbbrauner, Frostschutt führender Lehm nur wenige Schneehühnerfunde barg. Der darunter folgende graue Sand enthielt gleichfalls nur wenige Höhlenbärenknochen.

Die „*Eiserne Kassa*“ stellt eine in 585 m Seehöhe oberhalb der Siedlung Krennhof, in den östlichen Talwänden des Gradnerbaches befindliche, schwer auffindbare Korrosionshöhle dar, deren schwach gewundener Gang bis etwa 17 m weit begehbar ist. Im Humus lagen viele römische Funde, im gelbbraunen Lehm stießen wir auf wenige Höhlenbären- und Steinbockknochen.

Aus dem in 540 m Seehöhe im WNW-Hang des Zigöllerkogels, am Fuße einer monumentalen Felswand mündenden *Heidentempel*, einer Zerklüftungshöhle, kamen keine Eiszeitfunde ans Tageslicht, wohl aber sehr viele schöne Ringe und Münzen, Gefäß- und Glasscherben, Bronzefibeln der Römerzeit, sowie Topfscherben der Urnenfelderkultur (W. MODRIJAN, M. GRUBINGER) anlässlich meiner Grabungen in den Jahren 1951/52 (M. MOTTTL 1953).

Die Höhlenwände zeigten künstliche Bearbeitungen, in einer 21 m höher liegenden Nische fanden wir die Reste eines römischen Wandreliefs mit Männer- und Frauenköpfen, die später vielleicht von Christen teils gewaltsam getilgt wurden. Allem Anschein nach diente der Heidentempel als Grab- und Kultstätte (M. MOTTTL 1953, W. MODRIJAN 1972).

Aus obiger Zusammenfassung der eiszeitlichen Faunen und Kulturen des Grazer Berglandes ist klar ersichtlich, daß die bisherigen Eiszeitfunde nur einen relativ kurzen, späten Abschnitt des eiszeitlichen Gesamtgeschehens Österreichs und Europas erhellen, und es ist erstaunlich, wie wenigen Kultureinflüssen unser Bundesland während dieser etwa 150.000 Jahre währenden Zeit ausgesetzt war.

VII/2. Holozän

Es wurde bereits darauf verwiesen, daß der Talboden der Mur eine holozäne Aufschüttung darstellt (Unterste Stadtboden-Stufe; S. 154).

In diese Flur schneidet — maximal einige Meter tief — der heutige Murlauf ein, wobei die Mur-Regulierung der 80er Jahre diesen Vorgang etwas verstärkt hat. Diese holozäne Erosion ist fast überall feststellbar.

Die gleiche Entwicklung wie das Murtal zeigen die übrigen Täler (vgl. J. JANSCHKE 1969; H. RIEDL 1961; F. SOLAR 1963; A. WINKLER-HERMADEN et al., 1963).

Nach S. MORAWETZ 1957:197 dürfte auch die Entwicklung der zahlreichen Erosions-Kleinformen (Tobel, Dellen usw.), die im Bereiche der jungen Lockerablagerungen das Landschaftsbild beleben, im Postglazial („Frührezente Erosionsphase“?) ihren Höhepunkt gehabt haben, wobei jedoch dieser Prozeß bis heute anhält. Hierbei spielt die unterirdische Erosion durch Gesteinsausspülung keine geringe Rolle (A. HAUSER & J. ZÖTL 1955).

Zahlreiche tote Schuttkegel, in die die Bäche einschneiden und die über den spätpleistozänen bis frühholozänen Alluvionen liegen, sind das Ergebnis dieser absteigenden Talentwicklung. (In der Karte konnten nur die größten dieser Schuttkegel Aufnahme finden.) Das starke Gefälle der Mur, das nach S. MORAWETZ (1959a: 33) zwischen Bruck a. d. M. und dem Weinzödl-Wehr in Graz 2,3 ‰, zwischen Weinzödl und Liebenau südlich von Graz sogar 2,8 ‰ beträgt, bedingt eine teilweise Unterschneidung dieser Schuttkegel durch die Mur und damit ein starkes Einschneiden der Seitengerinne in ihre alten Schuttkegel. Mit der verstärkten Erosion wächst die Schlamm- und Geschiebeführung der großen, gegen Süden entwässernden Flüsse (Mur, Raab, Feistritz). So gab G. TROPPEL (1950) an, daß im Stauraum von Pernegg jährlich 200.000 bis 300.000 m³ Schlamm und bis 50.000 m³ Geschiebe abgesetzt werden.

Die Zusammensetzung der heute transportierten und abgelagerten Mursande unterscheidet sich, wie eine Untersuchung von O. BLÜMEL 1952 ergab, kaum von der der würmzeitlichen Terrassen.

Die Korngrößen-Verteilung beträgt: 1—0,1 mm: 81,8 ‰, 0,1—0,02 mm: 18,2 ‰. An Schwermineralen treten Zirkon, Rutil, Disthen, Staurolith, Hornblende, Zoisit, Epidot, Turmalin, Apatit, Magnetit und Glaukonit auf. In der Arbeit findet sich auch eine chemische Analyse des Mursandes.

Nur gelegentlich kommt es im Gefolge größerer Unwetter zu einer raschen Aufschüttung des Talbodens und zum Vorbau neuer Schwemmkegel an den Bachmündungen (E. CLAR 1959, S. MORAWETZ 1959 b), in die jedoch die Bäche bald wieder einzuschneiden beginnen.

Weitere — vermutlich ebenfalls zum Teil schon pleistozäne — Bildungen sind die oft mächtigen und ausgedehnten Hangschutt-Verkleidungen, wie sie besonders im Raume des Hoch-Trötsch, Schiffal oder Hochlantsch beobachtbar sind. Auch hier konnten nur einige wichtigere ausgeschieden werden. Typische Bergstürze sind dagegen selten. J. STINI 1931 beschrieb eine — für den Bau des E-Werkkanales unangenehme — Bergsturzmasse südlich von Mixnitz am Fuße des Schiffal. Weitere derartige Bildungen treten u. a. am N-Hang des Hochlantsch auf.

Bereits bei dem Hinweis auf die verstärkte Erosion der Mur durch die Regulierung wurde die Bedeutung der menschlichen Tätigkeit für die jüngste geologische Entwicklung gezeigt. Die ausgedehnten Bergwerkshalden (Köflach-Voitsberg, Leoben) sind heute nicht nur — wenn auch meist im negativen Sinn — ein landschaftsformendes Element geworden, sondern stellen teilweise bereits ein geologisches Problem (Rutschungen, Gründungen usw.) dar. Landformend beginnt sich im Bereiche der neogenen Lockerablagerungen auch die „Hohlweg-Erosion“ (J. ZÖTL 1954) bemerkbar zu machen. Kahlschläge leiten in Kalk- und Dolomitgebieten (z. B. Frauenkogel b. Götting) die Verkarstung ein.

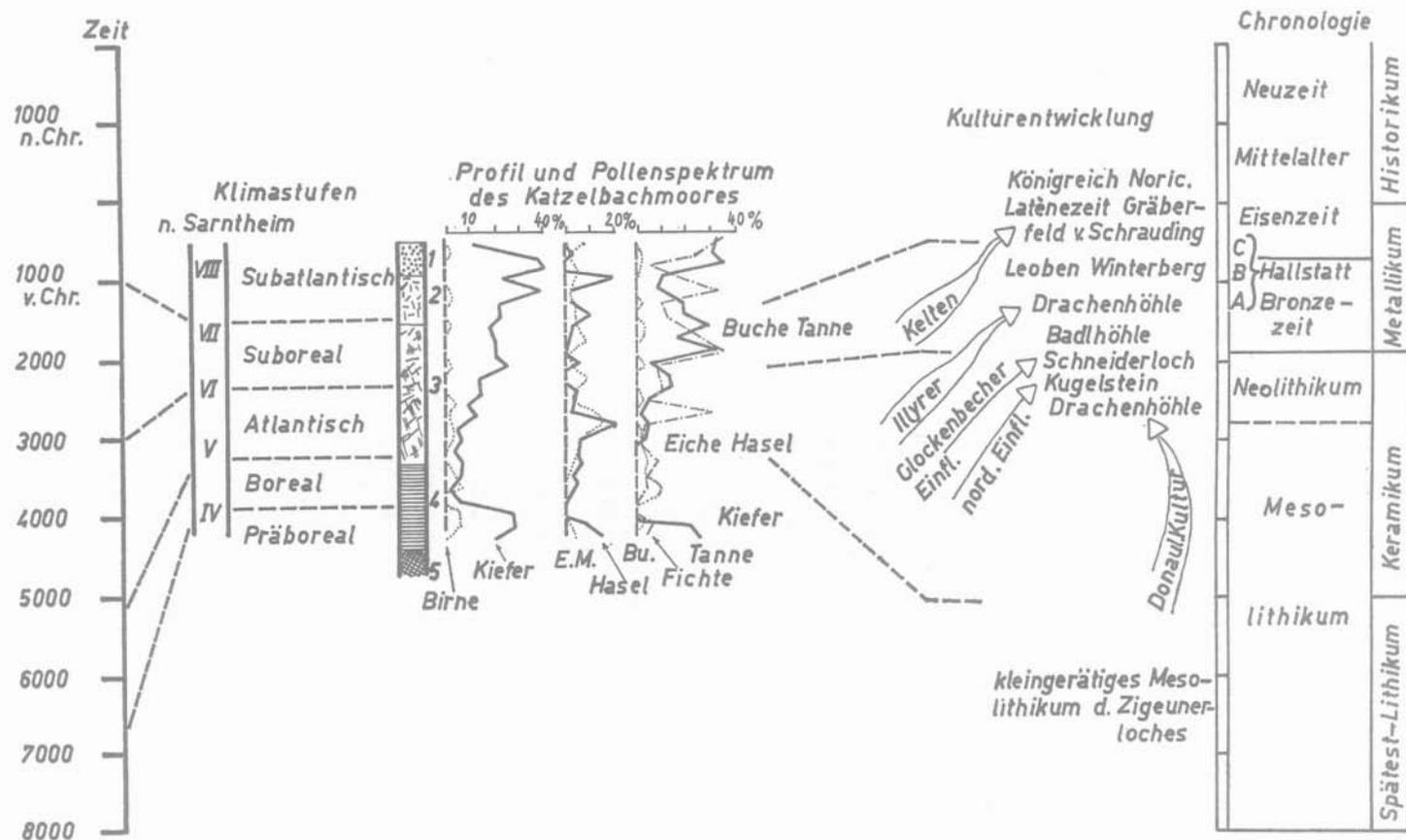


Abb. 2: Das Pollen-Profil des Katzelbachmoores (Becken von Thal) und die Entwicklung der Kulturen im Holozän des Grazer Berglandes.

Abschließend sei noch auf die holozäne Wald- und Klimageschichte hingewiesen, über die uns die palynologische Untersuchung des Katzelnbachmoores westlich von Graz (G. E. KIELHAUSER 1937) Anhaltspunkte liefert.

Danach lassen sich eine 1. Koniferen-Zeit mit dem Vorherrschen von Tanne und Kiefer, eine Buchenzeit mit dem gleichzeitigen Vordringen der Erle (in dem nur auszugsweise wiedergegebenen Pollenspectrum in Abb. 2 nicht dargestellt), eine Eichen-Mischwald-Zeit, mit Eiche, Linde, Ulme und Hasel, wobei der Haselgipfel leicht dem Eichen-Mischwald-Gipfel voraneilt, und eine 2. Koniferen-Zeit mit Tanne, Fichte und Kiefer unterscheiden. Das Diagramm gliedert sich gut den bisher bekannt gewordenen Pollenspectren holozäner Moore südlich der Alpen (z. B. D. FREY 1956, R. SARNTHEIN 1947) ein. Das damit zum Ausdruck kommende Klimabild läßt sich in seinen Schwankungen mit der allgemeinen Klimaentwicklung von Mitteleuropa vergleichen, wobei eine zeitliche Einordnung der verschiedenen Moor-Horizonte versucht werden kann (Abb. 2).

Von Interesse ist die Feststellung von H. FRANKE 1966, daß die Bildung der Kalksinter eines Stalagmiten aus dem Katerloch bei Weiz in das warmfeuchte Atlanticum fällt.

VII/3. Schrifttum

482. ABEL, O. & KYRLE, G., Die Drachenhöhle bei Mixnitz. — Speläol. Monogr. 7, 8, 953 S., 199 Taf., Wien 1931.
483. CLAR, E., Geologische Beobachtungen von der steirischen Unwetterkatastrophe vom August 1958. — Geol. und Bauw., 24, 131—140, Wien 1959.
484. FINK, J., Die Böden Österreichs. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 100, 92—134, Wien 1958.
485. —, Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am südöstlichen Alpenrand. — Mitt. Österr. Bodenkdl. Ges., 1, 2—14, Wien 1959.
486. —, Die Südostabdachung der Alpen. — Mitt. Österr. Bodenkdl. Ges., 1, 123—183, Wien 1961.
487. FLÜGEL, H., Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 102, 52—64, Wien 1960 (1960 c).
488. FREY, D. G., Die Entwicklungsgeschichte des Längsees in Kärnten. — Carinthia II, 66, 5—12, Klagenfurt 1956.
489. HANSELMAYER, J., Der schwarze diluviale Hochflutlehm (Terrassenlehm) von Gleisdorf. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 163, 439—445, Wien 1954 (1954 b).
490. HAUSER, A. & ZÖTL, J., Die morphologische Bedeutung der unterirdischen Erosion durch Gesteinsausspülung. — Peterm. Geogr. Mitt., 18—21, Gotha 1955.
491. HILBER, V., Urgeschichte Steiermarks. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., (B), 58, 79 S., Graz 1922.
492. HÜBL, H., Neue Funde aus der Altsteinzeit in der quartären Stadterrasse von Gleisdorf (Oststmk.). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 75, 35—47, Taf. 1, Graz 1938.
493. —, Zwei Löße aus den Bergen westlich von Graz (Steiermark). — N. Jahrb. Min. etc., B. 174—184, Stuttgart 1943.
494. KIELHAUSER, G. E., Pollenanalytische Untersuchung der kleinen Moore am Katzelnbach bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 74, 144—156, Graz 1937.
495. KÜPPER, H., Zur Geschichte der Wiener Pforte. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 100, 161—181, Wien 1958.
496. LICHTENECKER, N., Die gegenwärtige und die eiszeitliche Schneegrenze in den Ostalpen. — Verh. III. Intern. Quartär Konf., 141—147, Wien 1938.
497. MODRIJAN, W., Die Höhlen im Hausberg von Gratkorn. — Schild v. Steier, 5, 5—11, Graz 1955.
498. MORAWETZ, S., Die Tobel östlich von Graz. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 99, 194—198, Wien 1957.
499. —, Das Passailer Becken. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 88, 199—209, Graz 1958.

500. — , Junge Erosion und Akkumulation in den Ostalpen. — Abh. Geogr. Inst. Berlin, 5, 29—36, Berlin 1959 (1959 a).
501. — , Die Muren des Unwetters vom 12. August 1958 im Murtal zwischen Übelstein und Mixnitz (Steiermark). — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 101, 86—94, Wien 1959 (1959 b).
502. — , Geomorphologische Bemerkungen zur Unwetterkatastrophe vom August 1958 im Rennfeldgebiet (Steiermark). — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 101, 396—398, Wien 1959 (1959 c).
503. — , Anzapfungsknie im Steirischen Randgebirge und Grazer Bergland. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 89, 104—110, Graz 1959 (1959 d).
504. — , Talanfänge und Talentwicklung. — Zeitschr. Geomorph., 3, 126—144, Berlin 1959 (1959 d).
505. — , Zur Frage der Entstehung der jungdiluvialen Murterrassen. — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 103, 57—70, Wien 1961.
506. MOTTL, M., Die Kugelsteinhöhlen bei Peggau. — Verh. geol. Bundesanst., 61—69, Wien 1946.
507. — , Die pleistozäne Säugetierfauna des Frauenloches im Röttschgraben bei Stübing. — Verh. geol. Bundesanst., 94—120, Wien 1947 (1947 a).
508. — , Die Repolusthöhle, eine Protoaurignacienstation bei Peggau in der Steiermark. — Verh. geol. Bundesanst., 200—205, Wien 1947 (1947 b).
509. — , Forschungen in den Kesselfallhöhlen bei Stübing (Steiermark). — Die Höhle, 1, 22—24, Wien 1950 (1950 a).
510. — , Die Repolusthöhle bei Peggau (Stmk.) und ihre eiszeitlichen Bewohner. — Arch. Austriaca, 8, 1951.
511. — , Steirische Höhlenforschung und Menschheitsgeschichte. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 8, 1—18, Graz 1953 (1953 a).
512. — , Eiszeitforschungen des Joanneums in Höhlen der Steiermark. 2. Die Erforschung der Höhlen. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 11, 14—58, Graz 1953 (1953 b).
513. — , Neue Grabungen in der Repolusthöhle bei Peggau in der Steiermark. — Mitt. Museum Bergb. Geol. & Techn., 15, 77—87, Graz 1955 (1955 b).
514. MURBAN, K., Eiszeitforschungen des Joanneums in Höhlen der Steiermark. 1. Geologische Vorbemerkungen. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 11, 7—13, Graz 1953.
515. — , Neue Grabungen in der Repolusthöhle bei Peggau in der Steiermark — Mitt. Museum Bergbau, Geol. & Techn., 15, 51—58, Graz 1955.
516. PENCK, A., Die Eiszeiten in den Südalpen und im Bereich der Ostabdachung der Alpen. — In A. PENCK & E. BRÜCKNER: Die Alpen im Eiszeitalter, 3, 717—1197, Leipzig 1909.
517. PITTIONI, R., Die Funde aus der Zigeunerhöhle im Hausberg bei Gratkorn, Steiermark. — Schild v. Steier, 5, 12—24, Graz 1955.
518. RÖSSLER, W., Eichenholz (*Quercoxylon*) aus dem Alluvium von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 90, 103—108, Graz 1960.
519. SARNTHEIN, v. R., Pollenanalytische Untersuchungen in Kärnten. — Carinthia II, 56, 111—129, Klagenfurt 1947.
520. SÖLCH, J., Das Grazer Hügelland. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 130, 265—293, Wien 1921.
521. STINI, J., Die Schlammförderung und Geschiebeführung des Raabflusses. — Mitt. Geogr. Ges. Wien 63, 3—11, Wien 1920.
522. — , Die Schlammführung einiger steirischer Gewässer. — Zeitschr. österr. Ing. & Arch. Ver., 2 S., Wien 1923.
523. — , Geologie und Mineralogie. — Heimatkd. Stmk., 6, 86 S., Karte d. Stmk., Wien 1925.
524. — , Der „Schweb“ der Mur. — Zeitschr. Geomorph., 1, 49—53, Leipzig 1926 (1926 c).
525. — , Eine merkwürdige Einlagerung in einer Bergsturzmasse. — Geol. und Bauw., 3, 227—230, Wien 1931.
526. TROPPEL, G., Die Verlandung der Stauräume der Murkraftwerke Pernegg und Laufnitzdorf. — Österr. Wasserwirtschaft., Wien 1950.

527. WINKLER v. HERMADEN, A., Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpenraum außerhalb des Vereisungsgebietes. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 110, 1—180, Wien 1955.
528. — , Über Quartärforschungen im steirisch-burgenländischen Becken. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 97, 199—213, Wien 1960.
529. ZÜTL, J., Die Hohlwegerosion als Faktor der Kleinformung im steirischen Tertiär. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 198—201, Graz 1954.
- Ferner: 33, 240, 388, 451, 531, 636, 654, 671, 677, 687, 688, 693, 694, 715, 720, 732, 736, 779, 780, 793, 794, 799, 802, 803, 869, 899, 921.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

- 985a. PASCHINGER, H., Steiermark, Steirisches Randgebirge, Grazer Bergland, Steirisches Riedelland. — Sammlung Geogr. Führer, 10, 251 S., 3 Taf., Stuttgart 1974.
986. BAYER, J., Der Mensch im Eiszeitalter. — 452 S., 1 Taf., 220 Abb., Leipzig—Wien 1927.
987. — , Die Olschewakultur. — Eiszeit und Urgeschichte, 6, 83—100, 3 Taf., 1 Karte, Leipzig 1929.
988. BRODAR, M., Die hochalpine Aurignac-Station Mokriská jama (1500 m). — L. ZOTZ Festschr., 100—115, 5 Abb., 2 Taf., Bonn 1960.
989. BRODAR, S., Das Paläolithikum in Jugoslawien. — Quartär, 1, 140—172, Berlin 1938.
- 989a. EBNER, F., Mammutfunde im Grazer und Leibnitzer Feld. — Landesmuseum Joanneum Graz, Jahresber. 1973, N. F. 3, 135—146, 5 Abb., Graz 1974.
990. FINK, J., The Pleistocene in Eastern Austria. — Spec. Pap. Geol. Soc. Amer., 84, 179—199, Washington 1965.
- 990a. FRANKE, H. W., Ein speläochronologischer Beitrag zur postglazialen Klimageschichte. — Eiszeitalter & Gegenwart, 17, 149—152, Öhringen 1966.
991. HANSELMAYER, J., Petrographie der Schotter aus der Würmterrasse von Friesach-Gratkorn. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 137—158, Graz 1963.
992. HÖLLER, H. & KOLMER, H., Sedimentpetrographische Untersuchungen an steirischen Lössen und Lößlehmen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 95, 115—122, 1 Abb., 1 Taf., Graz 1965.
- 992a. HOMANN, O., Kalkstabilisierung beim Autobahnbau in der Steiermark. — Österr. Ing. Ztschr., 14, 74—78, 6 Abb., Wien 1971.
993. JANOSSY, D., Letztinterglaziale Vertebratenfauna aus der Kalman-Lamprecht-Höhle (Bükk-Gebirge, NO-Ungarn) II. — Acta Zool. Acad. Sci. Hung., 10, 139—197, Budapest 1964.
994. JANSCHKE, H., Die refraktionsseismischen Messungen im Unterlauf des Übersbachtals (Mittelsteiermark). — Steir. Beitr. Hydrogeol. 21, 27—36, Graz 1969.
995. KLIMA, B., Die materielle Kultur des Europäischen Jungpaläolithikums. — In: K. J. NARR, Handbuch der Urgeschichte, I, 241—268, Abb. 47—50, Bern (Franke) 1966.
996. KOLMER, H., Über Lösssedimente des Murtales. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 98, 11—15, Graz 1968.
997. MODRIJAN, W., Die steirischen Höhlen als Wohnstätten des Menschen. — Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 61—86, 23 Abb., Graz 1972.
998. MORAWETZ, S., Zur Frage der periglazialen Erscheinungen im Gebiet zwischen Graz und Hartberg. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 98, 61—68, Graz 1968.
999. MOTTL, M., Bericht (1947) über quartär- und höhlenkundliche Arbeiten. — Verh. geol. Bundesanst., 1948, 58—60, Wien 1950.
1000. — , Weitere Spuren des Aurignacmenschen in der Steiermark. — Prot. Bundeshöhlenkomm., Wien 1949.
1001. — , Das Protoaurignacien der Repolusthöhle bei Peggau, Steiermark. — Archaeol. Austr., 5, 6—17, 2 Abb., 6 Taf., Wien 1950.
1002. — , Bericht über die wichtigeren Ergebnisse der Höhlengrabungen des Joanneums in den Jahren 1951—1952. — Mitt. Höhlenkomm., 1952, 31—33, Wien 1953.
1003. — , Gedanken über Probleme der jungpleistozänen Warmzeiten im Ostalpengebiet. — Mamm. Pleist. Anthropol. Suppl., 127—136, Brno 1960.

1004. — , Bärenphylogese in Südost-Österreich. — Mitt. Museum Bergb., Geol., Techn., 26, 56 S., 6 Taf., Graz 1964.
1005. — , Neuer Beitrag zum *Hystrix*-Horizont Europas. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, 71, 305—327, 5 Abb., 2 Taf., Wien 1967.
1006. — , Neuer Beitrag zur näheren Datierung Urgeschichtlicher Rastplätze Südost-Österreichs. — Mitt. Österr. Arbeitsgem. Urgesch., 19, 87—112, Wien 1968 (1968 a).
1007. — , Zusammenfassendes zur Datierung Urgeschichtlicher Rastplätze Südost-Österreichs. — Quartär, Sonderb. 19, 199—217, Bonn 1968 (1968 b).
1008. NARR, J. K., Kultur, Umwelt und Leiblichkeit des Eiszeitmenschen. — 141 S., 9 Abb., 5 Karten, 2 Tab., Stuttgart (Gustav Fischer) 1963.
1009. RAKOVEC, I., Mladopleistocenska Favna iz Parske Golobine v Pivški Kotlini. — Rzpr. Slov. Akad. Znan. Umetn., 6, 273—349, Ljubljana 1961.
1010. RIEDL, H., Ergebnisse einer Taluntersuchung in der Oststeiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 91, 97—104, Taf. 5, 6, Graz 1961.
1011. RÖSSLER, W., Eichenholz (*Quercoxylon*) aus dem Alluvium von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 90, 103—108, Graz 1960.
1012. — , C₁₄ Altersdatierung zweier holozäner Eichenhölzer (*Quercoxyla*) aus der Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 93, 295—300, Graz 1963.
1013. SOLAR, F., Jüngste Formung, Bodenbildung und Standorte im Bereich der Talauen des Gleisdorfer Raumes. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 93, 89—111, Graz 1963.
1014. TEPPNER, W., Beiträge zur fossilen Fauna der steirischen Höhlen. I. — Mitt. Höhlenkunde, 7/1, 1—18, 6 Taf., Graz 1914.
1015. THENIUS, E., Die jungpleistozäne Wirbeltierfauna von Willendorf in der Wachau, NÖ. — Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad. Wiss., 8/9, Wien 1959.
1016. VALOCH, K., Borky II, eine Freilandstation des Aurignacien in Brno-Malomerice. — Acta Mus. Morav., 49, 5—48, Brno 1964.
1017. VÉRTES, L., Neuere Ausgrabungen und paläolithische Funde in der Höhle von Istállóskő. — Acta Archaeol., 5/3—4, 111—131, Budapest 1955.
1018. WALITZI, E., Die mineralogische Zusammensetzung einiger Phosphatproben aus der Drachenhöhle bei Mixnitz, Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 96, 110—111, Graz 1966.
1019. WEBER, F., Die refraktionsseismischen Messungen in der Murebene bei Friesach. — Ber. wasserw. Rahmenpl., 7, 20—38, Taf. 9—21, Graz 1966.
1020. — , Die refraktionsseismischen Messungen im Murtal zwischen Peggau und Eggenfeld (Mittelsteiermark) und ihre Bedeutung für die hydrogeologische Erforschung der quartären Schotterbecken. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 1969, 5—25, Graz 1969.
1021. WINKLER-HERMADEN, A. & SCHOCKLITSCH, K., Studienergebnisse zur jüngsten Quartärgeschichte im Bereich der unteren steirischen Mur. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 93, 130—154, 4 Abb., Graz 1963.
1022. ZETINIGG, H., Die Geologie des Grundwasserfeldes von Friesach. — Ber. wasserw. Rahmenpl., 7, 1—11, 2 Taf., Graz 1966.
1023. ZOTZ, L., Altsteinzeitkunde der Südostalpenländer. — Arch. vaterl. Gesch., 29, 43 S., Weimar 1944.
1024. — , Die Aurignac-Knochenspitzen aus der Tischoferhöhle in Tirol. — Quartär, 15/16, 143—153, Bonn 1965.

VIII. Bau und Lagerung

Das Grazer Paläozoikum stellt ein Bergland mit variszischem und alpidischem Bau dar.

Die ersten nachweisbaren Verfaltungen müssen vor der Transgression der oberkarbonen Tonschiefer der Dult stattgefunden haben. Wie E. CLAR 1929 b : 194, 1933 a : 44 und F. HERITSCH 1930 c : 160 zeigen konnten, liegen diese Schiefer über einem Relief devonischer Gesteine, wobei sich in Taschen und Karren der Devon-Kalke unter den karbonen Tonschiefern Hämatit findet, dessen Entstehung von E. CLAR 1930 : 173, mit „einer Eisenanreicherung auf

der alten, vorkarbonen Kalkoberfläche“ in Zusammenhang gebracht wurde. Gleiche Bildungen findet man auch am Klosterkogel südlich Rein (H. FLÜGEL 1950 : 45), wo die oberkarbonen Tonschiefer teilweise bis auf die Dolomit-Sandstein-Folge) bzw. in deren Liegendem auftretende Kalkschiefer übergreifen.

Wie H. MENSINK 1953 : 127 nachweisen konnte, transgrediert im Raume nördlich von Gratkorn das Karbon über einem Ost-West streichenden Antiklinalbau. Auch im Gebiet von Kher scheint eine diskordante Überlagerung eines älteren Ost-West-Faltenbaues gegeben zu sein (H. FLÜGEL 1952 d : 164).

Damit kommen wir zur Vorstellung einer variszischen Faltungsphase im Grazer Paläozoikum (H. FLÜGEL 1952 d : 164; A. SCHOUPPÉ 1953 : 231), wobei wir jedoch nur mehr in ganz seltenen Ausnahmefällen die transgressive Überlagerung dieser Strukturen erkennen und ihre wohl durchwegs alpidisch verstellten Richtungen erfassen können.

In den ersten Jahren gefügestatistischen Arbeitens im Grazer Paläozoikum wurde versucht, bestimmte Achsen-Richtungen bestimmten Faltungs-Phasen zuzuweisen. Es zeigte sich jedoch, daß es kaum möglich ist, voralpidische Strukturen mit Hilfe dieser Methode mit Sicherheit festzustellen, da im gesamten Ostalpenraum durch die starken alpidischen Verformungen nur mehr in einzelnen Ausnahmefällen Räume mit variszischer oder älterer Prägung unversehrt geblieben sind.

Die zeitliche Einstufung des nächsten Bauaktes hängt von der stratigraphischen Stellung der „Raasberg-Folge“ ab. Handelt es sich bei dieser, wie es H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 b für denkbar hielten, wirklich um Trias, dann müssen wir, im Sinne von H. FLÜGEL 1952 d : 164 dieses Geschehen der alpidischen Ära (austrische Phase?) zuweisen. Stuft man jedoch die „Raasberg-Folge“ in das Paläozoikum ein, dann käme auch eine jungpaläozoische Phase (asturisch nach A. SCHOUPPÉ 1953 : 233; vgl. H. R. v. GAERTNER 1934 : 255) in Betracht.

Von der zeitlichen Einstufung der Raasberg-Folge hängt auch die Größenordnung der Überschiebung ab, die das Grazer Paläozoikum über diese Folge brachte. Während A. TOLLMANN 1959 : 14 unter Annahme ihres triadischen Alters mit einer horizontalen Verfrachtung des Grazer Paläozoikums um 140 km rechnete, kam E. CLAR 1935 b : 15, der in dieser Folge einen Reibungsteppich paläozoischer Gesteine sah, auf eine Überschiebungsweite von 20 bis 30 km, während R. SCHWINNER 1925 : 263 nur etwa 20 km veranschlagt hatte.

Diese Schwierigkeiten, auf die H. FLÜGEL 1958 a : 74 aufmerksam machte, werden durch die stratigraphische Mehrdeutigkeit zahlreicher Profile innerhalb des Paläozoikums vergrößert.

Es sei dies am Beispiel des Raumes zwischen der Kristallgrenze bei Übelbach und dem Murdurchbruch bei Peggau-Deutschfeistritz erörtert.

Die tektonischen Verhältnisse scheinen hier, nach dem Kartenbild zu urteilen, relativ einfach zu liegen: Im Kern einer Synklinale treten am Parmaseggkogel Dolomite und Sandsteine des Devons auf. Sie werden im Osten von derzeit durch einen Güterweg gut aufgeschlossenen Crinoiden-Kalken unterteuft. Diese Folge liegt über einer Mulde bunter, grüner bis gelblicher, oft reichlich pyritführender bzw. limonitischer Schiefer. Sie stellen das Hangende des Schöckelkalkes, der östlich der Mur im Tannebenstock eine weite Verbreitung besitzt, dar. Örtlich findet man zwischen der oberen Schiefer-Folge und den Schöckelkalken geringmächtige, tonige, graphitische Schiefer. Sie spielen für die Deutung des Profiles eine große Rolle.

Unter dem Schöckelkalk stößt man auf ebensolche Schiefer und Kalke. Sie

sind teilweise vererzt („Hauptgraphitschiefer“ von A. TORNQUIST 1928 a : 388). Das Liegende dieser graphitischen Folge bilden erneut Schiefer, Diabase und unreine Kalke. Die Gesteine entsprechen weitestgehend denen der Schieferfolge über dem Schöckelkalk.

Das tiefste Bauglied bilden mächtige Kalkschiefer mit Einschaltungen von Dolomiten, Sandsteinen und Diabasen. Fossilfunde erweisen das mitteldevonische Alter dieser untersten Folge, die tektonisch vom Gleinalm-Kristallin getrennt wird. Die Einbeziehung des Gamskonglomerates in diese Störungszone zeigt ihr jungdliches, nachgosauisches (?) bzw. intramiozänes (?) Alter.

Das erste Profil, welches zur Darstellung dieser Gegebenheiten führte, stammt von F. HERITSCH 1921 : 188. Zufolge der damaligen stratigraphischen Gliederung des Grazer Paläozoikums bereitete ihm das Auftreten von Schiefen über und unter dem Schöckelkalk größte Schwierigkeiten. C. CLAR 1874 hatte in seiner stratigraphischen Folge nur die „Semriacher Schiefer“ über dem Schöckelkalk gekannt, die bereits von S. SUESS 1868 in das Silur gestellt wurden. Andererseits war von M. VACEK 1892 festgestellt worden, daß im Raume von Semriach—Passail die Schöckelkalke von Schiefen unterlagert werden, die er seiner „Quarzphyllit-Gruppe“ zuwies und als oberstes Glied des Kristallins betrachtete. Es rief dies eine heftige Polemik mit R. HOERNES 1892 a, b hervor, der ebenso wie F. HERITSCH 1906 b, 1907, nur Schiefer über dem Schöckelkalk kennen wollte. Nun aber mußte F. HERITSCH 1921 feststellen, daß es neben den Schiefen über dem Schöckelkalk tatsächlich auch solche unter ihm gab, wobei jedoch letztere nicht wie M. VACEK 1892 im Raume von Semriach—Passail feststellte, von höher kristallinen Gesteinen unterlagert werden, sondern von einer mächtigen, unzweifelhaft paläozoischen Kalk-Dolomit-Folge.

Es ist verständlich, daß F. HERITSCH trotz der Widersprüche eine tektonische Lösung auf der Basis der Stratigraphie von C. CLAR 1874 und K. A. PENNECKE 1894 versuchte. Dabei war er gezwungen, eine tektonische Zweiteilung des Profiles in einen tieferen, isoklinal verfalteten Abschnitt, bestehend aus „Semriacher Schiefen“, Kalkschiefern, Dolomiten und Barrandei-Kalken und einen höheren, der mit den graphitischen, vererzten Schiefen von Rabenstein („Grenzphyllit“) einsetzt und im übrigen aus Schöckelkalk, „Semriacher Schiefen“, Kalkschiefern und Dolomiten besteht, vorzunehmen (Abb. 3 A, S. 189).

Dieser Vorstellung einer „gebundenen Tektonik“ trat R. SCHWINNER 1925

Tab. 38: Stratigraphische und tektonische Auffassung des Grazer Paläozoikums bei F. Heritsch 1921 und R. SCHWINNER 1925.

F. HERITSCH 1921		R. SCHWINNER 1925	
Devon	Barrandei-Kalk Dolomit-Sandsteine Kalkschiefer	Barrandei-Kalk Dolomit-Sandsteine Kalkschiefer	Devon der Rannach- Decke
Silur i. a. S.	Semriacher Schiefer	Taschenschiefer	Metam. Vor- paläozoikum
	Schöckelkalk Grenzphyllit	Schöckelkalk	Metam. Devon
Vor- Paläoz.	Krist. Grundgebirge	Krist. Grundgebirge	Vor- paläozoikum

mit dem Gedanken größerer sölhiger Verfrachtungen und einer neuen Stratigraphie entgegen. Hierbei faßte er, im Gegensatz zu A. PENECKE 1894 usw., den Schöckelkalk als metamorphes Devon und die darüber liegenden „Taschenschiefer“ (= „Semriacher Schiefer“ C. CLAR 1874 = „Obere Schiefer“ F. HERITSCH 1927 a) als eine Aufschuppung des vorpaläozoischen, metamorphen Grundgebirges auf. Tab. 40 versucht die alte und die neue Ansicht einander gegenüberzustellen.

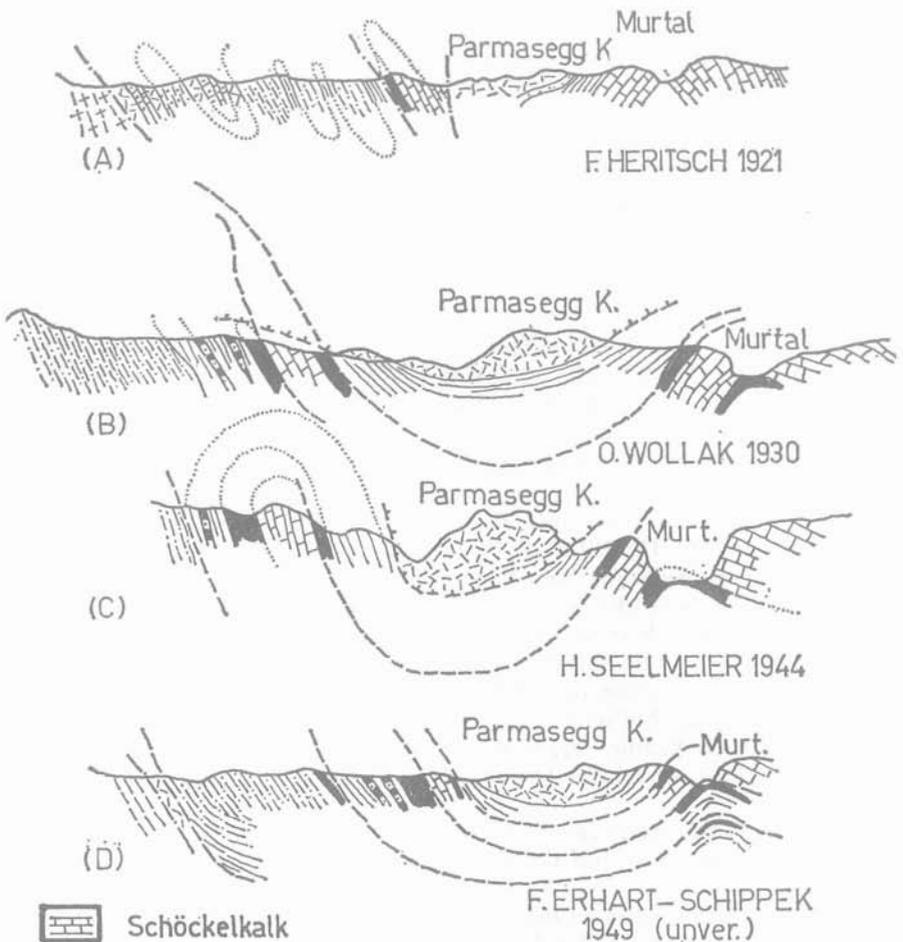
Versucht man, dieses tektonische Konzept auf das Profil Übelbach-Deutschfeistritz anzuwenden, dann würde dadurch die Wiederholung der Schieferfolgen, deren Deutung F. HERITSCH 1921 so schwer gefallen war, eine plausible Erklärung finden. Es ist daher verständlich, daß A. TORNUQUIST 1928 a und O. WOLLAK 1930 diese tektonische Lösung vor Augen hatten, wenngleich sich eine große Schwierigkeit in der Frage nach der tektonischen Stellung der liegenden Kalkschiefer-Folge, die „sich dem Aufbau der unteren Decken nicht recht eingliedern“ (O. WOLLAK 1930 : 139) ergab (Abb. 3 B). Hier war die Auflösung der Tektonik im Sinne von F. HERITSCH 1921 zweifellos die elegantere.

Dazu kam das unsichere Gefühl, welches man bei einer Einstufung der „Oberen“ und „Unteren Schiefer“ dieses Profils in das „Vorpaläozoikum“ unwillkürlich hatte, sind diese hier doch kaum metamorph und weit entfernt von dem, was beispielsweise M. VACEK 1892 unter seiner „Quarzphyllit-Gruppe“ verstand. Bereits F. HERITSCH 1927 a : 225 hatte daher die mürben Sandsteine, die häufig in den höheren Anteilen der „Taschenschiefer“ auftreten, von diesen abgetrennt und als fragliches Caradocium der „Rannach-Decke“ zugewiesen. (Es sind dies die Gesteine, aus denen die vermutlich unterdevonischen Fossilien von Stiwoll stammen. Vgl. S. 37). Damit verblieben nur noch die chloritischen, teilweise phyllitischen Schiefer und Diabase in den „vorpaläozoischen“ Taschenschiefern. Aber gerade im Raume westlich von Deutschfeistritz zeigen diese eine enge Verknüpfung mit den genannten, angeblich ordovicischen mürben Sandsteinen, so daß eine tektonische Trennung beider sehr schwer fällt. Dies führte L. WAAGEN 1930 d zum Versuch einer neuen stratigraphischen Gliederung. Sie beruht einerseits auf der Ansicht starker fazieller Aufsplitterung und andererseits auf einer Ablehnung des Deckenbaues. An seiner Stelle glaubte er mit reiner Bruchtektonik ein Auslangen finden zu können.

Tab. 39: Stratigraphische Gliederung des Raumes Übelbach-Deutschfeistritz nach L. WÄAGEN 1930 d.

Devon	Dolomit	„Falbenschiefer“	Kalkschiefer
	Kalkschiefer		
Silur i. w. S.	Taschenschiefer		im
	„Schöckelkalk“		Allgemeinen
	kalkige Fazies	schiefrige Fazies	

Das von ihm entwickelte stratigraphische Bild (Tab. 39) erinnert etwas an das von C. CLAR 1874. So wie dieser stufte er den Schöckelkalk mit seinen



-  Schöckelkalk
-  „obere“ u. „untere“ Schiefer u. Kalke
-  Dolomit-Sandstein-Folge
-  Kalkschiefer
-  Barrandei-Kalk
-  Gleinalm-Kristallin
-  (A) Grenzphyllit
-  (B) tekt. Bildung d. Schöckelkalkes
-  (C) Tonschiefer d. Ordoviciums
-  (D) Tonschiefer d. Karbon

Abb. 3: Der Bau des Grazer Berglandes zwischen Fuchskogel und Peggau.

angeblichen faziellen Äquivalenten (Kalkschiefer, Dolomite), und die ihn überlagernden Taschenschiefer in das Silur i. w. S. ein. Letztere gehen nach ihm in die „Falbenschiefer“ über. Darunter verstand er die von F. HERITSCH dem Caradocium zugewiesenen Gesteine, wobei er jedoch annahm, daß diese örtlich bis in das Niveau des Diabastuff-Horizontes der Dolomit-Sandstein-Folge reichen und dann die Kalkschiefer und tieferen Dolomite faziell vertreten können. Außerdem glaubte er noch eine „Kalkschieferstufe im Allgemeinen“ die Schöckelkalk, Taschen- und Falbenschiefer sowie die Dolomit-Sandstein-Folge faziell vertritt, unterscheiden zu können.

Die Annahme einer derart starken faziellen Zersplitterung stützte sich jedoch ebensowenig auf Fossilfunde, wie seine Ansichten hinsichtlich der stratigraphischen Reichweite der von ihm aufgestellten Schichtglieder. Es ist daher verständlich, daß dieses stratigraphische Schema von F. HERITSCH sehr heftig bekämpft wurde. Dazu kam die Vorliebe L. WAAGENS, die Tektonik mit Hilfe von Bruchstörungen aufzulösen.

Es verwundert daher nicht, daß der nächste Bearbeiter dieses Raumes, H. SEELMEIER 1944 wieder zur Ansicht des Deckenbaues zurückkehrte. Bis zu diesem Zeitpunkt waren aus dem gesamten Bereich zwei unbestimmbare Favositen-Reste (F. HERITSCH 1917 b: 88) aus den Crinoiden-Kalken des Parmasegg-Kogels bekannt! Nun konnte H. SEELMEIER 1944 neben einigen wichtigen neuen Beobachtungen auch einige weitere Fossilfunde melden. Bei ersteren handelt es sich vor allem um die Ergebnisse der Tiefbohrungen Peggau (H. SEELMEIER 1941) und Übelbach (in H. FLÜGEL 1953 e), die zeigten, daß die obertägig westlich des Parmasegg-Kogels festgestellte Folge (Schöckelkalk — „Hauptgraphitschiefer“ — Untere Schiefer — Kalkschiefer) auch durch die Bohrungen im Raume Peggau-Badl, d. h. unter dem Schöckelkalk-Stock der Tanneben vorliegt, wobei die „Graphitschiefer“ mitteldevonische Fossilien lieferten.

Diese Ergebnisse versuchte H. SEELMEIER 1944 in die Vorstellungen von E. CLAR 1935 b hinsichtlich des Baues des Grazer Paläozoikums einzuordnen (Abb. 3 C).

E. CLAR 1935 b hatte an die Stelle eines einfachen, nordvergenten Deckenbaues, wie ihn R. SCHWINNER angenommen hatte, im südlichen Bereich einen gewaltigen Überfaltungsbau, der den Schöckelkalk scharnierartig gegen Norden zusammengeklappt haben soll und der im Norden in einen aufrechten Schuppenbau übergehen soll, gesetzt. Durch diese Verfaltung wären die Taschenschiefer in das Hangende des Schöckelkalkes gebracht worden, wobei er im Gegensatz zu R. SCHWINNER annahm, daß diese wahrscheinlich zum größeren Teil ein ordovicisch-silurisches Alter besitzen und eventuell nur die etwas höher metamorphen Typen vopaläozoisch sein könnten (Abb. 4 a, S. 193).

Über dieser großen liegenden Falte, läge nach E. CLAR die „Rannach-Decke“, die als weitreichende Schubmasse ihre Unterlage überfahren haben soll.

Diese Theorie auf das Gebiet westlich von Deutschfeistritz anwendend, kam H. SEELMEIER 1944 zur Vorstellung, daß der Komplex „Untere Schiefer“ — Schöckelkalk — „Obere Schiefer“, der unter der aus Caradocium-e-gamma-Kalken — Devon-Dolomiten bestehenden Rannach-Decke liegt, die überfaltete „Schöckelkalk-Decke“ darstelle, wobei die „Oberen Schiefer“ eine inverse Lagerung besitzen würden (H. SEELMEIER 1944 : 11). Dabei betrachtete er die „Hauptgraphitschiefer“ im Liegenden des Schöckelkalkes, ebenso wie die lokal im

Hangenden desselben auftretenden dunklen Tonschiefer, als Teil des Ordoviciums, obgleich er 1941 im Liegenden des Schöckelkalkes von Peggau in gleicher Position in dieser Folge, die er jedoch als Teil des Schöckelkalkes auffaßte, mit-devonische Fossilien feststellen konnte.

Die in dieses Überfaltungsschema nur schwer eingliederbaren liegenden Kalkschiefer trennte H. SEELMEIER, ohne näher auf sie einzugehen, durch eine Störung I. Ordnung von der „Schöckelkalk-Decke“ ab.

Dadurch kam er, ohne es freilich näher auszuführen, zu einem Stockwerkbau: Zuunterst die Kalkschiefer des Devons, dann die Liegendfalte der „Schöckelkalk-Decke“ und als oberstes, diskordant den inversen „Oberen Schiefern“ aufruhend, die „Rannach-Decke“.

Diesen Gedanken eines Stockwerkbaues griff, stark modifiziert, F. ERHART-SCHIPPEK (unver., vgl. K. METZ 1950 : 58) auf. Er kam durch die stratigraphische Umdeutung zweier Schichtglieder des Profiles Übelbach-Deutschfeistritz zu seiner Auffassung. Erstens faßte er die Folge als durchwegs normal gelagert auf. Da er dabei auch die „Oberen Schiefer“ als eine aufrechte, tiefordovicische Folge betrachtete, mußte er sie — im Gegensatz zu H. SEELMEIER 1944 — als das unmittelbare, auch stratigraphisch Liegende der mürben Schiefer des „Caradocium“ ansehen. Damit war er gezwungen, der „Rannach-Decke“ auch die „Oberen Schiefer“ zuzurechnen. Zweitens sah er in den dunklen, graphitischen Schiefern (Grenzphyllit, Hauptgraphitschiefer, ordovicische Tonschiefer der älteren Autoren) oberkarbone Sedimente, wobei für ihn die lithologische Ähnlichkeit dieser Gesteine mit den Tonschiefern der Dult (S. 77) maßgebend war. Dies führte zur Vorstellung folgender vier übereinanderliegender Stockwerke, wobei das angebliche Karbon als Deckenscheider fungiert (von oben nach unten):

1. Dolomite und Sandsteine Crinoiden-Kalke Obere Schiefer	(Devon) (Silur) (Ordovicium)
2. Tonschiefer Schöckelkalk	(Karbon) (Devon)
3. Tonschiefer Untere Schiefer	(Karbon) (Ordovicium)
4. Tonschiefer Kalkschiefer etc.	(Karbon) (Devon, vielleicht auch Silur)

Bei dieser, auf den ersten Blick bestechenden Lösung, mußte zweierlei in Kauf genommen werden. Einmal, und dies war das geringere Übel, daß dem Stockwerk 2 das Ordovicium und Silur, dem Stockwerk 3 das Silur und Devon fehlt und daß die Fazies des Devons in den einzelnen Stockwerken verschieden ist. Zum anderen, und dies führte in der Folge auch bald zu einem Abgehen von diesem tektonischen Bild, fehlte und fehlt ein Fossilbeweis für das karbonische Alter der angeblichen Deckenscheider (Abb. 3 D, S. 189).

Einen derartigen Fossilbeweis, wenn auch nicht für das Karbon, konnten, durch ein kritisches Studium der älteren Literatur und detaillierte Aufnahmen, für einen Teil dieser angeblich karbonischen Schichten H. FLÜGEL, V. MAURIN & K. NEBERT 1952 erbringen. Sie konnten nämlich zeigen, daß die von

H. SEELMEIER 1941 aus den dunklen Schiefen und Kalken im Liegenden des Schöckelkalkes von Peggau beschriebenen mitteldevonischen Fossilien, ebenso wie ältere Funde im „Grenzphyllit“ und in angeblichem Schöckelkalk dieses Raumes der dunklen, von F. ERHART-SCHIPPEK in das Karbon, von H. SEELMEIER 1944 in das Ordoviciun gestellten Folge entstammen (Tonschiefer-Fazies des Devon).

Gleichzeitig wies K. NEBERT im Zuge einer lagerstättenkundlichen Spezialkartierung des Raumes beiderseits des Arzwaldgrabens nach, daß die Tonschiefer im Liegenden der „Unteren Schiefer“, die von F. ERHART-SCHIPPEK als das karbonale Hangendglied der Kalkschiefer von Übelbach gedeutet wurden, in engstem sedimentären und stratigraphischen Verband mit den Kalken stehen und daher gleiches Alter haben müssen.

Diese neuen Erkenntnisse führten H. FLÜGEL 1954 c und V. MAURIN 1954 zu einer Abkehr von der Ansicht eines Stockwerkbaues im Sinne von F. ERHART-SCHIPPEK, aber auch eines Deckenbaues im Sinne von H. SEELMEIER 1944. Sie erwogen die Möglichkeit, daß der Schöckelkalk der Tanneben einer höchsten Decke angehören könnte, unter der das übrige Paläozoikum als stark verfaltete und zerscherzte Einheit begraben ist. Diese Deutung wäre möglich, wenn die in den Bohrungen von Peggau angefahrenen basalen Kalkschiefer nicht mit denen von Übelbach zu verbinden sind, sondern die normale stratigraphische Basis der Grünschiefer („Untere Schiefer“) bilden und wenn zweitens der Schöckelkalkzug von Rabenstein das normale Hangende der mitteldevonischen „Hauptgraphitschiefer“ dieses Raumes ist und keine Verbindung mit den Schöckelkalken der Tanneben besteht. Diese würden ja einer höheren tektonischen Einheit angehören.

Es war dies eine aus der Situation von 1954 geborene Denkmöglichkeit. Wir müssen sie jedoch heute als unbefriedigend fallen lassen: Schöckelkalk der Tanneben und Schöckelkalk von Rabenstein sind unter der Schiefer-Dolomit-Mulde des Parmasegg-Kogels zu einer Einheit, ebenso wie die Kalkschiefer von Übelbach mit denen der Peggauer Bohrungen, zu verbinden.

Das Bemühen um die Klärung der tektonischen Stellung dieser liegenden Kalkschiefer, von der die Frage des tektonischen Baues des gesamten Grazer Paläozoikums abhängt, führte H. BOIGK 1951 : 267 zu einer Modifizierung der E. CLAR'schen Ansicht von 1935 b. Auch bei H. BOIGK stellt der Schöckelkalk eine gewaltige liegende Falte mit einem Scharnier im Süden dar. Im Gegensatz zu E. CLAR 1935 b ließ jedoch H. BOIGK diese Überfaltung gegen Norden nicht direkt in einen aufrechten Schuppenbau übergehen, sondern aus dieser Falte entwickelt sich nach ihm eine zweite Liegendefalte mit einem ebenfalls gegen Süden schauenden Scharnier, wobei der zwischen diesen beiden Falten liegende Antiklinalkern von den „Unteren Schiefen“ eingenommen wird. Diese zweite Liegendefalte, unter der noch ein dritter Schieferzug in Form der „Heilbrunner Phyllite“ auftaucht, besteht jedoch nicht mehr aus Schöckelkalken, sondern aus Kalkschiefern. Erst aus diesen entwickelt sich die Schuppungszone im Norden.

Über diesen liegenden Falten, bzw. über der nördlichen Schuppungszone liegt die „Rannach-Decke“ (Abb. 4 B).

Diesem Baubild läßt sich, wie H. FLÜGEL 1958 a : 70 zeigen konnte, ohne Schwierigkeit die H. BOIGK noch unbekannte Tonschiefer-Fazies (= Grenzphyllit) einordnen. Dabei ist nicht einmal die Annahme nötig (H. FLÜGEL 1958 a : 71), daß der Schöckelkalk vor der Überfaltung den Gesteinen der Ton-

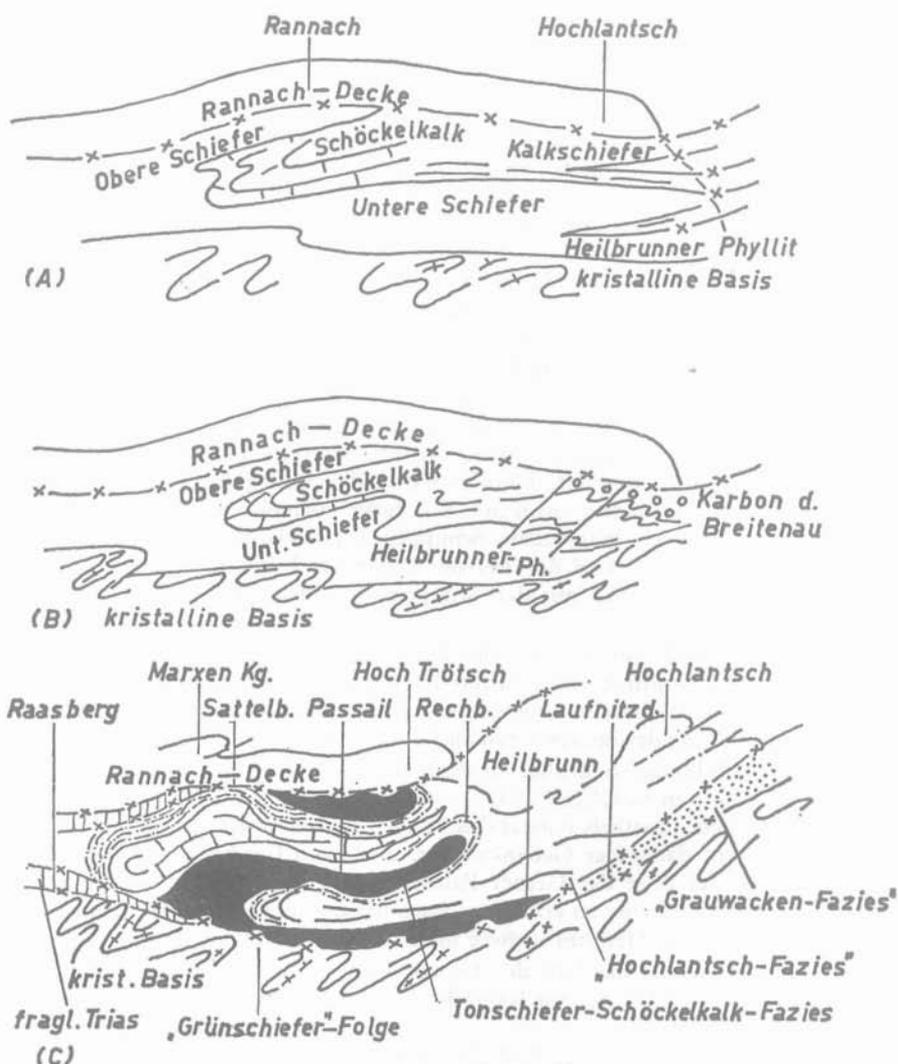


Abb. 4: Der Bau des Grazer Berglandes nach den Vorstellungen von (A) E. CLAR 1935 b, (B) H. BOIGK 1951 und (C) H. FLÜGEL 1958 a.

schiefer-Fazies aufgeschoben worden sein muß. Es ist fast näherliegend, daß er das normale stratigraphische Hangende der devonischen Tonschiefer-Fazies darstellt. Er würde dann primär eine Position einnehmen, die der des Kanzelkalkes oder des Hochlantschkalkes entspricht. Dies würde vom faziellen Standpunkt aus eine recht befriedigende Lösung sein, stellen doch auch die beiden genannten Schichten massige helle Kalke dar und wir können uns gut vorstellen, daß sich bei der Überfaltung der Schöckelkalk-Tektonit aus derartigen Kalcken entwickelt haben könnte. Auch die regionale, enge Bindung des Schöckelkalkes an die Tonschiefer-Fazies würde damit eine zwanglose Erklärung finden (Abb. 4 C).

Im Raume des Weizer Berglandes bedeutete diese Lösung freilich, daß wir hier eine inverse Lagerung hätten, wobei wir eventuell die Kalke und Dolomite des Stroß- und Hirschkogels als eingefaltete Reste der „Rannach-Decke“ über dieser inversen Tonschiefer-Striatoporenkalk-Schöckelkalk-Folge deuten müßten. In dieses tektonische Bild würden sich aber die bisher kaum erklärbaren, sehr sonderbaren hellen Dolomitschiefer und „Plattquarzite“ des Hirschkogels leicht einfügen. H. FLÜGEL & V. MAURIN 1957 a : 20 haben diese Gesteine bereits mit der fraglichen Trias der „Raasberg-Folge“ verglichen. Jüngste Begehungen haben erneut die frappante Ähnlichkeit beider Gesteine gezeigt. In dieser Deutung könnte es sich dabei um Schubfetzen an der Basis der „Rannach-Decke“ — später ebenfalls eingemuldet — handeln.

In diesem, nach unserer heutigen Kenntnis durchaus möglichem Baubild, welches über H. BOIGK 1951 eine konsequente Weiterentwicklung der Gedanken von E. CLAR 1935 b ist, möchte ich jedoch die höchste Hochlantsch-Einheit (E. CLAR etc. 1929) nicht als Teil der „Rannach-Decke“ betrachten. Vor allem spricht die geschlossene stratigraphische Aufeinanderfolge der Schichten, von den basalen Kalkschiefern bis zum Hochlantsch-Kalk, stark gegen die Durchlegung eines größeren tektonischen Schnittes. Ich fasse vielmehr den gesamten Hochlantsch als die, örtlich in einzelne Schuppen („Hochlantsch-Stockwerke“) zerlegte, nördliche Fortsetzung der tiefsten liegenden Falte unter der „Rannach-Decke“ auf, die vermutlich mit den Schuppen des Hoch Trötsch (H. FLÜGEL 1955) zu Ende geht.

Wohl aber dürfte diese nördliche Fortsetzung der Kalkschiefer-Folge tektonisch über den Schichten von Laufnitzdorf—Heuberggraben—Breitenau liegen, deren Fazies, worauf bereits hingewiesen wurde, bemerkenswerte Ähnlichkeiten mit der Entwicklung der oberen Grauwacken-Decke (Eisenerz) zeigt.

Die Herausbildung so großer liegender Falten — auch die Rannach-Decke könnte im Sinne von E. CLAR 1935 b : 16 aus einer derartigen Falte durch Zerreißten des Liegendschenkels entstanden sein — ist nur unter größerer Belastung denkbar. Es liegt daher der Gedanke nahe, in diesem Erscheinungsbild das Tiefenkorrelat zu der über das Grazer Paläozoikum gegen Norden vordringenden Haut kalkalpiner Gesteine zu erblicken. Auch darin sehe ich einen Hinweis auf das alpidische Alter dieser Hauptbewegung im Grazer Paläozoikum.

Der oben beschriebene Bau des Grazer Paläozoikums wird diskordant und transgressiv von der Gosau von Kainach überlagert, woraus sich sein vorgosauisches Alter ergibt.

Das Auftreten zahlreicher kalkalpiner Gerölle (S. 85), besonders in den Basisschichten der Kreide, deutet darauf hin, daß zu dieser Zeit das Grazer Bergland noch teilweise durch Schichten des nordalpinen (oberostalpinen) Mesozoikums überdeckt gewesen sein dürfte. (Dagegen S. 97.)

Mit nachgosauischen Bewegungen brachte H. FLÜGEL 1952 d : 166 die Entstehung eines Teiles der annähernd meridional streichenden Strukturen im Grazer Paläozoikum in Zusammenhang, wie z. B. den Muldenbau des Plabutsch-Buchkogel-Zuges (A. KUNTSCHNIG 1937, A. SCHÄFER 1937), die Synklinale des Parmasegg-Kogels (H. SEELMEIER 1944) oder das „Heilbrunner Streichen“ (E. CLAR 1935 b).

Davon abzutrennen sind möglicherweise die von E. CLAR 1935 b : 17 unter der Bezeichnung „diskordante Überschiebungen“ zusammengefaßten Vorgänge, zu denen wohl auch ein Teil der von H. BOIGK 1951 beschriebenen südgerich-

teten Bewegungen gehört. Es handelt sich hierbei größtenteils um örtliche Verschiebungen geringeren Ausmaßes, die z. T. als „Relief-Überschiebungen“ entwickelt sein dürften (E. CLAR 1935 b).

Hierher gehört vielleicht auch die Überschiebung der „Grauwackenfazies“ der Breitenau durch das Devon des Hochlantsch. Als Arbeitshypothese könnte man erstere hiebei als einen nachgosauisch durch das Grazer Paläozoikum überfahrenen Teil der Norischen Decke auffassen.

Im Nordwesten wird das Grazer Paläozoikum durch eine steile Störung vom Kristallin des Gleinalm-Rennfeldzuges getrennt (H. FLÜGEL 1958 a). Sie schneidet diskordant den Innenbau des Kristallins ab. An ihr ist im Gamsgraben auch das „Gamskonglomerat“ eingezwickelt. Ihre Alterseinstufung hängt damit vom Alter dieses Konglomerates ab. Sicher ist sie nachgosauisch, möglicherweise intramiozän. Es liegt nahe, in ihr eine der zahlreichen O-W und NO streichenden Störungen zu sehen (Eywegg-Linie, Pöller-Linie, Brucker-Linie etc.), die wir, auf Grund der Gegebenheiten in Seegraben/Leoben (S. 104) als postkarpatisch betrachten können.

Mit diesen intramiozänen Bewegungen dürfte auch ein großer Teil der Zerlegungen des Grazer Paläozoikums in einzelne, gegeneinander verstellte Blöcke, wie sie z. B. die Karte von E. CLAR 1933 b zeigt, zusammenhängen. Daß diese Bewegungen bis in die jüngste Vergangenheit andauern, beweist u. a. das Vorkommen verstellter pleistozäner Kolke in der Lurgrotte (V. MAURIN 1953 a).

Von einer Beschreibung der einzelnen Berggruppen wird Abstand genommen. Es sei hier auf die jeweilige Originalliteratur verwiesen:

Plabutsch: A. KUNTSCHNIG 1937
Rannach: E. CLAR 1933 b
Gratkorn N: H. MENSINK 1953
Tanneben: V. MAURIN 1954
Rechberg: I. PELTZMANN 1949
Weizer Bergland: H. FLÜGEL &
V. MAURIN 1958, 1959,
J. G. HADITSCH 1971

Kher: H. FLÜGEL 1954 b
Buchkogel: A. SCHÄFER 1937
Schöckel: E. CLAR 1933 a
Tasche etc.: R. SCHWINNER 1925
Hoch-Trötsch: H. FLÜGEL 1955
Hochlantsch: E. CLAR etc. 1929
Parmasegg-Kogel: H. SEELMEIER 1944,
H. FLÜGEL 1954 c

IX. Vorkommen an Stein und Erden

Die Vielzahl der auf Blatt Graz auftretenden Gesteine führte zur Entwicklung zahlreicher, jedoch meistens kleinerer Brüche und Gruben, in denen für den lokalen Bedarf, aber auch für die Bau- und Chemische Industrie der Rohstoff gewonnen wurde und wird. Über diese Abbaue informiert einerseits die Steinbruchkartei des Landesmuseums Joanneum, Mineralogische Abteilung (Leitung Dr. A. ALKER), andererseits, soweit sie in den Bezirken Graz und Graz-Umgebung gelegen sind, Blatt 3 der „Baugeologischen Karten von Steiermark“ (H. FLÜGEL 1951 b) und die von A. HAUSER & H. URREGG 1948—1954 herausgegebene Schriftenreihe „Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks“. Die diesen Arbeiten entnommenen Ergebnisse der mechanisch-technologischen Gesteinsprüfung zeigt Tab. 40.

IX/1. Erstarrungsgesteine und deren Umprägungen

Granit und Gneis

Granit wurde in mehreren, heute stillliegenden Brüchen westlich von Übelbach im Humpelgraben gebrochen. Das Material entstammt dem Granodiorit-Kern der Gleinalm (S. 7) A. HAUSER & H. URREGG 1949 a : 30 gaben eine eingehende Beschreibung der Vorkommen. Das Material fand als Baustein

(Brücke in Peggau-Deutsch-Feistritz, z. T., neben oberösterreichischem Granit, an der Murbrücke Frohnleiten), als Randsteine, Grufdeckel usw. Verwendung, die ungünstige Verkehrslage wirkte sich jedoch nachteilig für den Betrieb aus.

In der Oststeiermark finden sich in den Gneisgraniten einige, heute stillliegende oder nur mehr dem zeitweiligen, lokalen Bedarf dienende Brüche (z. B. bei Schloß Kainberg östl. Kumberg, bei Oberfeistritz, nördlich von Anger bei Steg, bei Birkfeld usw.). Das lagerhaft spaltende Material fand vor allem als Baustein für Stütz- und Grundmauern, Stiegen usw. Verwendung (A. HAUSER & H. URREGG 1949 a : 10).

Amphibolit, Serpentin, Gabbro

Amphibolit bzw. Hornblendeschiefer wurde in meist kleineren Brüchen an der Straße Birkfeld—Gasen, im Breitenauertal, wo das Material teilweise als Gleisbettungs-Schotter Verwendung fand, sowie im innersten Übelbachtal bei Neuhof abgebaut (A. HAUSER & H. URREGG 1952: 34). Es ist jedoch keiner dieser Brüche derzeit in Betrieb.

Serpentin wurde im Bereich des Blattes nur bei Traföb-Kirchdorf gewonnen (A. HAUSER & H. URREGG 1948 : 7). Das Material fand als Bruch- und Werkstein Verwendung. Für Außendekorationen ist es infolge der Bildung brauner Zersetzungshäute und wegen Schwarzfleckigkeit nicht brauchbar. Die unansehnliche Maserung macht es auch für Innendekorationen ungeeignet. Jedoch besitzt das Gestein eine große Wetterbeständigkeit. Der Bruch ist heute weitgehend verwachsen (S. 11).

Südlich von Birkfeld wurde zeitweilig der Saussurit-Gabbro abgebaut (S. 18).

Diabase, paläozoische und tertiäre Tuffe

Metadiabase wurden bei Leisenreith südlich von Fladnitz, bei Arzberg, Passail und auf der Platte bei Graz in mehreren, meistens kleineren Brüchen gebrochen (A. HAUSER & H. URREGG 1951 b). Das Material fand als Bruch- und Baustein Verwendung. Die meist stark ausgeprägte Schieferung des Gesteines, sowie der stark wechselnde Erhaltungszustand belasten die einzelnen Vorkommen stark. Heute ist keiner dieser Brüche mehr in Betrieb.

Auch der in grünen und violetten, lapilli-führenden Diabastuffen von Straßgang umgehende Steinbruch (J. HANSELMAYER 1958 a, 1960 a) ist heute bereits teilweise verwachsen.

Nach dem II. Weltkrieg wurden vorübergehend die tertiären Tuffe des Bürgerwaldes bei Voitsberg (S. 112) als Farbstoff-Träger abgebaut.

IX/2. Mechanische Sedimente und deren Umprägungen

Sand und Schotter

Im Bereich der neogenen und quartären Lockersedimente finden sich zahlreiche Sand- und Schottergruben (H. FLÜGEL 1951 b : 12). Die Schotter-Entnahmestellen im Tertiärbereich liegen fast ausschließlich in den pannonen Ablagerungen, was mit der starken Verwitterung der Gerölle in den älteren tertiären Ablagerungen zusammenhängt (S. 113). Innerhalb des Pannons haben vor allem die an die Kalkgeröll-führenden Horizonte um Laßnitzhöhe gebundenen Gruben etwas größere Bedeutung. Als Betonzuschlagstoff wichtig ist jedoch der den quartären Ablagerungen des Grazer Feldes und des Murlaufes entstammende

Schotter (O. W. BLÜMEL 1957). Der in zahlreichen Gruben festzustellende übergroße Gehalt an größerem Schotter (Sand: Schotter etwa 3 : 7) belastet jedoch zum Teil die Betriebe.

Verhältnismäßig selten sind verwertbare Sandvorkommen. Die wenigen größeren Sandgruben liegen im Bereich der neogenen Ablagerungen. Meist handelt es sich um kiesdurchsetzte, braune, lehmige Sandhorizonte und -linsen von stark wechselnder Mächtigkeit.

Ton, Lehm, Löß, Farberden

Die auf Blatt Graz gelegenen Ziegeleien bauen neogene oder pleistozäne Lehm- bzw. Lößlehm-Vorkommen ab. Zu den abgebauten Tertiärlehmen gehört das Material der Ziegeleien Tondolo in Neustift bei Andritz (die Grube baute in den tieferen Teilen sarmatische, blaue Lehme, in den höheren pleistozäne Terrassenlehme ab), Wolf in Andritz, der Gruben St. Peter-Waltendorf (auch sie bauen in den tieferen Partien tertiäre Lehme, in den höheren ver-rutschte Terrassenlehme ab), Weiz, Hundsberg b. Gratwein, Passail, Bärnbach bei Voitsberg, Kowald b. Voitsberg, sowie einer Anzahl heute aufgelassener Gruben (Thal, Oberdorf b. Weiz, Rein, Krottendorf b. Weiz usw.). Pleistozäne Terrassenlehme dienen den Ziegeleien in Fölling b. Mariatrost, Gleisdorf, Eggersdorf, Messendorf, Baltl in Graz-St. Peter, St. Stefan b. Gratkorn und Frohnleiten als Rohstoffquelle.

Die oft nur geringe Mächtigkeit der Lehmvorkommen der Pleistozän-Terrassen brachte es mit sich, daß zahlreiche in ihnen einst umgehende Klein- und Kleinstgruben heute nur mehr als verwachsene Entnahmestellen erkennbar sind (z. B. Winterdorf b. St. Ruprecht a. d. R., St. Marein a. P., Söding etc.). Lößlehme werden von den Ziegeleien Leoben, sowie z. T. von der Ziegelei Baltl in St. Peter abgebaut. Der ebenfalls in Lößlehmen liegende Betrieb der Ziegelei Zitoll ist heute bereits verwachsen.

Weitere Angaben über das Material und seine Eigenschaften finden sich in den Arbeiten von A. HAUSER 1952, 1954.

Gelegentlich fanden auch vereinzelt im Devon auftretende Einschaltungen weißer Illit-Tone (J. HANSELMAYER 1957 a) in der keramischen Industrie Verwendung (A. HAUSER 1952 : 38, 1953 : 74). Bei A. AIGNER 1907 : 223 finden wir ferner Angaben über Tone und Kaolin-Porzellanerde aus dem Lignitflöz von Rosental b. Köflach und vom Hl. Berg b. Köflach, die für Töpferei abgebaut wurden.

Als Farbstoffträger fanden bis in die jüngste Zeit die Grünerden von Waldhof b. Wetzelsdorf Verwendung (O. W. BLÜMEL 1951). Das unter Tag gewonnene Material wurde mittels Bremsberg zur Straße Graz—Steinberg gebracht und gelangte von hier in die Farbfabriken, wo es vermahlen wurde.

Ebenfalls für die Farb-Industrie wurden einzelne Roterde-Vorkommen, wie bei Stiwooll oder Thal b. Graz, gewonnen.

Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auch auf die Kohlentone der Schlammteiche des Köflacher Reviere, die von F. KOPETZKY 1965 untersucht worden sind.

Sandsteine, Konglomerate, Breccien

In der Umgebung von Graz wurden und werden verschiedentlich die Dolomit-Sandsteine des Devons (S. 39) abgebaut. Die Steinindustrie bezeichnet das

Material meist als Quarzit, ein Begriff, der seine Berechtigung im Erscheinungsbild und in den technologischen Eigenschaften des Gesteines hat (A. HAUSER & H. URREGG 1952 : 24). Das Material dient vor allem der Schotterherzeugung (vgl. S. 40).

Heute kaum mehr genützt werden die Gosau-Sandsteine, die vor allem am Hemmakogel bei Afling z. T. in unterirdischen Brüchen abgebaut wurden. Das Material fand als Wetz- und Schleifstein, als Mühlstein, aber auch in der Bauindustrie (Stiegenstufen, Türstöcke) Verwendung (A. HAUSER & URREGG 1951 a : 45).

Sieht man von einem alten, kleinen Bruch in den sarmatischen Kalk-Sandsteinen bei Rollsdorf (Ilztal) ab, so fehlen im Tertiär Abbaustellen.

Konglomerate wurden gelegentlich im Kainachtal und im Oswaldgraben abgebaut. Die bankigen Gosau-Konglomerate dienten als Bausteine.

Ein Bruch in den „Gams-Konglomeraten“ bei Gams lieferte Straßenschotter. Ebensolche Verwendung fanden die „Semmering-Quarzite“ und „Konglomerate“ die in einer Grube zwischen Birkfeld und Fischbach gewonnen wurden.

Zu Mühlsteinen wurden zeitweilig auch die miozänen Kalk-Konglomerate des Maßenbergs südlich von Leoben und die pleistozänen Gehängebreccien von Arzberg verarbeitet.

Die „Eggenberger Breccie“ (S. 116) wurde früher örtlich (Eggenberg, Rein) als Baustein gewonnen.

Glimmerschiefer und Phyllite

Ältere Abbaustellen von Glimmerschiefern bzw. Granat-Glimmerschiefern finden sich in der Weststeiermark zwischen Krottendorf und St. Johann ob Hohenberg, sowie bei St. Martin am Wöllnißberg, in der Oststeiermark vor allem an der Straße Birkfeld—Straßegg (A. HAUSER & H. URREGG 1952). Das Material fand für Mühlsteine sowie als Baustein Verwendung.

Kleinere Abbaustellen im Raume Fladnitz—Passail gewannen Material aus den „Passailer Phylliten“ (S. 59). Sie finden ebensowenig eine Nutzung wie die Glimmerschiefer-Brüche.

IX/3. Karbonatgesteine

„Altkristalline“ Marmore der oberen Gleinalm-Hülle (S. 13) werden in zahlreichen Brüchen abgebaut. Die im Gebiete Gallmannsegg-Oswaldgraben, im Kleingraben westlich von Übelbach, bei Wegscheid und Neuhof gelegenen Brüche wurden von H. HAUSER & H. URREGG 1951a eingehend beschrieben. Der unter dem Namen „Kainachmarmor“ bekannte Stein fand als Werk- und Baustein weite Verbreitung.

Weitere abgebaute Marmorvorkommen in der Weststeiermark liegen an der Straße südöstlich Krottendorf (nicht in der Karte verzeichnet), im unteren Teigitschgraben bei Arnstein, wo die Silikatmarmore mit Amphiboliten und Gneisen wechsellagern, sowie am Nordhang des Gößnitzgrabens östlich der Maiermühle.

In der Oststeiermark ist die Zahl der Marmorbrüche geringer. Sie sind hier an den „Marmorzug von Kogelhof“ (S. 82) gebunden.

Derartige Brüche liegen am Harterberg, am Fahrweg Anger—Gscheidt, im Naintschgraben nördlich von Anger sowie westlich Kogelhof und Birkfeld.

In der Obersteiermark gewinnt ein größerer Bruch am Galgenberg bei Leoben

Tab. 40: Mittelwerte mechanisch-technologischer Prüfungen von Gesteinen des Grazer Berglandes nach A. HAUSER & H. URREGG

	Raumgew. in kg/cm ³	Wasseraufnahme nach DIN DVM 2103		Druckfestigkeit in kg/cm ²		
		Gew. %	Raum %	lufttrocken	wasser- gesättigt	aus- gefroren
Granodiorit des Humpel- grabens	2,58—2,74 2,67 2,78	0,34 0,37		1410—1810 2180 1060		1880 1170
Grobgneis, Kohlhofen, Oberfeistritz	2,66	0,23—1,47		1150	870	1000
Grobgneis östlich Viadukt Oberfeistritz	2,66	0,53—0,93		1520	1300	740
Gneis, Arnstein b. Voitsberg	2,94	0,07	0,2	+ 1860 1370 940	1680	1630 1580 520
Hirscheggergneis, Hierzmann Amphibolit v. Oberaich b. Niklasdorf	2,99 2,74	0,28 0,72	0,8 2,0	1490—1960 969		660
Serpentin, Traföß Marmor, Feiglbr., Kainach Marmor, Leonhardbr., Kainach	2,87	1,41	3,62	750	535	400
Marmor, Naintsch b. Anger Marmor, Galgenberg b. Leoben	2,73 2,37 2,72	0,37 0,16 0,13	1,02 0,46 0,36	800—1000 850	800—1000 860—1100	830
Schöckelkalk, Kollermichl-Br Schöckelkalk, Peggau	2,69—2,76 2,71—2,72	0,18 0,21	0,48 0,56	1460—1690 + 1190 920 1190—1810 + 1230 1060 1360	1650 + 1010 850 980	1420—1610 + 1130 870 1030
Schöckelkalk, Köflach Barrandei-Kalk, Gaisberg Barrandei-Kalk, Schattleitlen Kanzelkalk, Schattleitlen Steinbergkalk, Steinberg	2,71 2,72 2,72 2,69	0,19 0,25 0,28 0,3	0,51 0,68 0,76 0,8	600—700 1330 1530 1800 (?)	1300	
Kalkschiefer, Schrems Karbonkalk, Bruck/Mur	2,72—2,73 2,71—2,73	0,27—0,61	0,73—1,6	1100—1700 + 1150-1250 1050-1180 2500—2510	1080	1110
Dolomit, Seiersberg Dolomit, Gösting Dolomit, Zangtal	2,82—2,86 2,8 2,85	0,12—0,15 0,26 0,16	0,26—0,34 0,72 0,45	2500—2660	2180—2430	
Dolomit, Hl. Berg Quarzit, Just/Gösting	2,71—2,82 2,73	1,35 0,41	3,8 1,1	780—1370 2720	2530	2730

(Leitendorf) dolomitische, gelblich getönte Halb- und Bändermarmore. Nach A. HAUSER & H. URREGG 1951 a : 24 schwankt der Chemismus zwischen 48 und 95% CaCO₃. Neben Schotter und Bruchstein dient das Material zur Branntkalk-Erzeugung.

Weitere, jedoch aufgelassene Marmorbrüche finden sich bei Oberaich (Utshgraben) und am Häuselberg b. Leoben.

Zahlreiche Kalkbrüche liegen im Grazer Paläozoikum. In erster Linie sind hier die z. T. sehr umfangreichen Abbaustellen im Schöckelkalk von Peggau, der Schöckel-Süd-, Ost- und Westflanke, von Weiz und Köflach zu nennen (H. HAUSER & H. URREGG 1949 b : 27). Die plattigen Kalke begünstigen die Gewinnung lagerhafter Bausteine. Daneben findet das Material als Schotter und zur Erzeugung von Branntkalk bzw. als Rohstoff für die Zementindustrie Verwendung (O. W. BLÜMEL & P. PAULITSCH 1953, H. SEELMEIER 1942 a, U. URREGG 1942).

Dagegen liegen die zahlreichen Brüche in den anderen paläozoischen Kalken heute meistens still. Nur noch das Stadtbild von Graz spricht mit seinen verbauten Barrandei-Kalken, Steinberg-Kalken, Sanzenkogel-Kalken usw. von einer einstigen Blüte der Natursteinindustrie. So gaben A. HAUSER & H. URREGG

1950 b : 11 allein aus dem Raume Plabutsch-Buchkogelzug nicht weniger als 57 Steinbrüche an, die heute fast durchwegs verwachsen sind.

Barrandai-Kalk wird heute nur noch in einem großen Steinbruch zwischen Gösting und Gratkorn abgebaut. Ein benachbarter Bruch gewinnt Material aus dem Kanzel-, Steinberg- und Gnathoduskalk. Das Material dient als Straßenschotter.

Die einstigen zahlreichen Steinbrüche am Steinberg, die die rötlichen, gelblichen und graublauen Steinberg- und Stanzenkogel-Kalke gewannen, liegen heute still oder liefern nur mehr zeitweise, für den lokalen Bedarf, Material. Das gleiche gilt für die Kanzelkalk-Brüche bei Gratwein und Gratkorn.

Etwas besser steht es mit den Kalkschiefern, die vor allem im Schremsgraben bei Frohnleiten in einigen Brüchen abgebaut werden. Weitere Kalkbrüche, die der Schottergewinnung dienen, liegen an der Straße St. Erhard/Br.—Straßegg.

In der Obersteiermark bauen die am Kartenblattrand gelegenen Kalkbrüche von Bruck a. d. Mur unterkarbonische Schichten ab. Nach A. HAUSER & H. URREGG 1950 b : 23 wechsellagern die Kalke mit Phylliten und Serizitschiefern, was den Bruch stark belastet.

Tab. 41: Chemische Analysen paläozoischer Dolomite

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gew. %:										
Unl.	13,33	2,54	1,93	0,63	1,2	1,42	1,26	0,3	0,51	1,7
Al ₂ O ₃	0,48	0,12	0,30	—	0,4	—	—	—	0,11	—
Fe ₂ O ₃	0,93	0,53	0,55	0,42	—	1,12	0,99	sp.	0,32	2,34
MnO ⁺	sp.	sp.	sp.	—	—	—	—	—	—	—
MgO	18,01	20,31	20,36	21,28	20,35	20,0	20,0	21,03	19,73	18,17
CaO	26,44	30,22	30,78	30,37	30,63	29,85	30,9	30,87	32,62	32,4
CO ₂	40,47	46,02	46,29	47,09	46,22	45,7	46,4	47,73	46,96	46,29
H ₂ O	0,18	0,14	n. b.	0,11	1,1	0,96	0,64	—	n. b.	n. b.
	99,84	99,88	100,21	99,90	99,90	99,05	100,19	99,93	100,25	100,90

(1) Straßgang (J. HANSELMAYER, 1952), (2) Hubertushöhe, Plabutsch (J. HANSELMAYER, 1952), (3) Karolinenhof (J. HANSELMAYER, 1952), (4) Einsiedelei, Plabutsch (J. HANSELMAYER, 1952), (5) Schloßberg (A. MORLOT, 1847 a), (6) Schloßberg (I. IPPEN, 1894), (7) Schloßberg (I. IPPEN, 1894), (8) Schloßberg (I. IPPEN, 1894), (9) Oelberg (J. HANSELMAYER, 1950 a), (10) Häuselberg b. Leoben (K. REDLICH, 1913).

Weitere Kalkbrüche, die meist verlassen sind, liegen bei Waltendorf b. Niklasdorf und bei Leoben (Häuselberg, Annaberg, Kalvarienberg). Die gosauischen Kalkmergel von St. Bartholomä (S. 94) wurden in teilweise unterirdischen Steinbrüchen abgebaut und dienten als Rohstoffbasis einer in Judendorf befindlichen Zementfabrik. Der Gehalt an CaCO₃ schwankt nach der Literatur zwischen 65 und 83%. Die härteren Kalkbänke fanden auch als Baustein (z. B. Pfeiler der neuen Kirche von St. Bartholomä) Verwendung.

Auch die in den Tertiär-Kalken umgehenden einstigen Abbaue sind heute zum Erliegen gekommen. Verwachsene Abbaustellen lassen sich noch in den Sarmatkalken von Thal und denen des Ilzbach-Tales bei Gleisdorf erkennen.

Als Baustein sollen auch Kalktuffe von Gösting Verwendung gefunden haben (A. AIGNER 1907 : 222), das Vorkommen konnte jedoch nicht mehr aufgefunden werden.

Tab. 42: Chemische Analysen devonischer Kalko des Grazer Paläozoikums

Probe Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gew. %										
Unl.	0,67	0,86	0,61	0,39	0,51	9,76	0,69	1,57	7,15	8,83
Al ₂ O ₃	—	—	0,45	—	—	0,07	—	0,81	0,30	1,70
Fe ₂ O ₃	0,30	0,34	0,46	—	0,17	0,68	—	1,03	1,11	0,70
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—
MgO	0,22	0,14	sp.	—	0,21	0,10	0,09	1,38	0,39	0,45
CaO	55,42	54,98	55,30	55,35	55,29	49,18	55,52	52,76	50,86	48,84
CO ₂	43,82	43,40	43,61	43,96	43,67	38,76	43,72	42,73	40,19	38,19
C	—	0,54	—	—	—	—	—	—	—	0,55
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0,01	0,01	—	—	—
H ₂ O	0,35	0,10	—	0,09	0,38	1,02	0,25	0,04	0,08	0,32
	100,78	100,36	100,43	99,79	100,23	99,58	100,28	100,32	100,12	99,58

(1) Schöckelkalk, Weizklamm (H. HÜBL, 1942 a), (2) Schöckelkalk, Einödgraben (H. HÜBL, 1942 a), (3) Schöckelkalk, Peggau (O. W. BLÜMEL, 1953), (4) Kanzel-Kalk, Pailgraben (E. NEUWIRTH 1950), (5) Hochlantschkalk, Kälberanger (F. MACHATSCHKI 1929), (6) Hochlantschkalk, Höllgraben (F. MACHATSCHKI, 1929), (7) Hochlantschkalk, Drachenhöhle (F. MACHATSCHKI, 1925), (8) Steinberg-Kalk, Gaisberg (J. HANSELMEYER, 1951 a), (9) Steinberg-Kalk, Gaisberg (J. HANSELMEYER, 1951 a), (10) Kalkschiefer, Weiz (H. HÜBL, 1942 a).

Paläozoische Dolomite wurden bei Seiersberg, Straßgang, Gösting, Rötz b. Judendorf, Plankenwart, Geistal, Friesach usw. abgebaut. Heute sind nur mehr wenige dieser Brüche in Betrieb. Sie liefern infolge des kleinstückigen Zerfalles des Dolomits in erster Linie Schottergut.

Weitere ältere Dolomitbrüche liegen in den fraglichen mesozoischen Dolomiten von Voitsberg (Zangtal, Hl. Berg) und Pichling b. Köflach. Wie die häufige Verwendung der gelblichen, fraglich mesozoischen Rauhewacken in Weiz zeigt, muß dieses Gestein früher hier ebenfalls als Baustein gewonnen worden sein. Heute findet man nur mehr einige verwachsene Brüche im Raume von Peesen-Bachl.

IX/4. Schrifttum

530. AIGNER, A., Die Mineralschätze der Steiermark. — 291 S., Wien 1907.
531. BLÜMEL, O. W., Gesteinskundliche Untersuchungen an Zuschlagstoffen der Bauindustrie. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 1—11, Graz 1952.
532. —, Über die Bestandsaufnahme von Betonzuschlagstoffen (Natürliche Ablagerungen). — Joanneum, Mineral. Mittbl., 1—5, Graz 1957.
533. BLÜMEL, O. W. & PAULITSCH, P., Über den gebrannten Schöckelkalk. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 25—36, Graz 1953.
534. FLÜGEL, H., Baugeologische Karten von Steiermark. Blatt 3: Bezirk Graz und Bezirk Graz-Umgebung. — 24 S., Graz 1951 (1951 b).
535. HAUSER, A., Die Lehme und Tone Steiermarks. I. Teil: Allgemeines und Überblick über die steirischen Vorkommen. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 11, 39 S., Graz 1952.
536. —, Die Lagerstätten lichtbrennender bzw. feuerfester Tone in der Steiermark. — Österr. Chemiker-Zeitung, 54, 74—76, Wien 1953.
537. —, Die Lehme und Tone Steiermarks. II. Teil: Das Ergebnis der Untersuchung. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 12, 68 S., Graz 1954.
538. HAUSER, A. & URREGG, H., Die Serpentine Steiermarks. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 1, 39 S., Graz 1948.
539. —, Die granitischen Gesteine Steiermarks. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 2, 43 S., Graz 1949 (1949 a).

540. — , Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 1. Teil: Allgemeines und der Schöckelkalk. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 3, 47 S., Graz 1949 (1949 b).
541. — , Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 2. Teil: Kalke (Mergel) der Neuzeit und des Mittelalters der Erde. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 4, 47 S., Graz 1950 (1950 a).
542. — , Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 3. Teil: Die Kalke des Altertums der Erde. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 5, 36 S., Graz 1950 (1950 b).
543. — , Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 4. Teil: Die Marmore und Dolomite. Im Anhang: Sandsteine und Konglomerate. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 6, 48 S., Graz 1951 (1951 a).
544. — , Die Ergußgesteine und vulkanischen Tuffe. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 7, 43 S., Graz 1951 (1951 b).
545. — , Die kristallinen Schiefer. — Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks, 8, 40 S., Graz 1952.
546. SEELMEIER, H., Über technische Eigenschaften des Schöckelkalkes und dessen Umprägungsvariationen. — Zeitschr. prakt. Geol., Halle 1942 (1942 a).
547. URREGG, H., Chemisch-petrographisch-technische Untersuchungen an Schöckelkalken (Steiermark). II. Teil. Mechanisch-technische Versuchsergebnisse dreier Schöckelkalke. — Zentralbl. Mineral. etc., A, 94—106, Stuttgart 1942.
- Ferner: 6, 164, 166, 167, 172, 174, 175, 232, 233, 240, 260, 785, 805.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

1025. KOPETZKY, G., Die Kohlentone des Köflacher Reviers. — Ein Beispiel der Anwendung rationeller und moderner Methoden zur Nutzbarmachung einer Lagerstätte. — Arch. Lagerstättenf., 3, 2—24, Leoben 1965.

X. Mineralvorkommen im Grazer Bergland

(A. ALKER, Abt. f. Mineralogie am Landesmuseum Joanneum, Graz)

Die Vorkommen von Mineralien im Bereich des Kartenblattes lassen sich im wesentlichen auf drei Großbereiche beziehen. Es sind dies das Kristallin, der Raum des Paläozoikums und das Tertiär.

Das Kristalline Gebirge mit Rennfeld, Hochalpe, Gleinalpe, Stubalpe und Korralpe bildet den Rahmen im Nordwesten, Westen und Südwesten, während das Kristallin von Birkfeld die nordöstliche Ecke des Kartenblattes ausfüllt. Die Kristallininsel von Radegund liegt isoliert.

In diesen Kristallinkomplexen sind Granitoide, Gneise, Glimmerschiefer, Marmore und metamorphe Tiefengesteine enthalten. Innerhalb der kristallinen Schiefer werden bisweilen einzelne der gesteinsbildenden Mineralien so groß, daß sie allgemeines Interesse erwecken. So zum Beispiel der Granat von Wölmissberg bei Voitsberg oder beim Gaberl/Stubalpe. Es sind Granatglimmerschiefer, worin der Granat in manchen Horizonten Durchmesser bis zu 30 mm erreicht. Die Kristallflächen sind selten schön ausgebildet, da durch tektonische Phasen und Teilphasen immer wieder eine Durchbewegung des Gebirges und natürlich der einzelnen Mineralkörner stattfand, so daß der Granat wie abgerollt aussieht. Nach einer Analyse und Berechnung von F. ANGEL 1924 setzt sich der Granat des Granatglimmerschiefers vom Gaberl aus 67 Mol. % Almandin, 13,5 Mol. % Pyrop und 19,5 Mol. % Andradit zusammen.

Des weiteren ist der Staurolith vom Dietenberg bei Ligist (O. M. FRIEDRICH 1929) oder bei St. Radegund (H. MEIXNER 1936) in schönen bis zu 5 cm großen Exemplaren zu finden. Besonderes Finderglück kann Durchkreuzungs-

zwillinge bescheren. Es sei auch auf Chloritoid aus den Schiefen der Umgebung des ehemaligen Gehöftes vulgo Konrad in Gallmannsegg, bei Lineck und auf der Platte bei Graz hingewiesen. Manche Marmore führen schönen Tremolit, so diejenigen im Schlöglgraben bei Gallmannsegg.

Mineralreich sind die pegmatoiden Gesteinspartien innerhalb von Gneisen und Glimmerschiefern. Im wesentlichen bestehen diese Pegmatoide, die man über weite Strecken verfolgen und auch in verschiedene Stockwerke gliedern kann, aus Feldspat (Plagioklas, Mikroklin), Quarz und Muskovit. Eine Differenzierung wird durch die verschiedenen Nebengemengteile herbeigeführt. Als solche Nebengemengteile sind bisher Apatit, Beryll, Epidot, Rutil, Titanit, Turmalin, Spodumen, Columbit, Uraninit, verschiedene Uranglimmer, Xenotim und Zirkon gefunden worden. Es ist schwierig, aus dieser Formenfülle überregionale Gemeinsamkeiten herauszufinden. Als geeignet erscheint das Vorkommen von Uraninit und Uranglimmer. Im Bereich des Kartenblattes wurde in der Kor- und Stubalpe (A. WEISS 1966), sowie in den Pegmatiten von Radegund, Uranmineralien (Uraninit, verschiedene Uranglimmer und Uranocker) gefunden (A. ALKER 1967).

Im Gleinalpenbereich war dies bis jetzt nicht der Fall, obwohl durch H. RÖSSNER 1933 ein Radiumgehalt in Gesteinen des Gleinalmkerns nachgewiesen wurde. Eine weitere Gemeinsamkeit finden wir in der Spodumenführung vom Wildbachgraben (Koralpe) und den Spodumenpegmatoiden vom Schöckelbartl und Schöckelkreuz (Radegund). Weit verbreitet im Gebiet der Pack (Koralpe) ist das Vorkommen von Beryll. Dieses Berylliumsilikat kann von Ligist-Dietenberg (zum Teil tiefblaue Kristalle) über Kemetberg—Lankowitz und Katzbachgraben bzw. Pichling („Lustiger Bauer“), Kreuzberg, Gößnitzberg, Stampf bis auf die Pack und Packwinkel verfolgt werden (R. KREBERNIK 1959). Auch das Kristallin von Radegund weist weiträumig Beryllvorkommen auf. Der Raum Schöckelbartl, Rabnitzberg—Willersdorf, Schöckelkreuz, Isenrode und Höf sind als Fundpunkte bekannt geworden. Verwiesen sei noch auf Apatit und Xenotim sowohl im Koralpenbereich (H. MEIXNER 1938) als auch in Radegund (A. ALKER 1967). Turmalin ist nicht so selektiv vertreten, wie die oben angeführten Mineralien, scheint aber durch seine unterschiedlichen Farben im Dünnschliff, verschiedene Lichtbrechung, Dichte und im Gehalt an Spurenelementen (O. HOMANN 1962) charakteristisch zur Unterscheidung verschiedener pegmatoider Bereiche.

Besonderes Interesse wurde schon immer einer Rauchquarzstufe von der Hochstraße bei Ligist aus der Sammlung des Landesmuseums Joanneum entgegengebracht, da ihre Herkunftsbezeichnung angezweifelt wurde. Durch Neufunde von sehr schönen Rauchquarzstufen, z. B. in Hochgößnitz bei Köflach (R. KREBERNIK 1966) wurde der alte Fund neuerdings bestätigt.

Aus dem Bereich Hochalm—Gleinalm sind zahlreiche Funde von Zeolithen gemacht worden. Desmin, Heulandit, Skolezit und Chabasit wurden beschrieben. Der weite Bogen der Fundstellen reicht vom Gößgraben über Schrottalpe, Fuchskogel, Humpelgraben/Fensteralpe bis nach St. Johann ob Hohenburg. Die Funde beschränken sich natürlich nicht nur auf den oben genannten Bereich, sondern auch aus der Koralpe sind zahlreiche Zeolithfunde bekanntgeworden (H. HERITSCH 1956; H. MEIXNER 1961; G. WEISSENSTEINER 1970).

Eine besondere Mineralgesellschaft bergen die Serpentin Körper. Im Norden ragt ein Teil der großen Ultramafitmasse von Kraubath in das Kartenblatt. Dieser Ultramafit liegt als mächtiger Körper von 14 km Länge und 2 km Breite an der

Nordseite des Gleinalmkristallins. Durch seine Größe ist er nur teilweise von der Metamorphose ergriffen worden und wir können noch die ursprünglichen vor-metamorphen Gesteine erkennen.

Seit über 150 Jahren lieferte dieser Dunitoid bzw. Serpentin reichhaltige und interessante Mineralfunde. Wirtschaftlich interessant waren Chromit und Magnesit. H. MEIXNER 1938 unterscheidet folgende Phasen der Mineralbildung:

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Peridotitphase | 5. Brucitparagenese |
| 2. Chrysotilphase | 6. SiO_2 — CaCO_3 —Paragenese |
| 3. Klufantigoritphase | 7. Rezente Bildungen |
| 4. Magnesitbildung | |

Es wurden etwa 45 verschiedene Mineralien bekannt. Es ist eines der wenigen Fundgebiete, wo auf engem Raum fast alle Magnesiumkarbonate zu finden sind. Es sind dies Magnesit, Pyroaurit, Brucit, Hydromagnesit, Artinit (H. HERITSCH 1937, 1948, mit F. MACHATSCHKI 1939), Nesquehonit und Lansfordit.

Dazu kommt eine Reihe von Erzmineraleien wie Heazlewoodit, Pentlandit, Kupferglanz, Millerit und ihre Umwandlungsprodukte. Von den Silikaten sei nur chromhaltiger Chlorit (Kämmererit) mit seiner schönen rötlichen Farbe erwähnt (I. KOPETZKY 1948). Berühmt wurden die von F. MOHS 1824 beschriebenen Magnetitwürfel, da für Magnetit die reine Würfelform ungewöhnlich ist. F. ANGEL—O. M. FRIEDRICH 1935 konnten nachweisen, daß es Pseudomorphosen nach Pyrit sind.

Die zahlreichen übrigen Serpentin Körper sind unter der Wirkung der Metamorphose vollkommen umgewandelt worden und liegen als Tremolit—Breunnerit—Serpentin vor. Am besten ist noch der verhältnismäßig große Serpentin stock von Traföb erhalten; hier liegt „Maschenserpentin“ und Antigorit vor.

Aus den kristallinen Gesteinen um Birkfeld sind außer den gesteinsbildenden Mineralien wenig andere Mineralien bekannt geworden. Bemerkenswert ist der Gabbro südlich Birkfeld, von dem zahlreiche Mineralien bekannt wurden (H. WIESENEDER 1961). Hier ist eines der wenigen Vorkommen von Korund. Es ließen sich Kupferkies, Magnetkies, Pyrit, Markasit, Spinell, Magnetit, Ilmenit und Titanit nachweisen.

Es herrscht anscheinend eine gewisse Mineralienarmut. Gehen wir aber über die Grenze des Kartenblattes hinaus, so finden sich zahlreiche schöne Mineralien wie Lazulith, Albit, Anglesit, Azurit, Cerussit, Disthen, Fahlerz, Kupferkies, Magnetkies, Jamesonit, Malachit, Pyromorphit, Pharmakolit, Rutil, Schwespat, Turmalin, Zinkblende und Uranocircit.

Im Grazer Paläozoikum, das Dolomite, Kalke, Schiefer, Sandsteine und Effusiva birgt, sind Mineralfunde zumeist an Bergbaue, zumindest aber an Steinbruchbetriebe gebunden.

Besonders interessant ist natürlich der mächtige Lagerstättenzug mit Bleiglanz und Zinkblende, der etwa von Stiwooll bis Haufenreith reicht. W. HAIDINGER 1825, beschreibt schon Bleiglanzkristalle von Deutscheistriz. Fertigt man sich eine tabellarische Übersicht über die Verteilung der im Schrifttum vermerkten bzw. beschriebenen Mineralien an, so ist sehr leicht zu erkennen, daß es meist Zufallsfunde waren, die zu einer Bearbeitung den Anlaß gaben.

Aragonit wird nur von den Bergbaue Deutscheistriz, Arzwaldgraben, Guggenbach, Rabenstein, Thalgraben/Frohnleiten und Tasche/Peggau angegeben.

Ankerit wurde nur in Guggenbach, Rabenstein und Thalgraben beobachtet. Cerussit und Witherit findet sich in der westlich der Mur gelegenen Lagerstätten-gruppe, während Schwerspat in allen Lagerstätten vorkommt. Greenockit wurde in Guggenbach, Rabenstein, Thalgraben und Großstübing aufgesammelt. Hydrozinkit und Zinkspat werden von Deutschfeistritz, aus dem Arzwaldgraben und von Guggenbach erwähnt. Hervorgehoben sei noch Pyromorphit von Großstübing.

Vielfach finden noch Hämatit, Magnetit, Kupferkies, Magnetkies, Arsenkies, Markasit, Pyrit und als sekundäre Mineralien Azurit, Malachit und Gips Erwähnung.

Der Magnesit der Breitenau brachte noch sehr wenig Mineralien, die es möglich machen würden, diese Lagerstätte mit der Mineralparagenese anderer Magnesitlager zu vergleichen. Von Bedeutung waren in letzter Zeit die Funde von Coelestin und Millerit. Bedenkt man den Mineralreichtum der Lagerstätten von Hohentauern und Oberdorf a. d. Laming, so ist aus der Breitenau noch manch neuer Fund zu erwarten.

Eine sehr interessante Lagerstätte befindet sich am Straßegg. Die Paragenese der sulfidischen Erze läßt Arsenkies, Bleiglanz-Zinkblende, Bournonit, Fahlerz, Jamesonit, Kupferkies und Skorodit erkennen. Nachdem O. M. FRIEDRICH 1959 in Anschliffen Gold nachwies, konnte 1971 Gold auch makroskopisch erkannt werden.

Wegen seiner relativen Seltenheit sei Kermesit aus der Fahlerzlagerstätte vom Wetterbauergraben bei Mixnitz (O. HOHL 1929) erwähnt. Diese mehrere Millimeter groß werdende rote Antimonblende wurde in den alten Abbauen vor kurzer Zeit noch gefunden. Aragonit, Azurit, Malachit, Cuprit, Fahlerz, Hämatit, Kupferkies, Pyrit und Zinnober kommen als primäre und sekundäre Mineralien vor.

Ein von Rein—Gratwein—Gratkorn über die Rannach bis zum Schöckel reichender Zug von Vererzungsspuren war der Anlaß eines Abbaues von Zinnober am Dalakberg/Rein (E. KRAJICEK 1954).

Eine Anzahl von Mineralien wurden aus der Innenstadt von Graz beschrieben. H. HERITSCH, I. KOPETZKY & P. PAULITSCH 1951, machten mit einer Reihe von Mineralien vom Schloßberg bekannt. Beschrieben wurden Dolomit, Kalkspat, Kupferkies, Kupferglanz, Pyrit, Kryptomelan, Quarz und Limonit.

Stellvertretend für die zahlreichen Fundorte von Kalkspatkristallen sei der Kollermichelbruch in Fölling/Weintzen bei Graz genannt. Der dort anstehende Schöckelkalk birgt in seinen Klüften ansehnliche und gut ausgebildete Kristalle mit zahlreichen natürlichen Ätzfiguren an den Flächen. Unter den Kristallen findet man zwei verschiedene Zwillingsgesetze, die sonst allgemein selten zu beobachten sind und als Rarität gelten.

Apatit tritt in Form von Phosphoritknollen in den Kalken von Steinberg und Au/Gratwein auf (H. HÖLLER 1958).

Aus den häufig vorkommenden Diabasen und Diabastuffen ist Pumpellyit (L. WALDMANN 1934), Ilmenit, Diabantit und Delessit (H. HÖLLER 1960) beschrieben worden.

Oft durchziehen die Grünschiefer Feldspatgänge, die von einer Hämatitvererzung begleitet sind, wie im Ötscherlgraben—Deutschfeistritz bei einem Brunnenbau zu sehen war. Wahrscheinlich ist der von O. HOMANN 1959 beschriebene Feldspatgang von Paulurl auch hierher zu stellen.

Aus den Ablagerungen der Gosau von Kainach wurde von H. MEIXNER 1965 Brochantit aus den Konglomeraten beschrieben.

Im Tertiär sind vor allem die Kohlenlager Träger von manchen Mineralien. Harze, Wachse und sekundäre Mineralien sind kennzeichnend. Hartit, Köflachit, Retinit, Letovicit und Jaulingit wurden beschrieben, wobei hinzugefügt werden muß, daß eine Neubearbeitung geboten erscheint. Quarz-Chalcedon, Pyrit, Markasit, Sideroplesit, Halotrichit, Vivianit, Kalkspat, Limonit, Aluminit, Allophan, Alaun, Eisenvitriol, Mascagnin, Pickeringit, Salmiak und Selen sind in der Kohle bzw. auf den Halden zu finden. Interessant ist der Fund von Lazulithgeröll im Abbau bei Tregist.

Unerwähnt dürfen auch andere sekundäre Mineralien von Bergbauhalden nicht bleiben. Als Beispiel seien die von H. MEIXNER 1932/33 beschriebenen Haldenprodukte Bittersalz, Copiapit, Eisenvitriol, Gips und Glockerit von den Halden des Pyrit-Bergbaues Groß-Stübing erwähnt.

Vivianit ist ein weitverbreitetes Mineral, das an zahlreichen Örtlichkeiten im sonst allgemein an Mineralien armen Tertiär, ausgenommen die Vulkangebiete, zu finden ist. Tonmineralien und da vor allem zu Montmorinmineralien umgewandelte vulkanische Aschen beleben etwas die Eintönigkeit aus mineralogischer Sicht.

In den verkarstungsfähigen Gesteinen sind zahlreiche Höhlen, die oft riesige Tropfsteine bergen. Die größten befinden sich in der Lurgrotte zwischen Peggau und Semriach und dem Katerloch in Dürntal bei Weiz. Die Tropfsteine bestehen im allgemeinen aus Kalkspat, wobei es auffällt, daß Stalagmiten und Stalaktiten in der Anordnung der einzelnen Kalkspatkristalle Unterschiede aufweisen (A. ALKER 1955). Es sind auch Tropfsteine aus Aragonit von der Aragonithöhle bei Peggau bekannt geworden. Die Höhlensedimente bergen ebenfalls verschiedene Mineralien. In dieser Beziehung wurde die Drachenhöhle näher untersucht (F. MACHATSCHKI 1929) und Brushit, Scharizerit, Variscit und Vivianit beschrieben.

Schrifttum

548. ALKER, A., Zur Mineralogie der Steiermark, II. Stubalpe—Gleinalpe—Fensteralpe. III. Hochalpe—Rennfeld. IV. Kraubath. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 44—65, Graz 1956. (cum. lit.)
549. —, Zur Mineralogie der Steiermark, VII. Ausseerland—Ennstaler Alpen—Eisenerzeralpen—Steirisch-Niederösterreichische Kalkalpen. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 65—87, Graz 1957 (cum. lit.).
550. —, Zur Mineralogie der Steiermark, IX. Weizer Bergland, Grazer Bergland, Sausal. X. Radegund. XII. Kohlenlager. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 37 bis 51, 64—68, Graz 1958 (cum. lit.).
551. HATLE, E., Die Minerale des Herzogthums Steiermark. — 212 S., Graz 1885.
552. HERITSCH, H., KOPETZKY, I. & PAULITSCH, P., Eine Vererzung im Grazer Schloßberg. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 79/80, 127—132, Graz 1951.
553. HÖLLER, H., Über Delessit und Diabanit aus Diabasen des Grazer Paläozoikums. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 11—14, Graz 1960 (1960 b).
554. KREBERNIK, R., Über Beryll-Vorkommen im Bezirk Voitsberg. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 30—31, Graz 1959.
555. MEIXNER, H., Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen I. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 67, 104—111, Graz 1930 (1930 a).
556. —, Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen. II. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 67, 138—145, Graz 1930 (1930 b).
557. —, Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen. IV. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 69, 1—5, Graz 1932.

558. — , Copiapit von Großstübing (Steiermark). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 70, 86—88, Graz 1933.
559. — , Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen. VIII. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 108—117, Graz 1936.
560. — , Neue Mineralfunde aus der Ostmark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 75, 109 bis 112, Graz 1938.
561. PAULITSCH, P., Die Minerale des Manganerzes in der Breitenau bei Mixnitz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 79/80, 165—166, Graz 1951.
562. — , Relikte in steirischen Bentoniten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 83, 169—170, Graz 1953.
- Ferner: 3, 24, 38, 42 a, 49—53, 62, 581, 582, 591, 592, 593, 594, 610, 807—814, 816, 844.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

1026. ALKER, A., Das Wachstumsgefüge von Kalkspat in Tropfsteinen. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 1, 13, Graz 1955.
- 1026a. — , Laumontit aus dem Gleinalm-Richtstollen, Steiermark. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 1974, 1—2, Wien 1974.
1027. ANGEL, F. & FRIEDRICH, O. M., Ein Beitrag zur Formenkunde des Magnetits: Die Magnetitwürfel der Gulsen Pseudomorphosen nach Eisenkies. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 1, 144, 131—143, Wien 1935.
1028. BERTOLDI, G., Zur Fluoreszenz der Kalzite vom Schöckel. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 1—6, Graz 1969.
- 1028a. HAHNE, C., KIRCHMAYER, M. & OTTEMANN, J., „Höhlenperlen“ (Cave Pearls), besonders aus Bergwerken des Ruhrgebietes. Modellfälle zum Studium diagenetischer Vorgänge an Einzeloiden. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 130, 1—46, 8 Taf., Stuttgart 1968.
1029. HERITSCH, H., Zur Kristallographie einiger ostalpiner Minerale. — Zbl. Mineral., A, 257—262, Stuttgart 1937.
1030. — , Über Artinit von Kraubath. — TMPM., 3. F., 1, 150—174, Wien 1950.
1031. — , Die Röntgenkristallographie von Laumontit von Stainz (Steiermark). — TMPM., 3. F., 5, 335—342, Wien 1956.
1032. HERITSCH, H. & MACHATSCHKI, F., Kristallsystem und Gitterkonstanten von Artinit. — Zbl. Mineral., A, 65—69, Stuttgart 1939.
- 1032a. KIRCHMAYER, M., Höhlenperlen (Cave Pearls) aus Bergwerken. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 1, 173, 309—349, Wien 1964.
1033. KOPETZKY, I., Chromhaltiger Chlorit („Kämmererit“) von Kraubath. — TMPM., 3. F., 1, 68—70, Wien 1950.
1034. KREBERNIK, R., Ein neues Rauchquarz-Vorkommen in der östlichen Niedergöfnitz und allgemeine Bemerkungen über Rauchquarz- und Bergkristall-Vorkommen im Bezirk Voitsberg. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 64—67, Graz 1966.
1035. MACHATSCHKI, F., Mineralbildungen in den Phosphatablagerungen der Drachenhöhle bei Mixnitz. — Zbl. Mineral., A, 225—238, 272—287, 321—332, Stuttgart 1929.
1036. MEIXNER, H., Kraubather Lagerstättenstudien, I, II. — Zbl. Mineral. A, 5—19, 115—120, Stuttgart 1938.
1037. — , Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XVII. — Carinthia II, 71, 69—77, Klagenfurt 1961.
1038. — , Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XX. — Carinthia II, 75, 70—80, Klagenfurt 1965.
1039. WALDMANN, L., Pumpellyit aus Steiermark und Finnisch-Lappland. — Mitt. Wiener Mineral. Ges., 98, 92—93, Wien 1933.
1040. WEISS, A., Vorkommen fluoreszierender Uranminerale im Raume Ligist—Köflach—Pack. — Joanneum, Mineral. Mittbl., 39—44, Graz 1966.
1041. WEISSENSTEINER, G., Neue Mineralfunde aus dem Bereich der Kor- und Saulpe, Stmk. bzw. Kärnten. — Karinthin, 63, 183—186, Hüttenberg 1970.

XI. Lagerstätten des Grazer Berglandes

(O. M. FRIEDRICH, Montanistische Hochschule Leoben)

Die Steiermark ist ein uraltes Bergbauland. Schon in vorgeschichtlicher Zeit wurde hier auf Erze gebaut und wurden Metalle erschmolzen, vor allem Eisen und Kupfer (W. MODRIJAN 1968).

Da die meisten Baueinheiten der Ostalpen auch in der Steiermark vorkommen, finden sich hier auch recht verschiedenartige Lagerstätten. In einer Übersicht — O. M. FRIEDRICH 1968 — habe ich versucht, diese für den Bereich der Ostalpen zusammenfassend darzustellen. Da seither aber wieder etliche Jahre verstrichen sind und gerade dieses Wissensgebiet rasch fortschreitet, immer wieder neue Erkenntnisse erarbeitet werden, lohnt es sich doch, neuerlich auf die Lagerstätten einzugehen, zumal der Raum, den die geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes (1 : 100.000) umfaßt, zahlreiche Lagerstätten recht verschiedener Art enthält.

Je nach dem beabsichtigten Zweck einer solchen Erörterung, kann man die Vorkommen ganz verschieden gliedern. So könnte man sie in Erze, Nichterze, Kohlen und dergleichen unterteilen, man könnte auch das geologische Alter der betreffenden Vorkommen zu Grunde legen; für viele Vorkommen ist es aber noch nicht bekannt oder auch umstritten. Deshalb halte ich es für eine Besprechung an Hand einer geologischen Wanderkarte für zweckmäßig, die Lagerstätten nach den geologischen und geographischen Einheiten geordnet zu erörtern. Solche sind zwanglos gegeben durch die Gliederung in das Kristallin des Gleinalm-Rennfeldzuges bis zum Rabenwald im Nordosten, den Folgen der Grauwackenzone im Norden, den Bereich des Grazer Paläozoikums und schließlich das Tertiärland im Osten und Süden samt dem dazugehörigen inneralpinen Becken von Leoben und Bruck.

Hatte man einstens den Begriff „Lagerstätte“ stillschweigend nur für die Erzlagerstätten verstanden, kamen später die Kohlen und Salze dazu. In neuer Zeit sind aber oftmals die „Nichterze“ wirtschaftlich wichtiger geworden als die Erze oder Kohlen. Man denke da nur an Magnesit, Talk, Flußspat oder Phosphat. Von diesen „Nichterzen“ ist es nur ein kleiner Schritt zu den Baustoffen, wie den Tonen für die Keramik, den Kalk für den Branntkalk und für Zement und weiter zu den Werksteinen. Wengleich das Hauptgewicht der theoretischen Erörterungen nach wie vor bei den Erzen liegt, sollen deshalb doch auch die wirtschaftlich wichtigen Lagerstätten der Steine und Erden wenigstens kurz erwähnt werden.

XI/1. Lagerstätten im Kristallin

Das Kristallin des Zuges Gleinalm-Mugel-Hochanger-Rennfeld ist praktisch erzfrei. Wohl wurden gelegentlich vor allem an Zerrüttungsstreifen auftretende Kiesanreicherungen da und dort beschürft, so z. B. im Oswaldgraben bei Kainach oder mehrfach im Gößgraben südlich von Leoben, doch sind die Erze so dürftig, daß man wohl nicht von Erzlagerstätten sprechen kann.

Dafür enthalten die Marmorzüge der Gleinalmhülle mehrfach reine und dadurch abbauwürdige Partien, die z. B. in Gallmannsegg N-Kainach und in der Salla als Werk- und Monumentsteine gewonnen werden. Auf Pegmatite im Bereich der Stubalpe wurde früher wegen des Glimmers für elektrotechnische Zwecke geschürft, die verwandten Milchquarzgänge etwa vom Wöllmisberg und

von Modriach wurden einst als Rohstoffe für die weststeirischen Glashütten abgebaut.

Der Kraubather Serpentin reicht zwar noch ein Stück in das Blatt der Wanderkarte, doch sind die in ihm liegenden Chromit- und Magnesitlagerstätten, z. B. von der Gulsen, vom Sommer- und Wintergraben, vom Aufragen usw. zu weit westlich gelegen, daher nicht mehr auf dem Kartenblatt.

Das gleiche gilt von den Talklagerstätten des Rabenwaldes ober Anger, die ebenfalls knapp außerhalb (östlich) der Karte liegen (O. M. FRIEDRICH 1947).

Hingegen liegt die kleine Kieslagerstätte von Naintsch bei Anger noch im Bereich der Karte. Sie ist aber in neuer Zeit nicht wissenschaftlich bearbeitet worden, so daß wir über sie sehr wenig wissen.

Auch das Radegunder Kristallin ist praktisch frei von nutzbaren Lagerstätten, wie überhaupt im ostalpinen Altkristallin Erzlagerstätten fast nur an tektonisch vorgezeichneten Linien vorkommen, z. B. im Zug Friesach-Hüttenberg bis Köflach, doch liegen alle diese westlich außerhalb der Karte.

XI/2. Lagerstätten der obersteirischen Grauwackenzone

Die Grauwackenzone tritt nur in einem kleinen Zipfel in der Nordwestecke des Kartenblattes auf. Die für diese Zone typischen Eisenspatlagerstätten, etwa jene des Steirischen Erzberges, der Krumpfen oder des Polster liegen aber außerhalb der Karte.

XI/3. Lagerstätten im Altpaläozoikum von Graz

XI/3 a. Eisenerze

Das Altpaläozoikum der *Breitenau* enthält mehrfach sedimentär gebildete Eisenerze, so beispielsweise jene von St. Jakob in der Breitenau. Diese hat E. CLAR 1929 beschrieben. Es handelt sich meist um dichte Toneisensteine, also um sedimentäre, dichte Eisenspatite mit hohem Ton- und Mangengehalten und mit reichlich Oxydationserzen, doch sind die Baue heute kaum noch kenntlich, die Halden weitgehend verwachsen. Das bis in die neue Zeit bestandene Eisenwerk Schafferwerke war auf diese Erze gegründet.

Ebenso sind die Eisenbaue vom *Heuberggraben* (O. M. FRIEDRICH 1930) längst verfallen und kaum noch kenntlich. Hier baute man dichten Roteisenstein (Fe_2O_3) bis Eisenglanz ab, der von dichtem, rotem Quarz (Jaspis) begleitet ist. Die Bildung dieser Lagerstätten geht wohl auf untermeerische Thermen im Altpaläozoikum zurück, also ungefähr den Lahn-Dillerzen entsprechend, nur leider viel kleiner.

Einen ganz anderen Typus sedimentärer Eisenerzlagerstätten stellen die Magnetit-Hämatit-Quarzite vom *Plankogel* dar, denen jene im *Hinteregg* nördlich des WH Granitzer im Weiztal entsprechen. Diese Erzvorkommen sind ebenfalls von E. CLAR 1929 und von O. M. FRIEDRICH 1959 ausführlich beschrieben worden, auch habe ich sowohl Geländeplan wie Grubenkarten und das Schrifttum veröffentlicht, worauf verwiesen sei.

Die beiden Vorkommen, die, wie die Wanderkarte zeigt, wohl zwei analoge, aber doch getrennte linsenförmige Lagerstätten bilden, liegen in einer tektonisch sehr stark durchgearbeiteten Schuppenzone unter dem sicheren Paläozoikum und

als 40 Jahren mehrfach bearbeitet worden. Bemerkenswert ist es, daß reichlich „Bändermagnetit“ auftritt. Manche besonders feinfächerige Partien erinnern sehr an Algenriffe, die in Magnetit umgewandelt worden sind, doch fehlen darüber noch nähere Untersuchungen; auf diese sollte in der von mir angeregten Arbeit besonders geachtet werden.

In der Nordwestecke der Wanderkarte sind die Spatmagnetit-Talklagerstätten von *Jassing* und vom *Häuselberg bei Leoben* verzeichnet, während jenes vom Kletschachgraben gerade oberhalb des Kartenrandes liegt. Sie entsprechen den Spatmagnetiten; am Häuselberg waren schöne Verdrängungsbilder und viel fast eisenfreier Chlorit aufgeschlossen. Dieser hatte als „Rumpfit“ in den Erörterungen über die Magnetitentstehung eine wichtige Rolle gespielt. Diese Magnetitvorkommen sind klein, heute unbauwürdig.

XI/3 c. Die „Grazer“ Blei-Silber-Zinklagerstätten

In den paläozoischen Schichten nördlich, nordwestlich und nordöstlich von Graz treten Blei-Zink-Silberlagerstätten auf, die unter dem Sammelnamen „Grazer Blei-Zinklagerstätten“ zusammengefaßt werden. Die bekanntesten Vorkommen liegen in einem von Stübing über Übelbach-Waldstein-Rabenstein-Schrems streichenden Zug. Ein südlicher Zug beginnt bei Burgstall nordöstlich des Schöckels, zieht über Arzberg-Häusenreith bis gegen Gscheid. Südwestlich davon liegen nördlich Stiwill und Jaritzberg weitere, aber wesentlich kleinere Vorkommen. Alle diese Baue liegen seit Jahrzehnten still, wodurch eine wissenschaftliche Bearbeitung sehr erschwert ist, vielfach auch der Anreiz für eine solche fehlte.

Nach H. & E. FLÜGEL 1953 ist der Bergbau sehr alt; MUCHAR 1844 und JANISCH 1878 geben an, daß die ersten Arbeiten schon von den Kelten durchgeführt worden seien, doch liegen hierüber keine genauen Angaben vor. Ebenso wenig ist bekannt, wie weit einzelne dieser Gruben etwa zur Zeit der römischen Besetzung unseres Landes bearbeitet worden sind. Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts begann dann ein langsamer Aufstieg mit kurzen Blütezeiten, dann setzte mehrfach wieder Rückgang ein, gefolgt von mehr oder weniger guten Zeitläufen, bis 1927 mit der Schließung der Rabensteiner Gruben der letzte Bergbau einging. Dadurch ist es heute kaum möglich, eindeutige Angaben über die Vererzungsvorgänge zu erarbeiten und man ist, abgesehen von einigen noch offenstehenden alten Bauen (meist geschrämte Stollen) nur auf Haldenfunde, Museumsstücke, alte Berichte und vereinzelte Grubenkarten und Archivnachrichten angewiesen.

Um die Zeit, in der der letzte Bergbau einging, setzten die ersten, einigermaßen modernen lagerstättenkundlichen Bearbeitungen einzelner Grubengebiete unter TORNQUIST, CLAR und SEEWANN ein. Eine für die damalige Zeit hervorragende Übersicht über die Geologie dieser Lagerstättengruppe gab O. WOLLAK 1930, doch sind seither unsere Kenntnisse über den Bau des Grazer Paläozoikums durch die Forschungen der Grazer Geologen ganz wesentlich vertieft worden. Im Zuge dieser geologischen Neuaufnahmen befaßte sich H. FLÜGEL mit Mitarbeitern in einer Reihe von Aufsätzen mit diesen Lagerstätten (H. FLÜGEL 1952, 1953, H. & E. FLÜGEL 1953, H. FLÜGEL & V. MAURIN 1952). Diese Arbeiten sind die Grundlage für die nachfolgenden Erörterungen, denn seither hat sich nur F. BURGSTALLER 1968 in einer Dissertation mit einer Teilgruppe, den Lagerstätten westlich der Mur, befaßt.

Als Haupterze treten Bleiglanz und Zinkblende auf; daneben ist teilweise viel Eisenkies vorhanden. Hingegen sind Kupferkies, Fahlerze, und zwar sowohl Tetraedrit als auch Tennantit, ebenso Magnetit und Markasit nur örtlich verbreitet. Eisenglanz, Ilmenit und Rotgültigerze sind sehr selten. Als Gangarten sind Ankerit, Kalkspat, Dolomit und Quarz verbreitet, Schwerspat war örtlich wichtig, Witherit und Magnesit sind selten. Letzteren wies F. BURGSTALLER erstmalig nach.

Es handelt sich bei diesen Lagerstätten um mehr oder weniger schichtparallel liegende Lagergänge von oft recht wechselnder Mächtigkeit, die im Streichen und Fallen auf beträchtliche Längen anhalten. Dabei zeigt sich immer wieder, daß die Lagergänge im Liegenden graphitischer Tonschiefer auftreten. Oft sind mehrere mehr oder minder parallel zueinander angeordnet, oft liegen sie auch an der Hangendgrenze der oberen Grünschiefer, aber auch innerhalb der graphitischen Serie bzw. der Grünschiefer selbst. Es kommt auch vor, daß ein Lagergang an der Liegendgrenze der Grünschieferserie gegen liegende Graphitschiefer auftritt, ein anderer in derselben Grube (Deutschfeistritz) an der Grenze zu den Hangendgraphitschiefern, in denen auch Kalklager enthalten sein können (Grenzphyllit). Die Lagergänge treten somit vorwiegend in den Schieferserien des Paläozoikums auf, nicht in kalkigen Partien. Dabei sind die erzführenden Schiefer sehr häufig gebleicht, gelblich bis gelbgrün oder lichtbraun verfärbt, sind also durch die vererzenden Lösungen verändert worden, was auf eine epigenetische Vererzung hinweist.

Nach H. FLÜGEL könnten die Grünschiefer vielleicht Ordovic-Silur sein, die kalkigen Graphitschiefer vielleicht Devon, analog dem Grenzphyllit.

Dabei wird mehrfach darauf hingewiesen, daß zunächst wohl oft der Anschein schichtparalleler Vererzung erweckt wird, daß aber doch immer wieder Diskordanzen beobachtbar sind. BURGSTALLER betont dies besonders. Sehr auffällig sind in dieser Hinsicht vier Kreuzklüfte im Revier Peggau-Deutschfeistritz, die so gut vererzt waren, daß sie bis unter Tag abgebaut werden konnten. Sie streichen spitzwinkelig zu den dortigen Lagergängen und bilden diagonale Verbindungstrümer zwischen diesen. Sie werden ausdrücklich nicht als Zubringerspalten angesehen. Auch hebt BURGSTALLER hervor, daß im Elisabethlagergang die Erzmittel die Schichten diskordant durchbrachen und dadurch zu deutlich quergreifenden Gängen werden.

Diese Hinweise auf die nicht streng schichtgebundene (stratiforme) Stellung der Lagergänge sind deshalb wichtig, weil es Mode ist, alle mehr oder minder lagig angeordneten Erze als synsedimentär und syngenetisch anzusprechen.

Beide Erzzüge, sowohl der nördliche von *Rabenstein-Guggenbach-Haufendreith* wie auch der südliche von *Deutsch-Feistritz-Stübing* treten unter dem Schöckelkalk auf. Auch dort, wo dieser fehlt, wie im Westen des Rabensteiner Erzuges, finden sich bauwürdige Erze noch immer im Liegenden der gedachten Fortsetzung in der gleichen stratigraphischen Höhe. Daneben fällt sehr auf, daß die Vererzung nicht den diskordant auf die Schieferserien aufgeschobenen Schöckelkalk erfaßt und vererzt hat. Dies ist wohl als Zeitmarke für die Vererzungsvorgänge aufzufassen, dahingehend, daß die Schöckelkalkdecke zu der Zeit, in der der Vererzungsvorgang ablief, noch nicht die heutige Lage innehatte, denn es ist kaum anzunehmen, daß die Schiefer so restlos nach oben abgedichtet haben könnten, daß es den vererzenden Lösungen verwehrt war, den Schöckelkalk zu erreichen und zu vererzen.

Im Marienfeld (Arzberger Revier) ist die Vererzung an die Überschiebungsfläche eines gelblichen, zum Teil gebänderten Kalkes auf graphitische Schiefer gebunden. Die Überschiebungsfläche selbst ist nach H. FLÜGEL an zahlreichen Stellen der Grube aufgeschlossen; ihr Liegendes bildet eine, einen halben bis einen Meter mächtige Mylonitzone.

Eine Ausnahme von dieser sonst allgemein gültigen geologischen Stellung macht nur der Bau im Rauterkogel bei Stiwill, auf den H. FLÜGEL besonders hinweist. In *Stiwill* liegt zwar ein südlicher Bau in einer silurisch/devonischen Serie aus Grünschiefer, Tonschiefer, Graphitschiefer und Kieselschiefer mit Tonflaserkalken und entspricht weitgehend den übrigen Lagerstätten. Der Hauptbau liegt aber nördlich von Stiwill im *Rauterkogel*. Hier konnte H. FLÜGEL den höher gelegenen Marienstollen noch befahren. Nach ihm ist die Vererzung hier an die Grenze von hellblauen Crinoidenkalken und sie überlagernden devonischen Dolomiten gebunden. Die Dolomite sind stark mylonitisiert, die Grenzfläche fällt 35° bis 30° nach Westen ein. Dieser Bewegungsfläche folgt ein stark verzweigtes Höhlensystem, das durch den Bergbau weiter ausgebaut wurde. Diese Verhältnisse erinnern somit räumlich an den Silberbergbau von Oberzeiring, wo ebenfalls Zerrüttungszonen, denen die Vererzung folgte, nachträglich (eiszeitlich!) zu einem Höhlensystem ausgeweitet worden sind, so daß die alten Grubenräume mit ihren riesigen Weitungsbaue, den „Zechen“, sowohl aus natürlichen Höhlenräumen, wie auch aus bergmännischen Abbaufeldern bestehen, die örtlich untrennbar ineinander übergehen.

Aus den bisherigen Darlegungen geht hervor, daß die Grazer Bleizinklagerstätten zwar scheinbar konkordant in den Schiefeln liegen, daß aber doch immer wieder Diskordanzen auftreten, so daß F. BURGSTALLER gelegentlich von Gängen spricht. Auch bergen, wie wir schon gesehen haben, die Lagerstätten recht verschiedene Gesteine. Dies spricht wohl eindeutig gegen eine etwa paläozoische synsedimentäre Erzbildung.

In meiner Übersicht über die Vererzung der Ostalpen habe ich daher diese Lagerstätten als epigenetisch angesprochen, gebildet nach der Überschiebung des Grazer Paläozoikums auf das Kristallin des Grundgebirges (Gleinalm-Mugel-Rennfeld), aber noch vor dem Einfalten der Schöckelkalkdecke. Daher habe ich sie als altpaläidisch eingestuft. Da in der Zinkblende häufig Kupferkies entmischt ist, im Bleiglanz Körperchen von Fahlerzen (meist Tetraedrit, in einigen auch Tennantit) und solche von Proustite auftreten, und weil Magnetit als „Gangart“ in und neben Zinkblende vorkommt, halte ich diese Lagerstätten für verhältnismäßig heiß gebildet. Dabei treten uns die Erze im Kleide einer erststufigen Metamorphose entgegen, wie es auch den Schiefeln als Nebengestein entspricht.

Für ähnliche Vererzungen im Raume von Völkermarkt, z. B. Meiselding, Herzelewand/Kraig glaubt W. FRITSCH 1970 erkannt zu haben, daß sie streng schichtgebunden seien. Dies würde für syngenetisch-sedimentäre Bildung der betreffenden Lagerstätten sprechen.

Beide Lagerstättengruppen, die in Mittelkärnten und die Grazer, sind nach Art der Lagerstätten und ihres Mineralinhaltes sehr nahe verwandt. Deshalb soll ernstlich überlegt werden, ob eine solche Bildung auch für unsere Grazer Lagerstätten in Frage kommen könnte. Wie wir aber vorstehend schon ersehen haben, sind die Erze hier im Grazer Bereich wohl scheinbar konkordant, doch zeigt sich immer wieder, daß sie wohl meist in den „unteren Grünschiefern“ auftreten, aber auch in graphitischen und kalkigen Schiefeln vorkommen, ja, daß sie auch

an Devonkalke, hier an Mylonitzonen, gebunden sein können, wie im Rauterkogel bei Stiwoll. Auch erkennt man bei genauem Beobachten, daß die Lagerstätten spitzwinkelig zum s angeordnet sind, ja daß sie in echte quergreifende Gänge übergehen. Weiters betont BURGSTALLER, daß die Erze nicht nur allein an den liegenden Schiefer (= Grenzphyllit) gebunden sind, sondern im Thalgraben auch in den hangenden Schiefen (= Semriacher Schiefer) auftreten.

Da man auch im Bereich der Grazer Lagerstätten oftmals zunächst den Eindruck einer schichtgebundenen Vererzung hat und erst bei genauerem Durcharbeiten der in unserem Gebiete viel ausgedehnteren Lagerstätten erkennt, daß sie nur scheinbar konkordant zum Schiefer liegen, ist man berechtigt zu zweifeln, daß die betreffenden Kärntner Lagerstätten tatsächlich streng schichtgebunden sind. So kommt für die in letzter Zeit am besten zugänglich gewesene Lagerstätte von Meiselding F. MISSAGHI 1959 nach sorgfältiger Aufnahme der ansehnlichen Grubenaufschlüsse zum Ergebnis „daß die Erzlagerzone eine tektonische Bewegungsfläche war, auf der die vererzenden Lösungen syntektonisch aufdrangen, Dolomit, Quarz und die Erze absetzten und die Bewegungsfläche dann kristallin verschweißte“, d. h. epimetamorph rekristallisierte. Er belegt diesen Schluß durch 9 in der Grube aufgenommene Lichtbilder. Im Zuge dieser Bearbeitung der Lagerstätte Meiselding habe ich sie mehrmals und sehr gründlich befahren; dies berechtigt mich zu dem oben ausgesprochenen Zweifel, obwohl ich sonst W. FRITSCH sehr schätzte und er sich an meinem Institut habilitieren wollte, dieses Vorhaben aber durch seinen tödlichen Unfall nicht beenden konnte.

Damit fällt aber einer der wichtigsten Gründe für eine Deutung dieser und ebenso unserer Grazer Bleizinkerzagerstätten als syngenetisch-sedimentär. Dazu kommt, daß die Grenzflächen von Kalkschiefern und Graphit- bzw. Grünschiefern als Bewegungsflächen kenntlich und auf viele Kilometer mehr oder minder horizontbeständig durchverfolgbar sind. So hat, wie schon vorstehend angeführt, H. FLÜGEL & V. MAURIN 1952 im Marienfeld des Arzberger Revieres eine solche Überschiebungsfläche mit begleitender Mylonitzone aufgefunden und in der Grube verfolgen können.

Da auch MISSAGHI für Meiselding erkannte, daß die dortigen „Erzlager“ syntektonisch vererzte Bewegungsflächen darstellen, wird die Ähnlichkeit der Grazer und der Mittelkärntner Bleizinkerzagerstätten besonders deutlich.

In den Berichten über diese Lagerstätten wird immer wieder betont, daß die Erze in gelbgrünen gebleichten Schiefen auftreten. Diese „Bleichung“ chloritischer Schiefer trifft man in sehr vielen ostalpinen Lagerstätten. Sie zeigt an, daß das Nebengestein durch die vererzenden Lösungen verändert worden ist und weist dadurch ebenfalls auf die epigenetische Natur der betreffenden Lagerstätten.

Auch sind bisher nie Gefügemerkmale aufgefunden worden, die zwingend auf eine sedimentäre Bildung weisen würden. Selbst wenn man zugibt, daß solche Gefüge bei der Durchbewegung, die diese Lagerstätten erlitten haben und bei der damit verbundenen erststufigen Metamorphose weitgehend zerstört worden sein könnten, zeigt die Erfahrung doch, daß selbst weitaus stärker metamorphe Lagerstätten solche Gefügeelemente wenigstens als „gepanzerte Relikte“ behalten und diese dann die betreffenden Schlüsse ziehen lassen. Von all diesen Dingen ist in unseren Lagerstätten bisher nichts bekannt geworden. Man ist daher wohl berechtigt anzunehmen, daß diese Lagerstätten nicht syngenetisch-sedimentär mit dem Nebengestein entstanden sein werden, sondern epigenetischer Natur sind.

Für Überlegungen über etwaige Zusammenhänge der verschiedenen Lagerstättentypen im Grazer Paläozoikum auf die zum Teil später noch eingegangen wird, ist die Teufenlage innerhalb des paläozoischen Schichtbereiches wichtig. Auf sie hat H. FLÜGEL 1961 hingewiesen. Darnach ist zutiefst, also an der Basis des Paläozoikums, eine katathermale Arsenvererzung vorhanden, mesothermale Blei-Zink-Eisenspat- und Magnesitvererzungen treten in einem höheren Stockwerk auf und niedrigthermale Zinnober- und Fahlerzvererzungen finden sich nur im höchsten tektonischen Bereich.

Schwieriger ist die Frage nach dem Alter der Vererzung zu beantworten. Die alten zeitlichen Einstufungen von A. TORNQUIST und W. E. PETRASCHECK sind durch die neuen Auffassungen über den Bau des Grazer Paläozoikums und seines Deckenbaues wohl weitgehend überholt. Da jüngere Gesteine, die Hinweise auf die Zeit der Vererzungsvorgänge geben könnten, fehlen, lassen sich nur aus der tektonischen Stellung dieser Lagerstätten indirekt Schlüsse auf das Alter der Vererzung ziehen. Insbesondere haben die neuen Arbeiten der Grazer Geologen, vor allem H. FLÜGELs, wichtige Hinweise dazu geliefert: Man ist einig darüber, daß diese Lagerstätten nicht etwa jungalpisch sein können, wie A. TORNQUIST einst vermutete, sondern daß sie altalpisch oder älter sein müssen. Man ist auch einig darüber, daß die Grazer Blei-Zinkerzlagerstätten nahe verwandt sind mit jenen in Mittelkärnten, wie Meiselding, Kraig usw.

Am eingehendsten hat sich in neuerer Zeit W. E. PETRASCHECK über das Alter dieser Lagerstätten geäußert. Er vermutete zunächst 1960 aus tektonischen Gründen, daß die Vererzung der Grazer Bleizinklagerstätten bereits paläozoisch erfolgt sei, denn diese Erze zeigen ein stärker verformtes Gefüge als die Erze in den Kalkalpen. Später aber, 1966, geht er näher auf sie ein und stellt deren Vererzung in die Mittelkreide und hält Palingenese als Erzsponder für möglich (Tabelle S. 65). „In die mittelkretazische Vererzungsphase lassen sich m. E. auch am besten die Bleizinklagerstätten im Grazer Paläozoikum und auch im Paläozoikum von Mittelkärnten einfügen (Pb Zn II). Für die Verknüpfung mit der Spätvererzung spricht die reichliche Ankerit-Fahlerz- und Kiesgangart der Lagerstätten des Grazer Paläozoikums sowie auch die nahe gelegenen Zinnobervorkommen bei Gratwein. Die Grazer Lagerstätten scheinen auch entsprechend ihrer tektonischen Beanspruchung altalpisch zu sein“ (S. 69).

Nach unseren heutigen Kenntnissen entsprechen diese Vorstellungen gut den vorliegenden Tatsachen. Durch ihr Gefüge und durch die leichte, etwa erststufige Metamorphose machen die Grazer Blei-Zinkerzlagerstätten den Eindruck einer alten, wenigstens altalpischen Vererzung. Den kalkalpinen Bleizinklagerstätten, und zwar sowohl den kärntnerischen (Bleiberg, Raibl, Mies) wie auch den nordtirolischen, fehlt die Durchbewegung weitgehend und die Metamorphose gänzlich, obwohl sie unter- bis mitteltriadisch, also wesentlich älter sind und daher noch stärker verformt sein müßten, als es unsere Grazer oder die Mittelkärntner Blei-Zinklagerstätten sind.

Dies scheint zunächst ein Widerspruch zu sein, doch erklärt das verschiedenartige mechanische Verhalten von Schiefen und Kalken diese Erscheinungen hinreichend: Die Schiefer werden durch mechanische Beanspruchung gleitend, ja fließend verformt, die Kalke und Dolomite bei niedrigen oder mittleren Drucken aber nicht. Die Erze der Kalkalpen finden sich in harten Gesteinen, die wohl brechend (Verwerfer u. dergl.) auf den Deckenbau ansprechen, im übrigen aber die enthaltenen Lagerstätten wie ein großes „gepanzertes Relikt“ vor Durchbe-

wegung und Verschieferung schützten. Auch ging nach den heutigen Anschauungen der kalkalpine Deckenbau in wassergesättigter Umgebung durch Schwerkraftgleiten vor sich, so daß es dabei zu keiner wesentlichen Erwärmung kommen konnte. Es unterblieb dadurch in den Kalkalpen-Lagerstätten auch jede Metamorphose. Zudem sind diese Lagerstätten, als magmafern und in Geosynklinalräumen entstanden, von Haus aus kühl gebildet. Die Grazer Lagerstätten hingegen sind wesentlich herdnäher, also heißer abgeschieden worden, wie der hohe Silbergehalt, die reichlich Entmischungströpfchen von Kupferkies führende Zinkblende, der Magnetit als Gangart usw. zeigen. Es ist daher leicht verständlich, daß diese epizonal-metamorphes Kleid tragen, jene aber nicht. Dadurch erklärt es sich zwanglos, daß die kalkalpinen Bleizinklagerstätten den Eindruck einer jugendlichen, die Grazer Lagerstätten hingegen den einer tektonisch älteren Vererzung machen, obwohl das wahre Alter höchstwahrscheinlich gerade umgekehrt liegt. Es liegt also kein echter Widerspruch vor.

XI/3 d. Weitere Erz-, nutzbare Mineral- und Gesteinsvorkommen im Paläozoikum

Zu den Blei-Zinkvererzungen im Grazer Paläozoikum sind auch die da und dort auftretenden *Barytvorkommen* zu rechnen. H. FLÜGEL und V. MAURIN 1959 führen solche von der Weizklamm („vom Schmied in der Weiz“) an. Es handelt sich teilweise um Gangvorkommen, die nach dem 2. Weltkrieg beschürft worden sind.

Im Devon des Wetterbauernsattels südlich von Mixnitz ist ein kleines Vorkommen von *quecksilberhaltigem Fahlerz* abgebaut worden. Es ist nach O. HOHL (1929) an Störungen und Zerrüttungsstreifen gebunden. Wie das von HOHL gegebene Profil zeigt, tritt die Vererzung im Devondolomit an der Grenze gegen Kalkschiefer auf, wobei diese Grenze als tektonische Bewegungsfläche ausgebildet ist. Darnach ist die Bildung dieser Lagerstätte jünger als die betreffende Aufschichtung bzw. als die Deckentektonik.

Auch von Hochleiten bei Mixnitz, vom Hausberg bei Gratkorn und von Burgstall im Schöckelgebiet sind kleine Fahlerzvorkommen bekannt. Sie sind wohl als Ausläufer der Fahlerzvererzung der Grauwackenzone, z. B. Polster, zu betrachten.

Am Dalakberg, auch Dallakkogel genannt, liegt westlich von Gratwein in Devonkalken ein kleines *Zinnobervorkommen*. Nach älteren Versuchen wurde es zu Beginn des 2. Weltkrieges von fachfremden Schürfern offensichtlich zu Spekulationszwecken und daher sehr unsachgemäß untersucht. E. KRAJICEK 1954 berichtete über das Vorkommen.

Das devonische Schichtpaket aus Kalken, Dolomiten, Kalkschiefern, Flaserkalken und Dolomitsandstein ist tektonisch sehr stark zerteilt und zerrüttet, so daß man örtlich von einer tektonischen Breccie sprechen kann. Die Störungen sind durch ein Quarz-Ankeritgäeder verheilt. Darin tritt etwas Zinnober auf. Es waren 1939 vier zinnoberführende Stellen aufgeschlossen. Diese sind nicht an ein bestimmtes Schichtglied gebunden, wengleich ein blaugrauer, örtlich fast schwarzer Dolomit bevorzugt vererzt erscheint. Daraus ergibt sich eindeutig, daß eine Durchtränkung des Gesteins (Imprägnation) an Zerrüttungszonen vorliegt, nicht etwa eine schichtparallele Vererzung. Auch das mikroskopische Gefüge des Erzes zeigt die starke mechanische Durcharbeitung der Erzzone, die syntektonische Bildung dieser Lagerstätte.

An Mineralien treten auf: Zinnober, Quarz, mehrfach in feinen Kriställchen, etwas Fahlerz, Spuren von Kupferkies und Pyrit. Ankerit und Kalkspat bilden neben dem Quarz die Gangarten.

Das Vorkommen liegt nur ganz wenig (bis zu 10 m) unter dem bedeckenden Tertiär. Daher sind alle offenen Risse und Krake mit Lehm gefüllt. Auch sind die damals geschaffenen Aufschlüsse, ein Schacht und ein recht langer gewaltiger Zubauastollen, wegen der Tertiärüberdeckung sehr bald wieder verfallen.

Aus der Umgebung sind weitere Zinnobervorkommen bekannt, so vom Hausberg bei Gratkorn (mit Fahlerz), Kalvarienberg bei Gratkorn (Steinbruch), vom Kuchlberg, beim Pachernegg in Gratwein und ein Fund von W. TEPPNER vom Plabutsch bei Graz, ferner ist Zinnober von der Schneiderhöhle und dem Zigeunerloch bei Gratwein bekannt. Auch am Marxenkogel—Rannach findet sich Zinnober mit oxydischen Kupfererzen (Verwitterungsbereich!). Bemerkenswert ist ferner, daß Zinnober in feinen Äderchen im Magnetitvorkommen von Neustift ober Andritz gar nicht selten ist.

In den Eisenspatlagerstätten der Obersteiermark tritt immer wieder etwas Zinnober auf, so am Steirischen Erzberg und in der Krumpen. Das Fahlerz vom Polster (Präbichl) enthält nicht unbedeutende Mengen von Quecksilber, ist als Schwazit anzusprechen, ebenso jenes vom Wetterbauernsattel. Dort tritt sekundär, also durch Verwitterung gebildeter Zinnober auf. Die Zinnobervorkommen nördlich von Graz sind daher als Ausläufer der obersteirischen Eisenspatvererzung anzusehen. Lediglich die geringen Zinnobermengen im Eisenerzvorkommen von Neustift ober Andritz könnten im Sinne von HÖLL/LAHUSEN als altzeitlich sedimentär gedeutet werden, zumal dieses Eisenerzvorkommen in Grünschiefer steckt.

Nördlich des Straßeggs tritt ein zwar schlecht aufgeschlossenes aber doch wegen seines Mineralinhaltes interessantes Vorkommen von *Arsenkies* auf. Das ursprünglich von F. CZERMAK und J. SCHADLER 1933 beschriebene Vorkommen zeigte in den Anschliffen (O. M. FRIEDRICH 1936, 1959) viel Gangquarz mit zerdrücktem Arsenkies, Eisenkies, Bleiglanz, Fahlerz, Kupferkies, Magnetkies, Bournonit und Jamesonit und myrmekitische Verwachsungen dieser. Ferner Zinkblende mit Magnetkiestropfchen. An Gangarten ist weiters recht viel Chlorit und Kalkspat als jüngste Bildung vorhanden. Damit ähnelt das Vorkommen den Tauerngoldgängen oder jenem vom Samer, Kotgraben im Stubalengebiet. Wie die Wanderkarte zeigt, tritt dieses Vorkommen nahe der Grenze zwischen dem Altkristallin der oberen Oststeiermark (Rennfeld—Pretul) und dem Paläozoikum auf, seine Lage ist daher tektonisch bedingt.

Schließlich sind als paläozoische Lagerstätten noch Vorkommen von *Graphit* zu erwähnen. Von den großen, dem Karbon angehörenden Graphitlagerstätten von Kaisersberg—Leimsgraben—Liesingtal sind kleine Ausläufer in der Nordecke der Wanderkarte eingetragen. Kleinere Vorkommen wurden auch bei Niklasdorf und gegen Bruck hin beschürft. Ein 3 m mächtiges Graphitlager guter Qualität wurde beim Pöllerbauer westlich von Gasen bebaut. Weitere Graphitvorkommen sind aus der Raabklamm und von der Breitenau bekannt.

In der Drachenhöhle bei Mixnitz waren Tierknochen, vor allem des Höhlenbären, so sehr angereichert, daß eine richtige *Phosphatlagerstätte* zustande kam. Nach dem 1. Weltkrieg baute man hier einige zehntausend Tonnen Phosphat ab. Auch wurden viele vollständige Höhlenbärenskelette geborgen und an Museen und Sammlungen abgegeben. Wenn diese Lagerstättenbildung auch dem Plei-

stozän angehört, sei das Vorkommen doch hier angeführt, da es sich im Devonkalk findet.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die paläozoischen Kalke vielfach in großen *Steinbrüchen* abgebaut werden. Um nur einige der größeren zu nennen, sei auf jene bei Peggau, auf Krenhof bei Köflach hingewiesen; in der Umgebung von Graz, so bei Andritz, Weinitzen, Plabutsch und an zahlreichen anderen Orten gab es und gibt es noch Steinbrüche, die einstens auch Werksteine lieferten, wie diejenigen vom Fuße des Plabutsch teils in Dolomit-Sandstein, teils im Korallenkalk des Devon, der einstens viel verwendet wurde.

Wir sehen somit, daß der in der Wanderkarte dargestellte Raum unserer Heimat viele nutzbare Mineral- und Gesteinsvorkommen und -Lagerstätten birgt. Einstens waren die Erzlagerstätten wichtig, ihre Bedeutung wurde später von den Braunkohlengruben übertroffen. Heute sind Spatmagnetit und vor allem die Kalksteine und die Sand- und Schottergruben wirtschaftlich wichtig, daneben auch die Ziegeltonne. Dieser Wandel ist nicht nur auf unser Gebiet beschränkt, sondern erstreckt sich auf weite Gebiete unserer Erde, denn die heutigen Großmaschinen gestatten es, arme Lagerstätten abzubauen, wenn sie nur entsprechend groß und einfach gebaut sind; die besseren Verkehrsverhältnisse ermöglichen es, Erze und Hilfsstoffe aus den entlegensten Gebieten an die Stätten der Verarbeitung und des Verbrauches zu bringen. Da können unsere meist kleinen europäischen Vorkommen nicht mehr mit, zumal bei uns die Kosten für Löhne und Soziallasten, aber auch der Steuerdruck und andere gesetzliche Maßnahmen jeden Betrieb der Urproduktion äußerst erschweren.

XI/4. Lagerstätten im Tertiär und Quartär

Das Tertiärgebiet des Kartenbereiches enthält als wichtigste nutzbare Lagerstätten zahlreiche Kohlenvorkommen. Diese, insbesondere jene der Oststeiermark, werden von H. FLÜGEL & V. MAURIN 1959 eingehend besprochen. Sie berichten über die Alterseinstufungen der einzelnen Kohlen und über die noch auf den Halden zu findenden Fossilreste, gehen aber (S. 20) auch auf die Kohlenbildungen allgemein ein, worauf verwiesen sei.

In den Vorlandsenken, die beim Alpenbau entstanden sind, aber auch in den inneralpinen Einbruchsbecken (z. B. Fohnsdorf, Leoben) bildeten sich in der Tertiärzeit unsere *Kohlenlagerstätten*, wie jene von Voitsberg-Köflach, Wies-Eibiswald und viele andere. Von diesen ist das Revier von Lankowitz—Köflach—Voitsberg wirtschaftlich das wichtigste, und wird heute noch bebaut. Das Revier Tollinggraben—Seegraben (Leoben) ist ausgekohlt, daher eingestellt. Seine Kohle war als Schwarzkohle (Glanzkohle) mit hohem Heizwert sehr beliebt.

Viele kleine Vorkommen wurden nach den beiden Weltkriegen meist nur kurzfristig untersucht oder bebaut, doch sind sie meist längst eingegangen. Da die noch wenig verfestigten Schichten, die diese Kohlevorkommen bergen, sehr schnell verwittern, verfallen die Baue sehr rasch und geben kaum noch Einblicke in die betreffenden Vorkommen und deren Fossilinhalt.

Aus der großen Zahl dieser einst bebauten oder wenigstens beschürften Kohlevorkommen, die in der Wanderkarte eingetragen sind, seien nur einige genannt:

West- und Mittelsteiermark: Außer Köflach—Voitsberg noch Bartholomä, St. Oswald, Geisttal, Rein/Gratwein, Wenisbuch nördlich der Platte.

Oststeiermark: Ebersdorf, Kleinsemmering, zahlreiche Vorkommen in der

Umgebung von Weiz, z. B. Oberdorf, Radmannsdorf, Busental. Ferner Tullwitz/Passail, Birkfeld—Ratten.

Obersteiermark: Außer Umgebung von Leoben jene bei Bruck, doch liegt Parschlug bereits außer dem Kartenblatt; Prettau.

Wirtschaftlich wichtige Lagerstätten im Tertiärgebiet bilden auch die für die Keramik wichtigen *Tonvorkommen*. Solche sind besonders in der Umgebung von Graz vorhanden (Premstätten, Lannach, St. Peter), doch gehören manche von diesen noch jüngeren Bildungen an und sind Hang- bzw. Lößlehme des Pleistozäns. Die wichtigsten Lagerstätten dieser Art sind aus der Karte zu entnehmen, in die sie mit einem eigenen Zeichen eingetragen sind. Es würde zu weit führen, sie im einzelnen zu nennen (vgl. S. 197).

Ebenso sind die für die Zementerzeugung wichtigen *Leitbalkalke* hier anzuführen, doch liegen die großen Vorkommen, beispielsweise jene von Weißenegg bei Wildon, schon südlich außerhalb der Karte.

Als *Farberde*, als Farbträger für Malerfarben wurden geeignete Tone vom Steinberg-Feliferhof westlich und von Lustbühel östlich von Graz abgebaut, Roterden aus dem Naasgraben bei Weiz.

Groß ist die Zahl der *Sand- und Schottergruben* im Tertiärgebiet. Auch von diesen sind die großen Vorkommen in der Karte eingetragen. Viele Schotter- und Sandgruben lieferte auch die diluviale Hochterrasse der Mur, z. B. von Mautstatt, Andritz, Münzgraben usw. Diese Schotter werden insbesondere als Baustoff für Beton und neuerdings für Straßenbau in und um Graz ungemein viel verwendet, so für den nunmehr in der Steiermark anlaufenden Autobahnbau (vgl. S. 196).

XI/5. Schrifttum

563. BAUER, J., Die Blei- und Silberbergbaue der Reviere Arzberg, Burgstall und Kaltenberg bei Passail in der Oststeiermark. — Montanztg. 7, 261, Graz 1899 (1899 a).
564. —, Zinkblendevorkommen in Haufenreith unweit Passail. — Montanztg., 7, 373, Graz 1899 (1899 b).
565. CLAR, E., Über die sedimentären Eisen- und Manganerze in der Breitenau und bei Mixnitz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 66, 150—154, Graz 1929 (1929 c).
566. —, Über die Magnetesteinlagerstätte am Plankogel bei Birkfeld. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 66, 155—158, Graz 1929 (1929 d).
567. —, Die Gefügeregelung eines Bändermagnesits (aus der Breitenau bei Mixnitz, Steiermark). — Jahrb. geol. Bundesanst., 81, 387—401, Wien 1931 (1931 b).
568. —, Über Parallel-, Schräg- und Kreuzbänderung in Spatlagerstätten. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt. (3), 4, 55—64, Wien 1954.
569. CZERMAK, F. & SCHADLER, J., Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen. — Mineral. Petrogr. Mitt., 44, 1—67, Leipzig 1933.
570. FLÜGEL, E., Steirischer Bergbau vor 200 Jahren. — Blätter f. Heimatkd., 31, 115—122, Graz 1957 (1957 b).
571. —, Eisenerzbergbau am Plankogel. — Weiz, Geschichte u. Landsch., 5, 67—71, Weiz 1958 (1958 d).
572. FLÜGEL, H., Das flächige und lineare Gefüge der Breitenauer Magnesitlagerstätten. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 96, 205—209, Wien 1951 (1951 c).
573. —, Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums. I. Die Baue um den Trötschstock. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 97, 61—67, Wien 1952 (1952 e).
574. —, III. Die Baue zwischen Groß-Stübing und Rabenstein. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 98, 61—68, Wien 1953 (1953 e).
575. FLÜGEL, H. & E., IV. Besitzverhältnisse, Zusammenfassung und Schluß. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 98, 211—218, Wien 1953.
576. FLÜGEL, H. & MAURIN, V., II. Die Baue um Arzberg. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 97, 227—234, Wien 1952.

577. FRIEDRICH, O. M., Die Roteisenlagerstätte im Heuberggraben bei Mixnitz. — Verh. geol. Bundesanst., 203—208, Wien 1930.
578. —, Beiträge zur Kenntnis steirischer Erzvorkommen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 10—18, Graz 1936.
579. —, Zur Genese ostalpiner Spat- und Talklagerstätten. — Radex-Rdsch., 281—298, Radenthein 1951.
580. —, Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rdsch., 371—407, Radenthein 1953.
581. —, Erzminerale der Steiermark. — 58 S., Graz 1959.
582. FREYN, R., Über einige neue Mineralfunde und Fundorte in Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 38, 177—185, Graz 1902.
583. HARTINGG, P., Das obere Feistritzthal der Gerichtsbezirke Weiz und Birkfeld samt dem angrenzenden Bezirk Vorau des Grazer Kreises in bergmännisch-technologischer Beziehung. — Österr. Ztschr. Berg- u. Hüttenw. 1886.
584. HAAS, H., Die Begleitelemente in rhombischen Karbonaten. — Radex-Rdsch., 459—467, Radenthein 1953.
585. HAUER, K., Neues Vorkommen von Magnesit (Breitenau im Murtal). — Verh. geol. Reichsanst., 55—57, Wien 1867.
586. HAUER, K. & FOETTERLE, F., Geologische Übersicht der Bergbaue der österreichischen Monarchie. — Wien 1855.
587. HEGEMANN, F., Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen. 1. Teil: Magnetit- und Hämatitlagerstätten. — Ztschr. Erzbergb. u. Metallhüttenw., 11, 209—217, Stuttgart 1958 (1958 a).
588. —, Geochemische Untersuchungen über die Bildungsweise einiger ostalpiner Erzlagerstätten. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., (3), 6, 432—438, Wien 1958 (1958 b).
589. HIESSLEITNER, G., Der magmatische Schichtbau des Kraubather chromerzführenden Peridotitmassivs. — Fortschr. Mineral., 32, 75—78, Berlin 1953.
590. HOERNES, R., Ein alter Eisensteinbergbau bei Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 138—140, Wien 1882.
591. HOHL, O., Die junge Fahlzerlagerstätte im Wetterbauergraben bei Mixnitz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 10—18, Graz 1936.
592. KORITNIG, S., Neue Mineralfunde aus den deutschen Ostalpen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 75, 60—66, Graz, 1938.
593. KRAJICEK, E., Der Quecksilberschurfbau Dallakkogel bei Gratwein. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 15—22, Graz 1954.
594. MEIXNER, H., Kraubather Lagerstättenstudien V. Die Nickelmineralisation im Kraubather Serpentinegebiet. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 104, 83—87, Wien 1959.
595. MILLER-HAUENFELS, A., Die Steiermärkischen Bergbaue als Grundlage des provinziellen Wohlstandes. — Wien 1859.
596. MÜLLER, R. M., Versuche zur Verwertung serpentinischer Gesteine für die Nickelgewinnung I. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 95, 76—79, Wien 1950.
597. REDLICH, K. A., Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. — 165 S., Wien 1931.
- 597a. ROCKENBAUER, W., Zur Geochemie des Selen in ostalpinen Erzen. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 3. F., 7, 149—185, Wien 1961.
598. RUMPF, J., Über steirische Magnesite. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 13, 91—96, Graz 1876.
599. SEEWANN, L., Die Blei- und Zinkerzlagerstätte von Haufenreith-Arzberg in der Oststeiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 64/65, 236—253, Graz 1929.
600. SETZ, W., Die Erzlagerstätten der Gegend von Deutschfeistritz, Peggau, Frohnleiten, Übelbach und Thalgraben. — Ztschr. prakt. Geol. 1902.
- 600a. SCHROLL, E. & AZER IBRAHIM, N., Beitrag zur Kenntnis ostalpiner Fahlzerze III. — Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 3. F., 7, 70—105, Wien 1961.
601. SCHWARZ, F., Das Eisensteinvorkommen vom Landschakogel bei Weiz. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 78, 104—105, Wien 1930.
602. STEINHAUS, J., Die Blei- und Zinkbergbaue des Werkskomplexes „Ludwigshütte“ zu Deutschfeistritz in Steiermark. — Ztschr. Berg- und Hüttenm. Ver. Stmk., 1879.
603. TORNQVIST, A., Die Blei-Zinklagerstätte von Rabenstein bei Frohnleiten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 63, 3—25, Graz 1927.

604. — , Das System der Blei-Zink-Pyritvererzung im Grazer Gebirge. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 137, 383—399, Wien 1928 (1928 a).
605. — , Die geologischen Probleme der Blei-Zink-Vererzung der Ostalpen. — Verh. geol. Bundesanst., 234—240, Wien 1928 (1928 b).
606. — , Liquidmagmatische Diabas-Magnetit-Lagerstätten und ihre Begleiter in den Ostalpen. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 66, 164—185, Graz 1929.
607. — , Der Arsengehalt in ostalpinen apomagmatischen Blenden und Bleiglanzen. — Verh. geol. Bundesanst., 197—202, Wien 1930.
608. — , Die Vererzungsphasen der jungen ostalpinen Erzlagerstätten. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 140, 219—229, Wien 1931 (1931 a).
609. — , Neue Untersuchungen ostalpiner Erzlagerstätten. — Metall und Erz, 29, 431—434, 1932.
610. TROJER, F., Zur Kenntnis des Kraubather Chromits. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., Sonderband 1956, 170—173, Graz 1956.
611. VOHRZYKA, K., Zur Genese des dichten Magnesits von Kraubath. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 105, 12—16, Wien 1960.
612. WOLLAK, O., Geologie der Bleizinkerzlagerstätten im Paläozoikum von Graz. — Berg- u. Hüttenm. Jb., 78, 133—150, Wien 1930.
613. ZSCHUCKE, W., Die Magnesitlagerstätten von Breitenau bei Mixnitz. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 101, 1—12, Wien 1956.
- Ferner: 6, 25, 53, 145, 148, 294, 551, 558, 560, 561, 659 a, 660, 713, 802.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

1042. BURGSTALLER, F., Untersuchungen der Grazer Blei-Zinklagerstätten westlich der Mur. — Unver. Diss. Mont. Hochschule Leoben, 127 S., Leoben 1968.
1043. EISBACHER, G., Sedimentpetrographische Untersuchungen am alpinen Buntsandstein im Raume Innsbruck—Saalfelden. — Unver. Diss. Univ. Innsbruck, 1963.
- 1043a. FLÜGEL, H. W., Die Blei-Zink-Lagerstätten von Haufenreith-Arzberg. — Weiz, Geschichte u. Landschaft, 6 A, 1—6, Weiz 1974.
1044. FRIEDRICH, O. M., Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. — Arch. Lagerstättenf., 8, 136 S., Leoben 1968 (1968 a).
1045. — , Die Lagerstätten der Steiermark. — Katalog: Der Bergmann, der Hüttenmann, 37—40, Graz 1968 (1968 b).
1046. FRITSCH, W., Eine Prospektion auf Magnetit-Hämatit-Lagerstätten am Sonntags- und Kraigerberg, St. Veit a. d. Glan in Kärnten. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaust., 19, 295—314, Wien 1970.
- 1046a. MILLER, A., v. Hauenfels, Der Bergbau des Landes. — In: F. X. Hlubek, Ein treues Bild des Herzogthumes Steiermark, 227—303, Graz 1860.
1047. MISSAGHI, F., Die Silber- und Bleierzlagerstätte von Meiselding in Kärnten. — Unver. Diss. Mont. Hochschule Leoben, 46 S., Leoben 1959.
1048. MODRIJAN, W., Die Erforschung des vor- und frühgeschichtlichen Berg- und Hüttenwesens und die Steiermark. — Katalog: Der Bergmann, der Hüttenmann, 41—87, Graz 1968.
- 1048a. MUCHAR, Geschichte des Herzogtums Steiermark. — Graz 1844.
1049. PETRASCHECK, W. E., Die alpin-mediterrane Blei-Zinkprovinz. — Erzmetall, 13, 199—204, 1960.
1050. — , Die zeitliche Gliederung der ostalpinen Metallogenese. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., 1, 175, 57—64, 2 Abb., Wien 1966.
- 1050a. ZOLLIKOFER, v. Th., Geognostische Verhältnisse des Landes. — In: F. X. Hlubek, Ein treues Bild des Herzogthumes Steiermark, 8—33, Graz 1860.

XII. Hydrogeologie und Verkarstung

(V. MAURIN, Universität Karlsruhe)

Die „Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes“ umfaßt neben dem eigentlichen Grazer Paläozoikum noch wesentliche Teile seiner kristallinen Umrahmung, im Bereich Bruck — Leoben Schichtglieder der nördlichen Grauwackenzone sowie nördlich von Köflach die Ablagerungen der Kainacher Gosau. Fast ein Drittel des Kartenblattes wird von Lockersedimenten (Tone, Sande, Kiese und Schotter) des Neogens und des Quartärs eingenommen.

Da sich die stratigraphisch-tektonischen Komplexe z. T. auch lithologisch unterscheiden, bilden sie vielfach auch hydrogeologische Einheiten. Dort allerdings, wo ähnliche Gesteine verschiedener Herkunft aneinanderstoßen, greifen die hydrogeologischen Grenzen darüber hinweg.

Art und Ausmaß der unterirdischen Wasserzirkulation sind weitgehend vom petrologischen und geologischen Aufbau des Untergrundes abhängig. Alle Gesteine können in ihren Poren und Fugen Wasser aufnehmen. Für eine praktische Nutzung ist dieser Umstand aber nur dann von Bedeutung, wenn diese Gesteine zugleich ein entsprechend großes Leitvermögen aufweisen, d. h. daß sich das in ihnen befindliche Wasser unter dem Einfluß der Schwerkraft frei bewegen kann. Am offensichtlichsten sind diese Zusammenhänge bei den Lockergesteinen. Nur bei sehr reinen Kiesen und Sanden entspricht die Porosität (das Gesamtporenvolumen) annähernd dem nutzbaren Hohlraumgehalt. Bei einem primären Schluff- und Tonanteil oder einer durch die Verwitterung eintretenden „Verlehmung“ sinkt die Durchlässigkeit (Permeabilität) derartiger Gesteine stark ab. Sehr tonhaltige Lockersedimente und besonders Tone fungieren daher, trotz ihres hohen Hohlraumgehaltes, der in Extremfällen über 50 Volumsprozente erreichen kann, als Wasserstauer.

Bei den Festgesteinen spielt die sogenannte Trennfugendurchlässigkeit die wesentlichste Rolle. Sie ist durch die Wasserwegigkeit des Gebirges aufgrund seiner Zerlegung durch mechanisch oder chemisch verursachte Trennfugen, wie Spalten, Klüfte, Schicht- und Schieferungsfugen sowie Lösungshohlräume gegeben. Gesteinsdurchlässigkeit, die durch Porenräume in nicht von Trennfugen zerlegten Gesteinskörpern bedingt ist, tritt im Grazer Bergland nur im Bereich paläozoischer und mesozoischer Sandsteine und Konglomerate untergeordnet in Erscheinung. Für die Versickerungsmöglichkeit und die unterirdische Wasserzirkulation ist bei den Festgesteinen unseres Gebietes der Grad ihrer Zerbrechung durch tektonische Beanspruchung maßgebend, für die weitere Entwicklung vielfach die Resistenz der einzelnen Gesteinskomponenten gegenüber den Atmosphärien und der Art ihrer Verwitterungsprodukte. Wenn bei der Verwitterung in großem Maße Tonmineralien anfallen, kommt es meist sehr bald zu einer Abdichtung der oberflächennahen Partien, so daß der Anteil des oberirdischen Abflusses zunimmt (z. B. bei Tonsteinen, Mergeln sowie den meisten kristallinen Schiefen, z. T. auch bei den Eruptiva). Bei sehr widerstandsfähigen Gesteinen, wie Quarziten, Quarzsandsteinen ohne toniges Bindemittel und dergleichen, bleiben die Wasserwege hingegen offen.

Eine Sonderstellung nehmen die Karbonatgesteine ein. Hier werden dank ihrer großen Löslichkeit gegenüber kohlensäurehaltigem Wasser die Gesteinsfugen immer mehr erweitert und es entwickelt sich im Laufe der Zeit ein dreidimensionales, oft kompliziert ineinander verflochtenes Schlauch- und Röhren-

system, das bis zu einem gewissen Grad mit einem oberirdischen Entwässerungsnetz vergleichbar ist. Diesen Vorgang nennen wir Verkarstung. Da nun aber die Entstehung des sogenannten „Mittelsteirischen Karstes“ untrennbar mit der morphologischen und hydrographischen Entwicklung des Grazer Berglandes verknüpft ist, sollen hier auch die übrigen Karsterscheinungen und, soweit erforderlich und im Abschnitt VI noch nicht dargestellt, auch der morphologische Werdegang des Gebietes behandelt werden.

XII/1. Die Verkarstung des Gebietes in Abhängigkeit von der morphologischen Entwicklung und die Karstentwässerung

Die morphologische Entwicklung des Grazer Berglandes hat A. WINKLER-HERMADEN (1957) in seiner umfassenden Arbeit „Geologisches Kräftespiel und Landformung“ dargestellt. Darin vertritt er die Ansicht, daß, abgesehen von einigen verschütteten und teilweise wieder aufgedeckten älteren Formenelementen, die frühesten noch erkennbaren Oberflächenreste nicht weiter als in das jüngere Miozän zurückreichen.

Die Grazer Bucht und das dahinterliegende Bergland werden an vielen Stellen durch eine auffällige Stufung der Landschaft charakterisiert. Dies ist ein Ausdruck der ausklingenden jungalpidischen Orogenese und des von ihr gesteuerten Denudationsverlaufs. Einzelnen Faltungsphasen folgten isostatische Ausgleichsbewegungen, durch die das Bergland in ein Schollenmosaik zerlegt wurde. Dabei führten Hebungs- und Zerrungsvorgänge einerseits zu Schollenverstellungen und andererseits zu weiträumigen Verbiegungen. In den dazwischenliegenden, relativ ruhigen Perioden kam es, durch das Klima begünstigt, zur Herausbildung ausgedehnter Verebnungen, die über die verschiedenen lithologischen und tektonischen Einheiten hinweggreifen. Im Rahmen derartiger tektonisch-morphologischer Teilzyklen traten z. T. auch Rücksenkungen ein, die aber insgesamt geringer waren als die Höherschaltung. Dies führte vielfach zu einer Verschüttung bereits ausgeschürfter Rinnen und Wann. Die weiträumigen Schollenverbiegungen hatten, vor allem im Steirischen Becken, Talverlegungen, die sich bis in das Quartär auswirkten, zur Folge.

Flächenreste des Helvets und Torton (siehe hierzu Tab. 25) sind im Steirischen Becken heute großteils in beträchtliche Tiefen versenkt. Am Gebirgsrand, so in den Teilbuchten von Köflach — Voitsberg, Stiwill, Rein — Gratwein, Naas bei Weiz oder im Feistritztal, sind sie z. T. wieder exhumiert, treten in der heutigen Morphologie aber nur untergeordnet in Erscheinung. Das gleiche gilt auch für das inneralpine Tertiärbecken von Passail. Auf karbonatischem Untergrund fand während des Helvet-Torton eine intensive Verkarstung statt. Die Reliefunterschiede müssen bedeutend gewesen sein.

Im eigentlichen Bergland streichen die früh- und intramiozänen Landoberflächen heute hoch in der Luft aus. Die ältesten noch erhaltenen Flächensysteme sind nur mehr in bescheidenen Resten in den Kammgebieten der Stub- und Gleinalpe, in den Fischbacher Alpen sowie im Hochlantschstock und auf der Hochfläche des Schöckels feststellbar. Sie werden von A. WINKLER-HERMADEN (1957) in das Sarmat gestellt und von ihm als Kor-Niveau bezeichnet.

Während des Pannons kam es zur Ausbildung des Wolscheneck-, des Glashüttener- und des Trahüttener-Systems (siehe Tab. 35). Wichtig ist, daß sich

im Bereich des Trahüttner-Niveaus erstmals ausgedehntere und auffällig an ein Niveau gebundene Karstsysteme feststellen lassen (G. GÖTZINGER, 1931). Neben dem zwischen 950 und 980 m Sh. liegenden Riesentunnel der Drachenhöhle bei Mixnitz finden sich im gesamten Hochlantschgebiet noch eine ganze Anzahl weiterer Höhlen in dieser Höhenlage. Verkarstungserscheinungen sind zwar auch auf höheren, älteren Fluren erkennbar, so z. B. auf der Hochfläche des Schöckels (H. BOCK, 1910 b, J. GANGL, 1937 a), der Roten Wand usw., aber nirgends sind in höheren Abschnitten Horizontalhöhlen so augenfällig mit einem Niveau verknüpft wie im Bereich der oberpannonischen-frühastischen¹⁾ Flurensysteme.

Im oberen Astium erfolgte in einer Zeit langdauernder tektonischer Stabilität eine flächenhafte Tieferlegung der Landoberfläche. Es kam zur Ausbildung des Hochstradener-Niveaus, das infolge einer kurzen Zwischenhebung an der Wende Astium/Piacenzium eine Zweiteilung aufweist. Dieses Flurensystem kappt am Beckenrand nicht nur die pannonischen Schotter, sondern setzt sich in das Bergland als das morphologisch am stärksten hervortretende Element des ganzen Gebietes fort. Im Westen beherrschen diese spätastischen-frühpiacenzischen Fluren des Hochstradener-Niveaus im Köflacher Becken die Höhen um 750 m und greifen unabhängig von der Gesteinsunterlage über Kristallin, Paläozoikum, Kreide und jungtertiäre Schotter hinweg. In der unmittelbaren Umgebung von Graz gehört der Kamm des Plabutsch—Buchkogel-Zuges diesem System an. Hier haben die Verebnungsflächen nachträglich noch eine Kippung gegen Süden erfahren. Seine Fortsetzung findet dieses Niveau in der schönen Flur auf dem Plateau des Wildoner Buchkogels, die dort den mittelmiozänen Leithakalk überzieht.

Nördlich von Graz finden sich ausgedehnte Verebnungsleisten an den Südhängen des Schöckels (Kalkleitenmöstl) und der Hohen Rannach um 700 m Sh. Diese lassen sich über die Leber-Furche in das Semriacher Becken und auf die westlich davon anschließende Hochfläche der Tanneben verfolgen. Am Südrand des Weizer Berglandes zeigen sich analoge Verebnungen im Gebiet der Raabklamm, am Stroß, am Landscha und am Raasberg in 630 bis 700 m Sh. Auch sie lassen sich einwandfrei mit Flächen im Bergland und im Passailer Becken verbinden. Charakteristisch für die Fluren des Hochstradener-Niveaus ist eine starke Überstreuung mit Geröllen sowie Roterde- und z. T. Bohnerzbildung und auf karbonatischem Untergrund nicht zuletzt eine auffällige Häufung von Dolinen. Bezeichnend ist, daß sich diese Konzentration von Dolinen und Karstschächten sowohl auf den paläozoischen Kalken des Grazer Berglandes als auch auf gleichaltrigen Flächen auf dem miozänen Leithakalk bei Wildon einstellt. Weiters werden noch die pannonischen Verebnungssysteme (Trahüttener- und Wolscheneck-Niveau) von der Oberflächenverkarstung bevorzugt. Zahlreiche Kleinformen (Dolinen, Karren usw.) finden sich auch auf kleineren Ebenheiten verschiedenen Alters, vor allem aber auf den Gipfel- und Sattelflächen.

F. VORMAIR (1938, 1942) hat sich mit den Oberflächenerscheinungen des Mittelsteirischen Karstes eingehend beschäftigt und hat festgestellt, daß von den größeren Dolinen (über 10 m Durchmesser) mehr als 57 Prozent auf Vereb-

¹⁾ Statt der von WINKLER-HERMADEN für das obere Pliozän verwendeten Stufengliederung in Daz und Levantin werden hier die Bezeichnungen Astium (Daz) und Piacenzium (Levantin) verwendet.

nungsflächen zwischen 660 und 780 m Sh. liegen. An zweiter Stelle scheint in seiner Aufstellung der Bereich zwischen 950 und 1150 m Sh. mit 12 Prozent aller Großformen auf. Hinsichtlich der kleineren Formen zeigen die Höhen über 1000 m insofern eine stärkere Besetzung, als diese in tieferen Lagen meist nur sporadisch auftreten, in Höhen ab 1000 m jedoch zahlreich und flächenhaft verbreitet sind.

Wenn die Häufung von nahezu 60 Prozent aller durch VORMAIR festgestellten Großformen (er hat insgesamt 296 gezählt) auf dem Hochstradener-Niveau auch z. T. auf das dominierende Auftreten dieses Verebnungssystems im Grazer Bergland zurückzuführen ist, so ist die besonders intensive Verkarstung dieser alten Landoberfläche dennoch unverkennbar. Auch zahlreiche Höhlen sind an diese Höhenlage gebunden.

Das besonders häufige Auftreten von Karstphänomenen im Bereich des Hochstradener-Niveaus kann aber nicht allein durch das „orographische Alter des Karstes“ (H. BOCK, 1913 c) erklärt werden, da dann die Verkarstung — zumindest soweit nur die Oberflächenformen berücksichtigt werden — mit der Seehöhe zunehmen müßte. Wir müssen also Faktoren in Betracht ziehen, die während der aktiven Periode dieser alten Landoberfläche besonders karstkorrosiv wirksam waren. Weiters muß sich dieser Verkarstungsprozeß in erster Linie auf die breiten, ausgereiften Talungen und Fußflächen der damaligen „Flachkuppenlandschaft“ konzentriert haben und diese sind uns im Bereich des Grazer Berglandes als Verebnungsflächen erhalten geblieben. Daß sich ein wesentlicher Teil der unterirdischen Verkarstung gleichzeitig mit der Talentwicklung und unmittelbar unterhalb des Talbodens — also im Bereich des Talgrundwassers, bzw. im Inneren der das Tal flankierenden Hänge — abspielen kann, konnte für die Murenge bei Badl und für das Köflacher Becken bereits beschrieben werden (V. MAURIN, 1951, 1956 a, 1960 a, b). Die Ausbildung der heutigen Dolinenlandschaften auf den oft mit mehreren Metern mächtigen fluviatilen Sedimenten bedeckten pliozänen Niveaus ist meist eine sekundäre Entwicklung, hervorgerufen durch das Nachsacken der Talfüllung und durch Abtransport der klastischen Ablagerungen in tieferliegende Karsthohlräume (V. MAURIN, 1958). Für die besonders intensive Verkarstung dieser Verebnungsflächen muß also neben der für den Ablauf dieses Prozesses notwendigen Zeit noch ein weiterer Faktor maßgebend gewesen sein. Als solcher kommen aber nur mehr klimatische Einflüsse in Frage.

Bezeichnend ist, daß sich bei der Betrachtung der zahlreichen Horizontalhöhlen des Grazer Berglandes eine deutliche Niveaugebundenheit erkennen läßt. Auch für andere Gebiete der Ostalpen ist die Abhängigkeit der unterirdischen Karstentwässerung und damit der Höhlenbildung von dem jeweils als Vorflut wirksamen Erosionsniveau nachgewiesen (W. KRIEG, 1954, J. ZÖTL, 1958, O. SCHAUBERGER, 1959, B. TOUSSAINT, 1971).

Bis zur Ausbildung des nächsten bedeutenden Verebnungssystems im oberen Piacenzium kam es zu den letzten wesentlichen Verlegungen des Gewässernetzes im Grazer Bergland. Die wieder in zwei Teilstufen zu gliedernden Fluren gehören dem älteren Stadelberg- und dem präglazialen Zahrerberg-Niveau an. Sie lassen sich im Bergland bereits durchwegs entlang der heutigen Täler verfolgen. Das z. B. stärkere Ansteigen dieser Flächensysteme im Hinterland und streckenweise Verteilungen, die sich auch noch in den heutigen Talböden auswirken können, sind Beweise dafür, daß sich die pliozänen Hebungsvorgänge bis in die jüngste Zeit fortsetzen. Im Steirischen Becken kam es infolge großwelliger

Verbiegungen zum seitlichen Abdrängen einzelner Flußläufe und so zur Herausbildung asymmetrischer Talquerschnitte (A. WINKLER-HERMADEN, 1957).

Auch die hochgelegenen frühquartären Terrassenschotter (Villafrancium) sind als unmittelbare Folgeerscheinung einer präquartären Höferschaltung anzusprechen. Unter diesen Fluren stufen sich noch die jüngeren Terrassensysteme bis unter die heutigen Talböden ab, z. T. sind sie staffelförmig ineinandergeschachtelt. Bei ihrer Entstehung spielten klimatische Einflüsse und wahrscheinlich auch noch tektonische Bewegungen eine Rolle. So konnte z. B. in der Lurgrotte bei Peggau an Hand von verstellten Kolken noch jungpleistozäne Tektonik nachgewiesen werden (V. MAURIN, 1953 a).

Grundlegende Veränderungen des Talnetzes haben sich im Verlauf des älteren Quartärs nur mehr im unteren Mur- und Raabgebiet vollzogen. Im Grazer Bergland selbst waren die Talfurchen bereits festgelegt. Hier haben sich die höheren und mittleren Terrassenreste des Quartärs nur vereinzelt auf Felsrippen und in geschützten Lagen der beckenförmigen Erweiterungen der Täler erhalten können. Die Talniederungen werden heute meist von den letzteiszeitlichen Schotterterrassen des Würm und von den Alluvialböden eingenommen.

In der geschilderten Weise konnten sich die heutigen morphologischen Verhältnisse im Grazer Bergland durch eine phasenhafte Höferschaltung des ganzen Gebietes entwickeln. Zeiten der Hebung wechselten mit solchen der Ruhe oder der vorübergehenden Rücksenkung. In den Abschnitten langandauernder tektonischer Stabilität stellte sich auch die subterrestrische Wasserzirkulation auf das Vorflutniveau des jeweiligen Talabschnittes ein.

Im Bereich der wasserstauenden Gesteine des Kristallins, der paläozoischen Schiefer und der Ablagerungen der Kainacher Gosau, in denen die unterirdischen Wasserwege nur selten tiefer in den Bergleib eingreifen, haben diese Haltepunkte, dort wo sie heute noch mit größeren Verebnungsresten verbunden sind, bis in die Jetztzeit ihre Wirksamkeit erhalten.

Die Karstareale hingegen wurden tiefgehend drainiert und es entwickelten sich, je nach der Dauer der Einebnungsphasen, mehr oder weniger weit in den Gebirgskörper eingreifende, niveaugebundene Karstsysteme. Bei der Ausschürfung des nächsttieferen Niveaus wiederholte sich dieser ganze Vorgang, wobei in Form unterirdischer rückschreitender Erosion oft senkrechte, vielfach stufenförmig abfallende Vertikalverbindungen zwischen den verschiedenen Etagen geschaffen wurden. Auf diese Weise wird der treppenförmige Aufbau der Landschaft bis zu einem gewissen Grade durch die unterirdische Verkarstung abgebildet. In ausgedehnteren Bergstöcken kann aber ein höher hinauf reichender, nicht verkarsteter Kern erhalten bleiben.

Komplizierter wird dieses Bild dort, wo ältere verkarstete Flächensysteme wieder von neogenen Ablagerungen überdeckt wurden. Dies führte zu einer vorübergehenden oder dauernden Inundation und z. T. auch Verstopfung tieferliegender Karstgerinne. Später wurden diese teilweise wieder regeneriert (H. BOCK, 1913 d). Letzteres trifft vor allem für Höhlen der mittel- und oberpliozänen Flächensysteme zu. Die aus dem Helvet und Torton stammenden Karsterscheinungen sind im Bergland selbst bereits der Denudation zum Opfer gefallen, am Südrand des karbonatisch entwickelten Paläo- und Mesozoikums, im Bereich der oben erwähnten Buchten, aber größtenteils noch von den neogenen Sedimenten verhüllt. Die hier wieder aufgedeckten Karstformen (Schlotte, Dolinen und Karstspalten) sind meist mit Roterde verfüllt. Daß sich in tieferen

Bereichen noch offene Wasserwege befinden, ist für einzelne Abschnitte gut denkbar und wäre in Anbetracht einer möglichen Wassergewinnung einer näheren Untersuchung wert.

Offen ist noch die Frage, wie weit sich unter der jungtertiären Bedeckung intramiozän entstandene karstmorphologische Großformen erhalten haben. Solche wurden von J. STINY (1923), L. WAAGEN (1925 b) und A. WINKLER-HERMADEN (1951 a) bereits für die Kohlenmulden des Köflach-Voitsberger Reviere angenommen. Daß bei der Entstehung dieser weitgehend isolierten, bis über 300 m unter das heutige Talniveau eingesenkten Becken karstkorrosive Prozesse beteiligt und auch noch während der Kohlebildung wirksam waren, ist sehr wahrscheinlich. Als ausschlaggebenden Faktor bei ihrer Eintiefung wird man aber doch eine tektonische Absenkung annehmen müssen. Dafür spricht schon die Tatsache, daß sich die einzelnen Mulden über ganz verschiedene Einheiten des Untergrundes erstrecken; so z. B. die Lankowitz Mulde über Kristallin bzw. Kalken, Dolomiten und Quarziten der zentralalpiner Trias oder die Mulde von Piber — Oberdorf über paläozoische Kalke, triadische Gesteine und Kainacher Gosau. Außerdem macht die Entwässerung tieferer Poljen, ohne daß wir erst eine spätere tektonische Versenkung annehmen, Schwierigkeiten (V. MAURIN, 1956 a). Die hufeisenförmig ausgebildete Karlschachtmulde ließe sich am ehesten als ein pultartig abgesenkter Talmäander deuten. Auch die hier einstmals vorhandene maximale Flözmächtigkeit von 80 m kann man nur bei einer Entstehung auf stetig sinkendem Untergrund verstehen.

In diesem Zusammenhang muß noch kurz auf das Becken von Thal westlich von Graz eingegangen werden. H. PASCHINGER (1965) postuliert auch für diese Tertiärbucht als Paläoform ein intramiozänes Karstpolje. Leider wissen wir aber über den Verlauf des paläozoischen Untergrundes in diesem Gebiet so gut wie nichts. Das Becken wird im Nordwesten, Norden und Osten von devonischen Kalken, Dolomiten und Schiefen umrahmt, die es maximal 300 bis 400 m überragen. Im Süden findet es heute seinen Abschluß durch einen flachen Riedel jungmiozäner Tone und Sande. Der von PASCHINGER zitierte Paläozoikumsaufruch von Tobelbad ist als Beweis für eine im Untergrund angenommene Grundgebirgsschwelle ungeeignet, wie ein Blick auf die Karte leicht überzeugt.

Das Thaler Becken wurde wahrscheinlich noch bis an die Wende Plio-/Pleistozän nach Süden entwässert. Erst dann erfolgte nach PASCHINGER zunächst über den Steinbergsattel und seit dem Mittelpleistozän durch die verstärkte rückschreitende Erosion des Göstinger Baches die allmähliche Umgestaltung des Gewässernetzes und seine Neuorientierung nach Osten. Es ist ohne weiteres denkbar, daß innerhalb dieser Zeitspanne — sobald die sich stärker eintiefende Mur eine ausreichende Niveaudifferenz zum Thaler Becken geschaffen hatte — sich vorübergehend eine unterirdische Entwässerung aus dem Tertiärbereich zum Grazer Feld hin einstellte. Eine größere Zahl, teils noch zugänglicher, teils verschwemmter Karstschwinden an den Westhängen des Mühl- und des Gaisberges sprechen für diese Theorie. Im unmittelbar südlich des Thaler Beckens gelegenen Kesseltal von Feliferhof ist eine derartige Situation noch heute beobachtbar; auf Einzelheiten soll bei der Besprechung der aktuellen Karsthydrographie noch näher eingegangen werden. Auch die Entwicklung des Kesseltales von Semriach und seine heutige Entwässerung ins Murtal bei Peggau ist auf die gleichen Voraussetzungen zurückzuführen.

PASCHINGER sieht mit Recht in den von der Erosion wieder bloßgelegten,

mit Roterde, Rotschutt und Eggenberger Breccie verkleideten Grundgebirgshängen in der Umrahmung des Thaler Beckens exhumierte intramiozäne Landformen. Wenn er diese aber mit den ebenfalls mit Roterde bedeckten Verebnungen des Hochstradener-Niveaus am Frauenkogel, Plabutsch, am Schöckel bei Buchkalkleiten²⁾ und sogar auf der Tanneben bei Peggau gleichsetzen möchte, so sind schwerste Bedenken anzumelden. Es würde dies bedeuten, daß wir ein so ausgeprägtes, von Köflach bis Anger und auch weit in das Bergland hinein mit nur geringen Höhendifferenzen verfolgbares Verebnungssystem ins Helvet stellen müßten. Es ist undenkbar, daß sich die im weststeirischen Kohlenrevier und auch anderenorts abzeichnende spätneogene Tektonik auf dieses Verebnungssystem nicht ausgewirkt hätte. Weiters bleibt bei einer derartigen Einstufung die Frage offen, welches Alter die höher gelegenen, von WINKLER-HERMADEN in das Pannon und Sarmat gestellten, Flächensysteme dann hätten.

Auch der Deutung der das Hochstradener-Niveau überragenden Flachkuppenlandschaft als Relikt eines unter „feuchtwarmen subtropischen Klima des oberen Miozäns“ entstandenen Kegelkarstes kann ich nicht folgen. Meines Erachtens haben wir im ganzen Grazer Bergland keinen einwandfreien Hinweis für die ehemalige Existenz derartiger Oberflächenformen.

Auch für das Becken von Passail, das heute durch die Raab und den Weizbach oberirdisch entwässert wird, nahmen bereits H. BOCK (1913 d), H. HÜBL (1941 a) und J. ZÖTL (1964) als Paläoform ein Polje an. Über die Ablagerungsbedingungen der in das Helvet/Torton zu stellenden, Kohle und vulkanische Tuffe führenden, in den tieferen Anteilen tonreich, in den Hangendpartien grobklastisch entwickelten Beckenfüllung wissen wir noch sehr wenig. Ihre relativ tiefe und isolierte Position verdanken diese Sedimente wohl erst einer spätereitären Einsenkung, die vielleicht auch noch den Bereich von Semriach miterfaßte (R. SCHWINNER, 1925, V. MAURIN, 1952). Die heutige Morphologie des Passailer Raumes ist auf die leichtere Ausräumbarkeit dieser noch wenig verfestigten Ablagerungen zurückzuführen, wobei der Beckencharakter durch die steil aufragende Schöckelkalkbarriere Garracher Wald — Sattelberg — Patscha noch verstärkt wird.

Für die Annahme, daß es zeitweise zu einer unterirdischen Entwässerung — und auch Ausräumung — des Passailer Beckens gekommen ist, spricht vor allem das Auftreten bedeutender Höhlen zwischen 700 und 800 m Sh. oberhalb der Raab- und Weizklamm sowie im Sattelberg. Wenn man, wie dies BOCK und ZÖTL getan haben, aufgrund der weitgehend geschlossenen Form des Passailer Beckens zur Postulierung eines Poljes kommt, so müßte dessen Entstehung und Bestand in das obere evtl. auch noch mittlere Pannonium gestellt werden. Aber bereits zu Beginn des Astiums war der oben erwähnte SW-NE-streichende Schöckelkalkzug von Raab und Weizbach so weit zerschnitten, daß sich über den heute steil und eng eingetieften Klammstrecken dieser Fließchen breite Talböden entwickeln konnten. Besonders schön läßt sich dieses Hochstradener-Niveau mit seinen ausgedehnten Verebnungsflächen und Terrassenresten vom Gebirgsrand

²⁾ Auf der Geologischen Wanderkarte sind infolge eines Druckfehlers auf dieser großen, am Schöckelsüdhang in etwa 700 m Sh. kontinuierlich verlaufenden Verebnung miozäne Roterden ausgeschieden. Diese Verebnungsleiste hat aber eindeutig oberpliozänes Alter und ist strikt von den benachbarten Vorkommen miozäner Roterden und Eggenberger Breccien im Stattegger Graben und im Becken von Weinitzen zu trennen.

bis in das Passailer Becken verfolgen (siehe hierzu auch die „Geologische Karte des Weizer Berglandes“ und das dieser beigeschlossene Profil; H. FLÜGEL & V. MAURIN, 1958).

Gegen eine noch jüngere direkte unterirdische Entwässerung eines angenommenen Poljes spricht die Tatsache, daß sich Moder, Raab und Weiz schon während des Astiums so weit in die aus paläozoischen Schiefeln aufgebaute nördliche Vorlage der Schöckelkalke eingetieft hatten, daß ab diesem Zeitpunkt nirgends mehr ein unmittelbarer Kontakt zwischen den Wässern des Beckens und dem Karstareal bestand. Dies schließt natürlich nicht aus, daß auch späterhin — bis in die Gegenwart — innerhalb der Durchbruchstrecken in der Weiz- und Raabklamm ein bedeutender Karstwasserstrom die offenen Flußstrecken begleitete. Nur so sind die zahlreichen Horizontalhöhlen in den Gehängen dieser Gerinne erklärlich. Auf die wahrscheinlich tieferreichende Karstentwässerung unter der Schiefermulde des Stroß — Hirschkogel hindurch muß noch weiter unten eingegangen werden; sie hat aber nichts mehr mit einer unterirdischen Entwässerung eines vielleicht im Pliozän bestandenen Poljes von Passail zu tun.

Wie die Geologische Karte des Grazer Berglandes zeigt, wird ein Großteil des Gebietes aus verkarstungsfähigen Gesteinen aufgebaut. Es handelt sich dabei in erster Linie um die verbreiteten Kalke, Kalkschiefer und Dolomite des Grazer Paläozoikums und der Grauwackenzone, weiters um Dolomite, Rauhacken, Kalkschiefer und Kalke im Bereich Köflach—Voitsberg und im Weizer Bergland, bei denen es sich wahrscheinlich um zentralalpine Trias handelt und schließlich um ein kleineres Vorkommen von kalkigen Hippuritenmergeln der Kainacher Gosau bei St. Bartholomä. Untergeordnet sind noch Marmorzüge in das Kristallin eingeschaltet.

Da diese Karbonatgesteine im betrachteten Bereich vielfach mit nichtverkarstungsfähigen Gesteinskomplexen wechsellagern oder von diesen unter- oder überlagert werden, ist die Abhängigkeit der ober- und unterirdischen Wasserwege vom geologischen Aufbau deutlich erkennbar. Sehr klar hebt sich das verkarstete Terrain von den Arealen der kristallinen und paläozoischen Schiefer, der Ton- und Sandsteine der Kainacher Gosau sowie der vielfach tonigen Lockersedimente des Neogens ab. Kartenmäßig wurden diese Zusammenhänge bereits von V. MAURIN (1960 b) sowie von V. MAURIN & J. ZÖTL (1964, 1969) dargestellt.

Die Karstgebiete sind mit Ausnahme einiger Steilabfälle und Gipfelpartien durchwegs mit einer Vegetationsdecke überzogen und weisen alle Merkmale einer intensiven Verkarstung auf. Die meisten Teile tragen — gerade wegen ihrer geminderten Nutzungsfähigkeit — geschlossene Waldbestände und nur dort, wo es infolge unüberlegter Kahlschläge oder durch Waldbrände zur Entblößung besonders exponierter Partien kam, entwickelte sich sekundär kahler Karst (Hochflächen im Hochlantschgebiet und auf dem Schöckel, Hänge des Pfaffenkogels bei Friesach usw.). In seinem Urzustand müssen wir den mittelsteirischen Karst absolut als „Grünen Karst“ bezeichnen. Es zeigen sich alle für Karstgebiete charakteristischen Oberflächenerscheinungen. Karren und Lösungsdolinen stellen reine Lösungsformen dar, letztere sind stellenweise zu größeren Uvalas zusammengewachsen. Auch Karstschächte und Einsturzdolinen kommen vor. Blindtäler finden sich an der Grenze wasserstauer Schichten zu Karstgesteinen. Das bedeutendste davon ist das 16 km² umfassende Kesseltal vom Semriach, das in paläozoische Schiefer eingetieft ist und durch den Schöckelkalkstock, der

Tanneben ins Murtal entwässert wird. Am westlichen Stadtrand von Graz liegt der Kessel von Feliferhof (1,4 km²), der sich durch die Ausräumung neogener Lockersedimente entwickelte und dessen Gerinne die Bründl-Quelle an der Ostseite des Buchkogels alimentieren. In ganz ähnlicher Position entstand ein weiteres Blindtal (0,3 km²) nordöstlich des Zigöllerkogels bei Köflach.

Teilweiser Wasserverlust offener Gerinne, vor allem aber des begleitenden Talgrundwasserstromes durch Versickern in den tieferen Untergrund einerseits sowie eine meist nur schwer kontrollierbare Speisung des letzteren durch Karstwässer andererseits findet wohl an vielen Stellen des Kartenbereiches statt. Näher beschrieben sind derartige Verhältnisse für das Vordernbergtal bei St. Peter am Freienstein (A. WINKLER-HERMADEN, 1958), für das Gradenbachtal nördlich von Köflach (V. MAURIN, 1956 a, V. MAURIN & J. ZÖTL, 1959: 127 bis 132) sowie für das Weizer Bergland (V. MAURIN, 1960 b). Auch in der Durchbruchstrecke der Mur durch das Grazer Paläozoikum ist im Bereich der Kalk- und Dolomitzüge mit einer bedeutenden Einspeisung von Karstwässern in das Talgrundwasser zu rechnen. Ein solcher Zuwachs kann sich in der Ergiebigkeit einzelner Wasserfassungen deutlich auswirken.

Ein sehr interessanter Fall ergab sich bei den Bauarbeiten für das Dampfkraftwerk Werndorf im südlichen Grazer Feld (H. NIEDERL, 1972). Dieses Gebiet liegt zwar schon außerhalb des Kartenblattes, soll aber trotzdem hier kurz behandelt werden. Dank der schon frühzeitig eingeleiteten hydrogeologischen Dokumentation für die Beweissicherung sowie der während des Baugeschehens durchgeführten Pumpversuche, Grundwasserspiegelmessungen und Markierungsversuche liegen nämlich eine große Zahl von Einzelbeobachtungen vor, die die Zusammenhänge zwischen dem frei ausspiegelnden Grundwasserkörper in den quartären Schottern und dem Karstwasser im Untergrund klar erkennen lassen.

Nach den für die Baugrunduntersuchungen und Grundwasserbeobachtungen niedergebrachten Bohrungen lagerten die hier ca. 8 m mächtigen Schotter — wie auch in einem Großteil des übrigen Grazer Feldes — auf anscheinend dichten neogenen Tonen auf. Der Grundwasserspiegel stellte sich in den Beobachtungsrohren etwa 2 m unter Flur ein. Das Bett der Mur ist in diesen Schotterkörper eingeschnitten, kann aber wegen der starken Schwebstoffablagerung aus dem außerordentlich verschmutzten Flußwasser — zumindest bei normaler Wasserführung — als dicht angesehen werden.

Bei der Abteufung von zwei Schachtbrunnen für die Eigenwasserversorgung des Werkes wurde nur eine enttäuschende Förderleistung von jeweils 10 l/sec erzielt. Umso größer war die Überraschung als aus einer kleineren, dicht umpundeten Baugrube für die Bodenplatte eines Kühlwasserpumpenhauses noch im Schotterkörper eine dauernde Wasserhaltung erforderlich wurde. Beim Erreichen des Neogens zeigte sich, daß hier unter einer nur lückenhaft entwickelten Tonschicht verkarstete mergelige Leithakalke anstehen, aus denen in der Folge ständig über 100 l/sec zuströmten. Da man befürchten mußte, daß es bei einer so starken Wasserentnahme zu Ausspülungen und damit verbunden zu unerwünschten Setzungen im Baugrund kommen könnte, wurden die Arbeiten zunächst eingestellt. Die neuerliche Absenkung erfolgte unter den strengen Bedingungen eines Dauerpumpversuches. Dabei bildeten sich neben dem Absenkungstrichter um die Baugrube sekundäre Grundwasserdepressionen sowohl grundwasserstromaufwärts als auch etwa 700 m südöstlich der Baugrube am jenseitigen Ufer der Mur. Die Bereiche stärkster Absenkung liegen entlang einer WNW-streichenden Linie, etwa parallel zu den Steilabfällen des aus tortonischen Leithakalken aufgebauten Kollischberges östlich der Mur und erstreckten sich auf über einen Kilometer. Man muß also annehmen, daß über diese, wahrscheinlich tektonisch vorgezeichnete Zone, bei ungestörten Druckverhältnissen Karstwasser aus der südöstlichen Umrahmung des Grazer Feldes in die quartären Schotter eingespeist wird. Während der starken Absenkung fungierten dann aber dieselben Karstschläuche als Drainagen und führten aus Bereichen, in denen die dichtende Tonauflage nur lückenhaft entwickelt ist, das höherliegende Talgrundwasser auf kurzem Wege der Baugrube zu. Für diese Deutung spricht auch das Ergebnis eines Färbeversuches, bei dem eine durchschnittliche Fließgeschwindigkeit von 120 m pro Tag registriert

wurde, während im Bereich der Werksbrunnen Grundwassergeschwindigkeitsmessungen nur Werte von 3 m pro Tag für die quartären Schotter ergaben.

Auch für das Grundwasserfeld Friesach im mittleren Murtal, aus dem die Grazer Stadtwerke mittels zweier Horizontalfilterbrunnen 550 l/sec entnehmen, ist eine Einspeisung von Karstwasser in die Murschotter nachgewiesen (V. MAURIN, 1960 b). Das Becken wird fast zur Gänze von mitteldevonischen Dolomiten unterlagert. Anlässlich eines im Jahre 1959 durchgeführten Pumpversuches wurden aus etwa 40 über das ganze Feld verteilten Beobachtungsbrunnen Wasserproben entnommen. Während das von Norden her in der mächtigen Talfüllung zuströmende Grundwasser für die Karbonathärte Durchschnittswerte um 14^o dH aufwies, wurden lokal in einigen Sonden wesentlich erhöhte Karbonathärten festgestellt (bis 26,6^o, Gesamthärte 27,3^o), die meines Erachtens nur durch Karstwasserauftriebe erklärt werden können.

Dieser ständige Austausch zwischen Oberflächenwasser, Talgrundwasser und Karstwasser ist bedeutend, aber bisher mengenmäßig noch kaum erfaßt. Begünstigt wird dieser Vorgang noch durch den Umstand, daß die Haupttäler — vor allem das Murtal — im Jungpleistozän und noch einmal im Spätwürm/Frühholozän (H. FLÜGEL, 1960 c) wesentlich unter das rezente Talniveau durch reine Flußerosion ausgeschürft wurden. Erst durch die Ablagerung der Würmschotter und der in diese eingesenkten holozänen Rinnenfüllungen wurden die Talböden wieder angehoben. Es kann aber mit Sicherheit angenommen werden, daß sich die unterirdische Karstentwässerung vor der im Würm wieder kräftig einsetzenden Sedimentation bereits auf das damalige, tiefere Vorflutniveau eingestellt hatte. Dies gilt besonders für das obere und mittlere Murtal, wo heute Schottermächtigkeiten von mehreren Zehnermetern vorliegen.

Durch diese Verschüttung der Talböden kam es aber zur Inundation und auch teilweisen Verstopfung der tieferliegenden Karstschläuche und das Wasser wurde z. T. wieder in höhere, ältere Etagen der Karstsysteme zurückgedrängt. Sehr schön ist diese Entwicklung im Lurhöhlensystem erkennbar. An vielen Stellen blieben aber auch noch die tieferen Karstwasserwege aktiv und die Wässer dringen heute in Form von Wallern in den Talauen oder durch Quellensiphone an den Talrändern auf. Diese Entwicklungsstufe ist mit den bekannten Beispielen des Blautopfes und des Aachtopfes am Südrande der Schwäbischen Alb vergleichbar. Einige der tiefliegenden Karstquellen im Grazer Bergland stehen mit periodischen Speiern in Verbindung, die ihnen als Übersprünge dienen. Dies trifft für die Hemmerquelle bei Köflach (s. Abb. 5 und 6) durch die Verbindung mit der Fleischerhackerhöhle, beim Andritz-Ursprung durch den Zusammenhang mit der Frauenhöhle und beim Hammerbach durch die Lurgrotte zu. Ähnliche Verhältnisse herrschen beim Brunnwaller im Mixnitztal unterhalb der Bärenschützklamm. Hier steigt das Hochwasser in das über der Quelle befindliche Auftriebslabyrinth der Bärenhöhle empor, ohne daß es dabei aber heute noch dem etwa 70 m höher gelegenen Eingang der Höhle entströmt (H. BOCK, 1908, H. KUSCH, 1972 a, V. WEISSENSTEINER, 1972 a).

Die in den letzten 20 Jahren intensiv betriebenen karsthydrologischen Untersuchungen haben z. T. sehr interessante Ergebnisse erbracht. Einige davon seien zur Illustration der rezenten Abflußverhältnisse im Mittelsteirischen Karst kurz skizziert.

Tab. 43: Bedeutendere Quellen im Mittelsteirischen Karst

Name der Quelle (Ort)	mittl. Schüt- tung in l/sec	max. Schüttung
Hemmerquelle in Köflach	27	geringe Schwankungen
Brunnwaller (Kaskadenfall) bei Mixnitz	50	1 m ³ /sec
Schmelzbach-Austritt, Lurgrotte Peggau	81*	1450 l/sec*), Extremwert gegen 10 m ³ /sec, incl. Lurbachhochwasser
Hammerbachquelle, Peggauer Wand	168*	824 l/sec*), Extremwert 1200 l/sec
Andritz-Ursprung, nördl. Graz	210	1640 l/sec**), Extremwert > 2 m ³ /sec
Bründl bei Graz	15	197 l/sec***), Extremwert einige 100 l/sec
Gänsebrunnen, Raabklamm	30	?
Finzenquelle, Raabklamm	20	?
Baummühlquelle bei Weiz	160	1 m ³ /sec

*) Jahresmittel für die Jahre 1966 bis 1971, bzw. in diesem Zeitraum gemessene maximale Tagesmittel (H. ZOJER & J. ZÖTL, 1974).

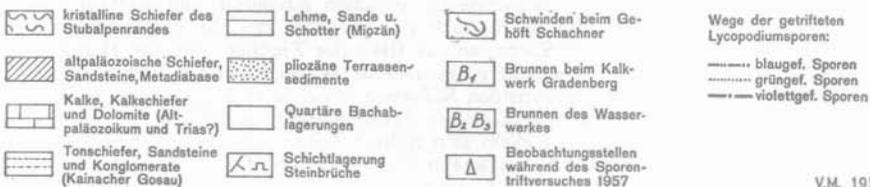
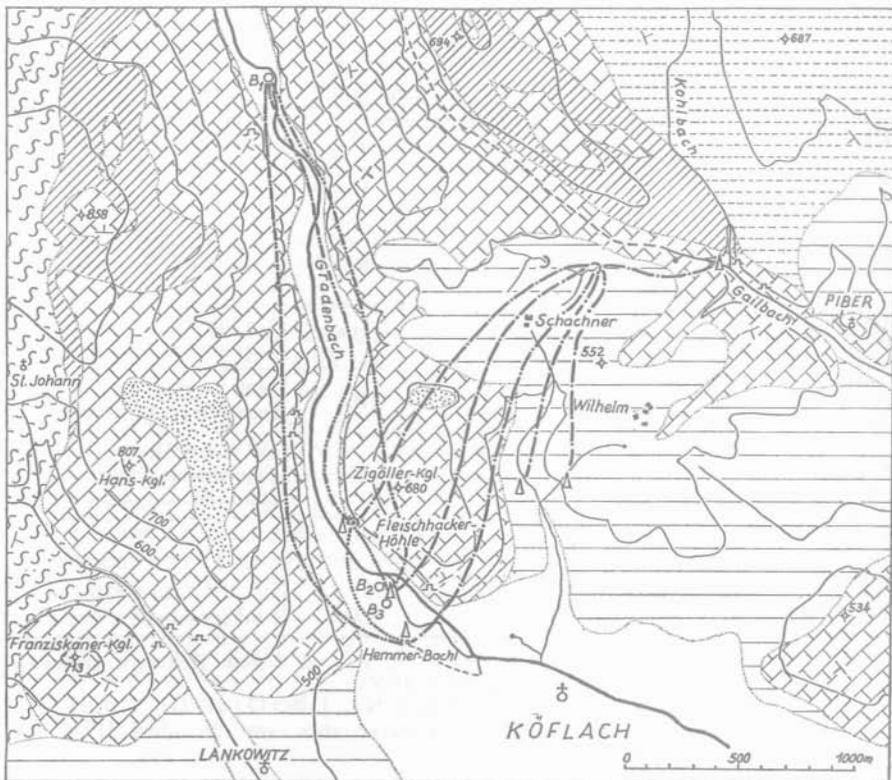
***) Gemessen am 30. August 1938 (V. MAURIN & J. ZÖTL, 1972).

****) Gemessen während eines Markierungsversuches am 26. Juni 1956 (V. MAURIN & J. ZÖTL, 1959).

Das Gradenbachtal durchschneidet zwischen Krennhof und Köflach karbonatische Gesteine. In der Hauptsache handelt es sich dabei um gut verkarstungsfähige devonische Schöckelkalke und im Süden, an der Basis des Zigöller- und des Hanskogels, um wahrscheinlich triadische Kalkschiefer und Dolomite. Das Köflacher Becken selbst ist von einer mächtigen Serie kohleführenden Süßwasser Miozäns erfüllt, das, einstmals wesentlich höher hinaufreichend, dem verkarsteten Areal auflagert (s. Abb. 5).

Während der Gradenbach, vor allem sein rechter Zubringer, der aus dem Kristallin der Stubalpe kommende Sallabach, bis knapp unterhalb von Krennhof noch von normalem Talgrundwasser begleitet wird, verliert sich dieses an der Kalk-Kristallin-Grenze zur Gänze in den tieferen Untergrund (V. MAURIN, 1956 a). Die hier etwa 8 m mächtigen jungquartären Schotter der Talfüllung liegen auf einer Strecke von über 2 km völlig trocken und erst am Ausgang des engen Gradenbachtals ins Köflacher Becken werden die Wässer infolge der Stauwirkung des vorgelagerten Neogens wieder in die Schotter hochgedrückt; z. T. treten sie auch in Form perennierender Waller (der bedeutendste ist die Hemmerquelle) oder intermittierender Übersprünge (Fleischhackerhöhle) bis an die Oberfläche (s. Abb. 6). Da die dichtende Miozänschürze im Bereich des Gradenbaches am tiefsten ausgeräumt ist, strömen auch die im Karstareal beiderseits dieser Talfurche versickernden Niederschlags- und Oberflächenwässer diesem Punkt zu.

Bei den, ohne Kenntnis der hydrogeologischen Zusammenhänge in den Talalluvionen abgeteufte ersten beiden Brunnen des Wasserwerkes Köflach (B₂ und B₃ auf Abb. 5) fiel die hohe Ergiebigkeit dieser Wasserfassungen auf. Bei mehrtägigen Pumpversuchen während niedrigsten Wasserstandes im Jänner 1954 konnten aus dem alten Brunnen (B₂) und einer Probebohrung an der Stelle von B₃ bei nur ein Meter Absenkung über längere Zeit 28 l/sec entnommen werden. Bei der späteren Abteufung des neuen Brunnens bis auf 9,80 m Tiefe waren für die Wasserhaltung durch drei Monate hindurch bis 150 l/sec abzupumpen.



V.M. 1958

Abb. 5: Hydrogeologische Übersichtskarte des unteren Gradenbachtals

Für weitere Ausbaupläne, bzw. für Schutzgebietsfragen war es erforderlich, sich über den tatsächlichen Umfang des Einzugsgebietes im Karstareal Klarheit zu verschaffen. Dazu wurde von uns u. a. im April 1957 ein kombinierter Sporenriftversuch durchgeführt (V. MAURIN & J. ZÖTL, 1959: 127—132). Infolge anhaltender Regenfälle in der Woche vor dem Versuch herrschte zur Zeit der Karstwassermarkierung sowohl in den oberirdischen als auch in den unterirdischen Gerinnen des Gebietes verstärkte Wasserführung, jedoch kein Hochwasser. Für die Einspeisung der verschieden angefärbten Lycopodiumsporen bot sich im Gradenbachtal eine bis in den Kalkuntergrund reichende Quellfassung beim Steinbruch Gradenberg (B₁) sowie eine aktive Schwinde in einem kleinen Polje beim Gehöft Schachner nordöstlich des Zigöllerkogels an. Eine im Gailbach — der bereits zum unmittelbaren Einzugsgebiet der Kainach gehört, bei Mittel- und Niederwasser aber im oberen Teil zur Gänze in den Schöckelkalken versickert — vorgesehene Markierung konnte wegen der erhöhten Wasserführung nicht durchgeführt werden. Dafür zeigte sich aber eine andere einzigartige Gelegenheit. Die Fleischackerhöhle, die, wie schon erwähnt, bei extremen Hochwässern als Übersprung

des Karstwassersystems fungiert (W. KRIEG & V. MAURIN, 1955), wurde z. Zt. des Versuches von einem Höhlenbach mit etwa 40 l/sec durchströmt. Dieses Gerinne trat damals aber nicht ins Freie, sondern versank wenige Meter vor dem Eingang wieder in den Untergrund. Durch eine zusätzliche Einspeisung in diese unterirdische Schwinde bei gleichzeitiger Kontrolle des Höhlenbaches war es möglich, die Zusammenhänge dieses Hochwasserlaufes mit dem Brunnenfeld und der Hemmerquelle abzuklären.

Der rascheste Durchgang des Markierungsgutes erfolgte zwischen der Schwinde beim Gehöft Schachner und der Hemmerquelle (1700 m Luftlinie, 70 m Höhendifferenz) mit einer Abstandsgeschwindigkeit von etwa 560 m/h für die ersten eingetroffenen Sporen und von 115 m/h für die Durchgangsspitze berechnet. Auch die 2,5 km betragende Strecke von der Einspeisestelle B₁ im Gradenbachtal zur Hemmerquelle (Höhendifferenz 20 m) wurde von den Lycopodiumsporen mit einer Geschwindigkeit von 500 bzw. 150 m/h zurückgelegt.

Die Kontrolle des Höhlenbaches in der Fleischhackerhöhle zeigte, daß er sowohl von der Schwinde beim Gehöft Schachner als auch vom Gradenbach her alimentiert wird. Die im Höhlenponor eingebrachten Sporen trafen in der Hemmerquelle erst verhältnismäßig spät ein (Entfernung 600 m, Höhenunterschied 10 m).

Alle Sporenfarben wurden auch in den beiden Brunnen, die beim Schachner eingespeist auch noch in einer Anzahl weiterer Quellen nachgewiesen (s. hierzu Abb. 5).

Für die konkrete Fragestellung brachte dieser Versuch die Bestätigung, daß es sich beim gesamten Karbonatgesteinsbereich beiderseits des Gradenbachtals um ein zusammenhängendes Karstsystem handelt. Das tatsächliche Einzugsgebiet greift über die morphologischen Grenzen hinaus. Ein wesentlicher Teil der am Ausgang des Gradenbachtals zur Verfügung stehenden Wassermenge entstammt aber dem südlich Krennhof versinkenden Talgrundwasser und wohl auch versickerndem Bachwasser. Die bei erhöhten Mittelwasserverhältnissen nachgewiesenen Fließgeschwindigkeiten der unterirdischen Wässer sind überdurchschnittlich hoch. Das gesamte Karstareal müßte daher als Schutzgebiet ausgewiesen werden, das ganze 84 km² umfassende und noch wenig erschlossene Einzugsgebiet als Schongebiet. Durch einen oder mehrere Tiefbrunnen ließen sich im Bereich des Gradenbachtals zwischen 100 und 200 l/sec Trinkwasser gewinnen. Diese sich klar ergebenden Konsequenzen wurden aber leider nicht realisiert.

Allgemein betrachtet haben wir hier die Existenz eines die jungen Talfüllungen unterlagernden und auch seitlich in den Talflanken begleitenden Karstwasserstromes nachgewiesen. In den meisten anderen Gebieten wird allerdings Porengrundwasser und Karstwasser auf der ganzen Strecke ineinander übergehen. Daß der einige Meter über der Talsohle in der Fleischhackerhöhle auftretende und zeitweise auch austretende Höhlenbach auch von der Schwinde in der Einspeisestelle B₁ alimentiert wurde, ist nur so zu erklären, daß bei stärkerer Wasserführung höher im Berg verlaufende, bei Mittel- und Niederwasserständen trockenliegende Karstschläuche benützt werden. In diesen können Hochwässer dem übrigen Karstwasserstrom sehr rasch vorausseilen.

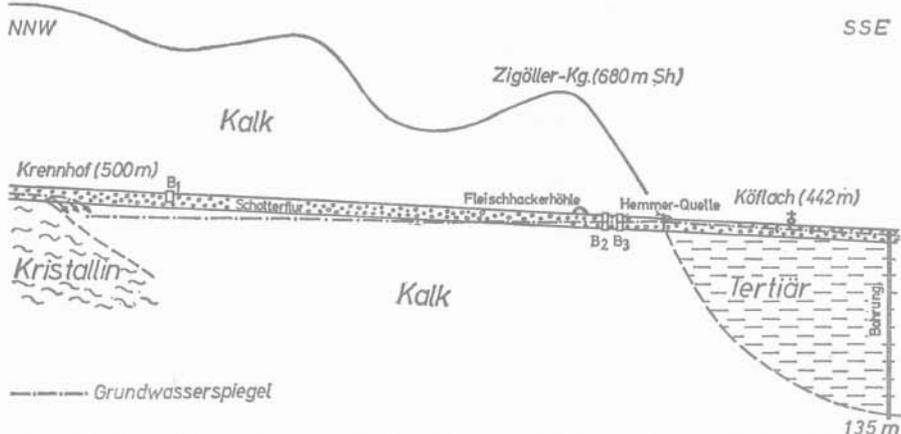


Abb. 6: Schematisches, stark überhöhtes Profil des Gradenbachtals zwischen Krennhof und Köflach

Sich über mehrere Jahre erstreckende Untersuchungen im Bereich Feliferhof-Bründl am westlichen Stadtrand von Graz hatten keine wirtschaftliche Zielsetzung, sondern dienten der Entwicklung und Erprobung karsthydrologischer Untersuchungsmethoden. Dadurch wurde aber, unter unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen, eine größere Zahl von Vergleichstests angestellt, die nicht nur zu einer gründlichen Abklärung der örtlichen Entwässerungsverhältnisse führten, sondern auch auf andere Areale übertragbare Erkenntnisse lieferten.

Der das Grazer Feld im Westen begrenzende Plabutsch — Buchkogel-Zug wird vorwiegend aus mitteldevonischen Kalken und Dolomiten aufgebaut. Diese paläozoischen Schichten zeigen ein generelles Nord-Süd-Streichen und ein mittelsteiles Einfallen nach Westen. Sie werden außerdem von einer Anzahl hauptsächlich Ost-West verlaufender Störungen zerhackt. Dieser bereits intramiozän verkarstete Bergrücken wurde später bis über seine Kammpartien unter Lockersedimenten begraben. Bei seiner Wiederaufdeckung erfolgte die Ausräumung aber — dank des kräftigeren Tiefenschurfes der Mur — sehr ungleich, so daß die unterirdische Entwässerung heute an vielen Stellen nach Osten, zum tieferliegenden Grazer Feld hin, orientiert ist. Im Bereich Feliferhof, nordwestlich des Buchkogels, entwickelten sich aber auch an der Kalk-Tertiär-Grenze eine Reihe von Schwinden, über die kleinere Oberflächengerinne aus dem Neogen in den Karst versinken. Durch Erosion und unterirdischen Abtransport der miozänen Lockersedimente entstand so ein etwa 1,4 km² umfassender, maximal um 40 Höhenmeter in seine Umgebung eingesenkter Kessel. Der in 443 m Sh. gelegene Hauptponor ist mit der kleinen Feliferhofhöhle ident, in der das in ihr verschwindende Bächlein noch eine kurze Strecke verfolgt werden kann.

Eingehende hydrogeologische Untersuchungen (V. MAURIN & J. ZÜTL, 1959) haben gezeigt, daß wir in dem am Ostfuß des Buchkogels liegenden „Bründl“ (372 m Sh.) den einzigen wesentlichen Wiederaustritt der im Kessel von Feliferhof versinkenden Wässer zu sehen haben. Daß dieses unterirdische Gerinne gerade hier an den Tag kommt und das Wasser nicht unkontrollierbar in das Grundwasser des Grazer Feldes übertritt, ist in erster Linie der stauenden Wirkung anlagernden Tertiärs zuzuschreiben. Es handelt sich dabei einmal um die in noch ausgedehnten Resten erhaltene intramiozäne Rotschutt- und Roterdeverkleidung des Buchkogelosthanges, zum anderen reicht in der Bucht von Bründl außerdem noch das hier hauptsächlich tonig entwickelte und mit großer Wahrscheinlichkeit dem Süßwassermiozän von Webling gleichzustellende Neogen bis etwa 370 m Sh. hinauf. Es bildet den Sockel einer in einer schmalen Leiste erhaltenen, schon stark verlehnten Rifsterrasse (auf der Geologischen Wanderkarte nicht ausgeschieden).

Der von der Quelle auf die Würmterrasse des Grazer Feldes abfließende Bründlbach versickerte früher nach knapp einem Kilometer im Schotterfeld, ohne die Mur zu erreichen, wird heute aber in das Kanalnetz der Stadt eingeleitet. Diese Maßnahme muß man als einen sehr bedauerlichen und unüberlegten Schritt bezeichnen, da damit nicht nur die Ergänzung des dem Wasserwerk Graz-Süd zuströmenden Porengrundwassers geschmälert wird, sondern Graz auch noch um eines der wenigen stehenden Gewässer ärmer wurde, an das heute nur mehr der Name „Teichhofsiedlung“ erinnert.

Dank der geschilderten geologischen Vorbedingungen können wir den Bereich Feliferhof — Bründl-Quelle als ein in sich geschlossenes Karstwassersystem bezeichnen. Bei seiner zudem noch bescheidenen Ausdehnung (etwa 800 m Luftlinie und 70 m Höhendifferenz zwischen der tiefstgelegenen Schwinde und dem Bründl) und dem geringen Speichervermögen³⁾, ist es verständlich, daß sich Niederschläge und Schneeschmelze sehr rasch in der Quellschüttung auswirken (s. Tab. 43 u. 44). Durch die wiederholten Markierungsversuche und die Verwendung sehr unterschiedlicher Tracer konnten auch Aufschlüsse über den Zusammenhang zwischen Wasserführung und Fließgeschwindigkeit gewonnen werden. Dies zeigen die in Tab. 44 zusammengestellten Ergebnisse einiger ausgewählter Karstwassermarkierungen sehr deutlich. Die Versuche wurden

³⁾ Bei den 1963 (K. BUCHTELA et al., 1964) und 1966 (H. BATSCHKE et al., 1967) durchgeführten Markierungsversuchen wurde unter Zugrundelegung der Wiederausbringung und der Durchgangskurven verschiedener Tracer die zwischen der Einspeisestelle und der Bründl-Quelle angestaute Wassermenge mit 2030 bis 3310 m³ ermittelt. Da bei derartigen Volumsberechnungen eine große Zahl von Fehlerquellen berücksichtigt werden muß, sind die hier angegebenen Werte nur als Größenordnung für die untere Grenze des Speicherraumes anzusehen.

Tab. 44. Durchgangszeiten bei Markierungsversuchen im Feliferhof-Bründl-System in Stunden nach der Einspeisung bzw. in Klammer die daraus errechneten Abstandsgeschwindigkeiten in m/h.

Versuchszeit	Schüttung der Bründl-Quelle	erster Nachweis				Maximum des Durchganges			
		Lycopodiumsporen	Salze als Chlorid best.	radioaktive Isotope	Farbstoffe	Lycopodiumsporen	Salze als Chlorid best.	radioaktive Isotope	Farbstoffe
20.-24.5.1958	6 l/sec konstant	34 (23,5)				49 (16,5)			
1.-12.7.1963	7,5 l/sec bei Versuchsbeginn, Anstieg nach 30 Stunden auf 16 l/sec, später durchschnittlich 9 l/sec	33 (24)		¹³¹ J 44 (18)	Rhodamin B 42 (19)	39 (20,5)		¹³¹ J 78 (10)	Rhodamin B 69 (11,5)
23.3.-2.4.1966	9 l/sec bei Versuchsbeginn, Anstieg auf 9,75 l/sec während des Versuches, später wieder 9 l/sec	15½ (51,5)	33 (24)	⁵¹ Cr (25) 32 Tritium (25)	Sulfo-rhodamin G extra 32 (25)	45 (18)	54 (15)	⁵¹ Cr (15) 55 Tritium (14,5)	Sulfo-rhodamin G extra 53 (15)
12.-14.5. 1956	16,5 l/sec konstant		21½ (37)				45 (18)		
23.-25.3. 1957	23 l/sec zu Versuchsbeginn, später fallende Tendenz	13 (61,5)				33 (24)			
22.-28.6. 1956	23 l/sec konstant	13½ (59)	19½ (41)		Uranin 13½ (59)	19 (42)	31 (26)		Uranin 31 (26)

dabei nach der Wasserführung geordnet. Es sind sowohl der erste Nachweis als auch das Maximum des Durchganges des jeweiligen Tracers angegeben.

In hygienischer Hinsicht sind für die Beurteilung einer Karstwasserspense die maximalen Durchfließgeschwindigkeiten einzelner Wasserteilchen, wie sie durch das erste Auftreten eines Markierungsstoffes fixiert sind, ausschlaggebend, da sie ein Maß für die frühestmögliche Wiederausbringung von versickerten Schadstoffen und Keimen darstellen. Der Zeitpunkt des „ersten Nachweises“ ist natürlich auch abhängig von der Art und der Menge des eingespeisten Tracers sowie von der Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode. Was das unterschiedliche Verhalten verschiedener Markierungsmittel betrifft, so hat sich bei den meisten Versuchen gezeigt, daß im Hauptdurchgang Triftkörper (Sporen, Bakterien usw.) einen wesentlich früheren und auch akzentuierteren Peak aufweisen als Farbstoffe, Salze, radioaktive Isotope und dergleichen. Es ist anzunehmen, daß im Wasser schwebende Festkörper in erster Linie mit dem Stromstrich eines unterirdischen Gerinnes befördert werden und damit der Hauptmasse des bewegten Wassers vorausseilen. Andererseits unterliegen Triftkörper einer starken Sedimentation und bei einem Schüttungsanstieg kann sich daher eine neuerliche Durchgangsspitze des Markierungsstoffes einstellen; dies war z. B. beim Versuch im Juli 1963 der Fall.

Die Durchflußgeschwindigkeit in einem unterirdischen Karstsystem ist in erster Linie eine Funktion der Wasserführung. Vergleichende Untersuchungen in verschiedenen Karstgebieten haben gezeigt, daß das fiktive Gefälle des Gesamtgerinnes meist nur eine untergeordnete Rolle spielt. Bei einer sprunghaften Änderung der Spitzengeschwindigkeit muß man annehmen, daß beim Erreichen eines gewissen Wasserstandes eine Bifokation des unterirdischen Laufes eintritt und ein Teil des Wassers auf kürzeren oder besser durchfließbaren Wegen vorausseilt. Dies scheint im Gradenbachtal der Fall zu sein und ist für das Lurhöhlensystem nachgewiesen.

Dieses **Lurhöhlensystem** bildet das Kernstück des Mittelsteirischen Karstes (H. BOCK, 1913 d) und liegt in seiner gesamten Ausdehnung in dem aus Schöckelkalken aufgebauten Tannebenstock. Hydrogeologisch ist ihm auch der im Osten anschließende Eichberg zuzurechnen. Dieser tektonisch als Tannebenscholle zu bezeichnende Komplex wird im Osten und Westen von steilstehenden meridionalstreichenden Störungen begrenzt, die auch die Entwicklung der hohen steilen Felswände, wie sie vor allem im Murtal das Landschaftsbild beherrschen, begünstigen. Intern bilden die Schöckelkalksteine der Tanneben ein tektonisches Gewölbe, das im einzelnen großwellig gefaltet und an seiner Basis mit Kalk-, Ton- und z. T. auch Grünschiefern intensiv verschuppt ist. Diese Schieferserie, die im Bereich Südende Peggauer Wand — Taschen noch obertag ausstreicht, taucht mit den Kalken nach Westen und Nordwesten hin unter das Niveau des Murtales ab. Die Schiefer stellen gleichzeitig die Untergrenze für die Verkarstung dar (V. MAURIN, 1952, 1954).

Die Schöckelkalksteine sind vorwiegend bankig, an vielen Stellen aber auch massig entwickelt. Ihr im allgemeinen hoher Reinheitsgrad (fast überall über 95% vielfach über 99% CaCO_3 ; z. T. zeigt er eine leichte Dolomitisierung, A. HAUSER & H. URREGG, 1949 b, H. KOLMER, 1972) sowie eine meist regelmäßig ausgebildete Klüftung machen sie im ganzen Grazer Paläozoikum der Verkarstung besonders geneigt.

Im Bereich der Tannebenscholle ist eine mehrphasige Entwicklung deutlich erkennbar. Während des Astiums fungierten die breiten Talungen des „Hochstradener Fluren-systems“ (um 750 m Sh.) als Vorflutniveau. Sie sind uns in den ausgedehnten, mit Kristallinschottern überstreuten Verebnungen bei Pöllau, auf der Hochfläche der Tanneben sowie am Südrande des Semriacher Beckens z. T. erhalten geblieben. Die allgemeine Entwässerung war damals nach Süden ausgerichtet. Die unterirdische Verkarstung konnte daher, wegen der dort geschlossen durchstreichenden Schieferbarriere, noch keinen wesentlichen Tiefgang erreicht haben. Dies änderte sich erst, als sich im Laufe des Piacenziums weiter im Westen eines dieser Gerinne als Hauptentwässerungsstrang — gewissermaßen als Urmur — herausbildete und nunmehr stärker einschneidend, auch die unterirdische Drainage des Schöckelkalkmassives an sich zog. Felsterrassen, z. T. mit Schotterresten, beiderseits des Murchdurchbruches bei Peggau markieren Haltepunkte dieser Entwicklung. Verebnungsflächen zwischen 620 und 680 m (Feistritzer Felsenwand, Angerleitenkogel, Tanneben-Südhang) sind dabei dem oberstpliozänen Stadelberg-Niveau, solche um 550 m Sh. (Kugelstein, Südwestsporn des Himmelreich nördlich des Badlgrabens, Südende der Peggauer Wand) dem präglazialen Zahrerberg-Niveau zuzuordnen. Wesentlich ist, daß sich in diesen Höhenbereichen erstmals Horizontalhöhlen oder größere Höhlen mit Etagen nachweisen und auf die genannten Niveaus beziehen

lassen. Hier sind vor allem die Geßmann-Doline (V. WEISSENSTEINER, 1966) und das Wildemannloch (H. BOCK, 1913 d, V. WEISSENSTEINER, 1972 c) sowie einige Höhlen im oberen Teil der Peggauer Wand und der Schmelzleiten zu nennen. Auch die in diesen Höhlen z. T. in größerer Mächtigkeit eingelagerte Terra rossa, vor allem aber die sich durch Färbung und Kristallinität von gleichartigen Bildungen tieferliegender Karsthohlräume unterscheidende ältere Sintergeneration, lassen auf eine Entstehung dieser Höhlen oder Höhlenteile unter spätpliozänen Klimabedingungen schließen.

Auch unterhalb 550 m Sh. finden sich noch zahlreiche vom fließenden Wasser modellierte Höhlengänge, die, wie die korrespondierenden Flächen- und Terrassenreste, ins Quartär zu stellen sind. Da man z. Zt. in der Peggauer Umgebung weit über 200 Höhlen kennt, ist dieses Gebiet für derartige genetische Überlegungen besonders geeignet. Wie weit an der Entstehung der unterirdischen Karstgerinne in der unmittelbaren Nachbarschaft des Murtales aus dem Osten abfließende Wässer und wie weit ein das Haupttal begleitender Grundwasserstrom beteiligt waren, bedarf im einzelnen noch einer detaillierten Abklärung (V. MAURIN, 1951). Sedimentpetrographische Untersuchungen geben hierfür die Möglichkeit.

Die vom Murtal ausgehende, rückschreitende unterirdische Verkarstung hat nicht nur die gesamte Tannebenscholle drainiert, sondern im Laufe der Zeit auch die im Schieferareal von Semriach nach Süden ausgerichtete, noch intakte oberirdische Entwässerung angezapft. Dadurch wurde das Einzugsgebiet des Rötzbaches um etwa 16 km² reduziert. Diese Umgestaltung kommt auch in dem plötzlich nach Nordwesten ablenkenden Knie des jetzigen Lurbaches deutlich zum Ausdruck. Den Beginn dieses Prozesses muß man in das oberste Pliozän verlegen. Die ältesten Schwinden lassen sich noch am Südrande des Eichberges in 720 m Sh. erkennen. Die rezente, ungefähr einen Kilometer lange schluchtartige Strecke des untersten Lurbaches ist bereits in Schöckelkalk eingetieft und stellt eine relativ junge Entwicklung dar. Ich möchte sie im wesentlichen auf den Versturz unterirdischer Hohlräume zurückführen. So ist auch die Entstehung der über 60 m hohen, z. T. überhängenden Felswand gut verständlich, die heute den Abschluß des Lurkessels bildet. An seiner tiefsten Stelle liegt in 640 m Sh. der derzeitige Hauptponor des Lurhöhlensystems. Einige kleinere, die meiste Zeit des Jahres aktive Schwinden befinden sich am Ost- und Nordfuß des Eichberges. Die wichtigsten davon sind die Eisgrube und der Katzenbach.

Der im Semriacher Eingang der Lurhöhle verschwindende Bach verliert aber bereits ab der Kalk-/Schiefergrenze, bei Pkt. 666, laufend Wasser in den Untergrund. Bei einer am 18. Mai 1952 durchgeführten Vergleichsmessung konnte bei Niederwasserverhältnissen auf dieser etwa einen Kilometer langen Strecke ein Wasserverlust von 28% festgestellt werden (V. MAURIN, 1952).⁴⁾ Der Grad der Durchlässigkeit des Bachbettes und des geklüfteten Untergrundes ist jedoch nicht konstant und es wurde schon des öfteren ein vollständiges Versinken des Niederwassers an verschiedenen Stellen beobachtet. Die am weitesten aufwärts gelegene Bachschwinde zeigte sich im Sommer 1936 knapp unterhalb Pkt. 666.

Auch in der Höhle wählte der hier noch etwa 200 m verfolgbare Lurbach im Laufe der Zeit verschiedene Schwinden mit wechselnder Aufnahmefähigkeit (s. hierzu V. WEISSENSTEINER, 1974 c). Größere Hochwässer übersteigen eine Schwelle und ergießen sich in den nahezu 5 km langen Höhlenzug, der am Nordende von Peggau wieder an den Tag mündet und heute als „Lurgrotte“ auch der Allgemeinheit zugänglich ist. Die letzten 1200 m dieses Hochwasserlaufes werden vom Schmelzbach, einem permanenten Höhlengerinne, durchflossen. Außerdem treten in einigen Abschnitten dieses zugänglichen Teiles des Lurhöhlensystems kleinere Gerinne auf, die entweder bald wieder versickern (wie z. B. der Kaskadenbach im oberen Teil der Höhle) oder dem Schmelzbach zufließen (z. B. die Laurinsquelle). Zwischen dem Zweiten und Dritten Siphon (etwa Höhlenkilometer 1,1 bis 1,5) erscheint bei höherer Wasserführung ein intermittierendes Höhlengerinne, der sogenannte Siphonbach.

Vor dem Ausbau dieser als Hochwasserlauf des Lurbaches fungierenden Höhlenstrecke kam es, bei Verstopfung zwischengeschalteter Siphone, immer wieder zu Stauungen, die nicht nur die riesigen Räume des Höhlensystems mit Wasser erfüllten, sondern wiederholt auch zur Inundation des tieferen Teiles des Kesseltales von Semriach führten. Dies war das letzte Mal im Mai 1910 der Fall. Damals stand der Lurkessel bis

⁴⁾ Einem Durchfluß von 66,5 l/sec bei Pkt. 666 stand nur ein solcher von 50 l/sec am Höhleneingang gegenüber. Von letzterem Betrag sind noch 2 l/sec als oberirdischer Zufluß auf dieser Fließstrecke abzuziehen.

oberhalb der Gastwirtschaft unter Wasser. Auch die bekannte Einschließungskatastrophe vom Mai 1894 wurde durch einen Rückstau im Eingangsbereich verursacht. Über weiter zurückliegende bedeutendere Ereignisse gibt die Pfarrchronik von Semriach Hinweise (W. PUTICK, 1894, V. WEISSENSTEINER, 1974 c, d). So hatten Überflutungen des Kesseltales 1874 bis 651 m und 1844 sogar bis 667 m Sh. gereicht; also etwa einen Kilometer bachaufwärts. Auch für die Jahre 1827 und 1812 sind länger anhaltende Inundationen überliefert, wobei jene von 1827 das Ausmaß der Überschwemmung des Jahres 1844 noch übertroffen haben soll. Über eine in der Pfarrchronik erwähnte Katastrophe zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts fehlen leider nähere Angaben. Der Rückstau soll aber bis unterhalb des Marktes (etwa 700 m Sh.) erfolgt sein.⁵⁾ Seit dem Ausbau der Lurgrotte sind derartige extreme Ereignisse nicht mehr zu erwarten.

In den großen Karstquellen in Peggau (Schmelzbach und Hammerbach) vermutete man schon frühzeitig die Wiederaustritte der im Semriacher Becken versinkenden Oberflächenwässer (F. THINNFELD, 1872, H. BOCK, 1913 d). Aber erst im Jahre 1952 gelang es mit Hilfe eines Markierungsversuches den Zusammenhang zwischen Lurbachschwinde und Hammerbachquelle auch direkt nachzuweisen (V. MAURIN, 1952). Diesem Experiment kommt für alle späteren Untersuchungen insofern Bedeutung zu, als nach einer gründlichen hydrogeologischen Aufnahme der gesamten Tannebenscholle alle in Frage kommenden Wiederaustritte unter Kontrolle standen und an den wichtigsten (Hammerbach, Schmelzbach-Ursprung, Laurinsquelle und Badlbach) sowie an der Lurbachschwinde gleichzeitig Abflußmessungen durchgeführt wurden. Von den am 8. Mai 1952 in die Lurbachschwinde in gelöster Form eingebrachten 800 kg Gewerbesalz (NaCl) konnten nur 222 kg in der in der Luftlinie etwa 3 km entfernten Hammerbachquelle (Höhendifferenz 230 m) nachgewiesen werden. An allen anderen Kontrollstellen verlief die Beobachtung negativ. Unter den damals gegebenen Abflußverhältnissen (Lurbach am Höhleneingang 75 l/sec, Hammerbach 165 l/sec, Schmelzbach-Ursprung 30 l/sec) betrug die Zeit zwischen der Einspeisung und dem ersten Nachweis erhöhter Chloridwerte im Hammerbach 33 Stunden (Abstandsgeschwindigkeit 91 m/h) und 47 Stunden bis zum Erreichen des Peaks (64 m/h). Bei der verhältnismäßig geringen Wiederausbringung von nur 23% des eingespeisten Tracers liegt die Vermutung nahe, daß ein Teil der schwereren Salzlösungen in tiefere Karstschläuche abgezogen und wahrscheinlich direkt in das Talgrundwasser des Murtales übergetreten ist.

Dank des Ausbaus der Lurgrotte mit Steigeanlagen konnte in den folgenden Jahren der bisher schwer zugängliche Hochwasserlauf besser beobachtet werden, und es zeigte sich, daß nach Episoden mit extremer Wasserführung Veränderungen im heute im Detail noch nicht bekannten Karstwässersystem eintreten können. So wurde z. B. der oben erwähnte Siphonbach erstmalig Mitte der fünfziger Jahre festgestellt.

Ein in der Zeit vom 13. bis 18. April 1959 durchgeführter kombinierter Markierungsversuch diente vor allem der Erprobung verschiedener Trifmittels (V. MAURIN & J. ZÖTL, 1959). Dabei wurden unter anderem ungefärbte Lycopodiumsporen in den Lurbach und blau gefärbte in die Eisgrube, einer Schwinde an der Nordostseite des Eichberges eingespeist. Der Nachweis von ungefärbten Lycopodiumsporen im Hammerbach brachte eine Bestätigung der bereits 1952 nachgewiesenen Verbindung zwischen Lurbachschwinde und dieser Großquelle. Das Auftreten sowohl ungefärbter als auch blauer Sporen im Siphonbach bewies einerseits, daß dieser einen Seitenstrang des im einzelnen unbekanntes Lur-Hammerbach-Gerinnens darstellt, andererseits aber auch, daß das östlich und nördlich des Eichberges versinkende Wasser ebenfalls in das Lurhöhlensystem eintritt.

Der wohl umfangreichste und in seiner z. T. quantitativen Auswertbarkeit interessanteste Markierungsversuch wurde Ende März 1966 eingeleitet (H. BATSCHE et al., 1967). Dabei kamen in der Lurbachschwinde (durchschnittliche Wasserführung 77 l/sec) Jod-131, Tritium, Mangan und Uranin sowie blau gefärbte Lycopodiumsporen zum

⁵⁾ Die für solche Katastrophen erforderlichen Wassermengen könnten bei den gegebenen Verhältnissen (Einzugsgebiet 16 km², mittlerer Jahresniederschlag etwa 950 mm) nur durch sehr intensive Landregen und/oder extreme Starkregen zustande kommen. In der mittleren und nordöstlichen Steiermark haben sich allerdings nach den Angaben des Hydrographischen Dienstes im Zeitraum von 1901—1960 die exzessivsten Eintages-Niederschlagsereignisse von ganz Österreich abgespielt: Stiftingtal bei Graz, 16. Juli 1913, 670 mm innerhalb 3 Stunden! Schauereck am Wechsel, 10. August 1915, 650 mm; Allerheiligen-Breitenau, 12. August 1958, 400 mm; Semmering, 5. Juni 1947, 324 mm.

Einsatz, in der Eisgrube blau gefärbte Sporen und im Katzenbach (einer periodischen Schwinde nordwestlich des Eichberges) neben Ammonbromid noch grün gefärbte Lycopodiumsporen. Auch dieser Versuch diente in erster Linie der Erprobung von Markierungsstoffen, brachte aber auch für die Abklärung der Karsthydrographie des Gebietes wertvolle Erkenntnisse.

In der im Durchschnitt 134 l/sec schüttenden Hammerbachquelle wurden alle in der Lurbachschwinde eingesetzten Tracer wieder nachgewiesen. Die Peaks der Durchgangskurven liegen ziemlich einheitlich zwischen 47 und 48 Stunden nach der Einspeisung. Die daraus errechneten Abstandsgeschwindigkeiten zwischen 63,8 und 62,5 m/h, die Geschwindigkeiten für den ersten Nachweis der Tracer würden 89,5 bzw. 79 m/h ergeben. Geringe Mengen von Jod-131 sowie eine braun gefärbte Spore wurden außerdem noch im Schmelzbach registriert.

Dem Versuch, aus den quantitativ auswertbaren Durchgängen mittels der Schwerpunkte der Durchgangskurven und der mittleren Schüttung der Hammerbachquelle die zwischen dieser und der Lurbachschwinde angestauten Wassermengen zu bestimmen, kommt nur der Wert einer größenordnungsmäßigen Anschätzung zu. Außerdem sind die auf diese Weise auf 24.600 bis 36.000 m³ errechneten Volumina sicher nur untere Grenzwerte.

Die in die Eisgrube eingebrachten blau gefärbten Lycopodiumsporen konnten, im Gegensatz zum Versuch 1959, nirgends mehr erfaßt werden. Die Einspeisbedingungen in der Doline waren allerdings sehr ungünstig (Abflußmenge nur 0,2 l/sec) und der Siphonbach, in dem 1959 die Sporen aus der Eisgrube zusammen mit solchen aus der Lurbachschwinde auftraten, floß bei den Mittelwasserverhältnissen im Frühjahr 1966 nicht.

Wertvolle Erkenntnisse für den Entwässerungsmechanismus im Bereich des Lurhöhlensystems brachte aber die Markierung des Katzenbaches. Die hier eingesetzten grün gefärbten Sporen traten in großen Mengen im Schmelzbach-Ursprung, aber auch im Kaskadenbach und überraschenderweise in der Laurinsquelle wieder aus. Letztere hielt man bis dahin für einen reinen Sickerwasserabfluß von der Hochfläche der Tanneben.

Ebenfalls unter Mittelwasserbedingungen (durchschnittliche Abflußmenge am Lurbach 95 l/sec, am Hammerbach 130 l/sec) erfolgte ein weiterer, quantitativ auswertbarer Markierungsversuch im September 1971 (H. ZOJER & J. ZÖTL, 1974). In der Lurbachschwinde eingesetzt wurden neben Lycopodiumsporen Uranin, Kochsalz und Kalisalz. Ein Nachweis der Tracer gelang nur in der Hammerbachquelle. Die Spitzen der Durchgangskurven traten etwa 39 Stunden nach der Einspeisung auf (Abstandsgeschwindigkeit 77 m/h).

Die zahlreichen im Lurhöhlensystem durchgeführten Markierungsversuche ließen erkennen, daß bei Nieder- und z. T. auch noch bei Mittelwasserverhältnissen der Lurbach ausschließlich die Hammerbachquelle alimentiert. Parallel dazu verläuft weiter nördlich ein Entwässerungsstrang Katzenbach — Kaskadenbach — Schmelzbach-Ursprung bzw. Laurinsquelle. Über diesen Ast wird auch ein großer Teil der Sickerwässer aus dem Bereich Eichberg — Pöllau — nördlicher Anteil der Tanneben-Hochfläche abgeführt. Bei erhöhten Mittelwasser- und Hochwasserbedingungen kommt es im Tannebenstock aber zu einer von Süden nach Norden fortschreitenden Stauung, die die unterirdische Entwässerung von einer allgemeinen Südwest-Richtung gegen Westsüdwest verschiebt. So ist es erklärlich, daß der intermittierende Siphonbach beim Versuch 1959 Lycopodiumsporen sowohl aus der Eisgrube als auch von der Lurbachschwinde her führen konnte. Es herrschten damals bei Versuchsbeginn erhöhte Mittelwasserhältnisse nach einem vorhergehenden Hochwasser. Aus dem noch überfüllten Lur-Hammerbach-Gerinne wurde daher im Bereich des Siphonbaches Wasser in den Hochwasserlauf hinübergedrückt. Bei extremen Wasserständen nimmt aber bereits vom Semriacher Eingang aus ein Großteil des Lurbaches seinen Überlauf durch den begehbareren Teil der Lurgrotte und stellt so eine sichtbare Verbindung zwischen dem Lur- und dem Schmelzbach her (siehe hierzu auch: V. WEISSENSTEINER & H. TRIMMEL, 1971, V. WEISSENSTEINER, 1974 c).

Niederschlag und Abfluß stehen dank der Initiative der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz seit 1965 unter laufender Kontrolle. Es wurden hierfür ein Regenmesser in Semriach sowie je ein Schreibpegel am Lur-, Schmelz- und Hammerbach installiert. Die Beobachtungsdaten bis 1972 finden sich in H. ZOJER & J. ZÖTL (1974). Für die vorliegenden acht Meßjahre ergibt sich eine Schwankung der Tagesmittel beim Lurbach von 21 bis 2370 l/sec, beim Schmelzbach von 19 bis 1450 l/sec und beim Hammerbach von 54 bis 824 l/sec. Die Hammerbachquelle hat also die weitaus

geringste Schwankungsziffer. Dies wird noch mehr betont, wenn man die im Zeitraum von 1965 bis 1972 absolut höchsten gemessenen Wassermengen vergleicht: Lurbach etwa 8000 l/sec, Schmelzbach etwa 7500 l/sec und Hammerbach etwa 1200 l/sec.

Seit 1971 konnten in dieses karsthydrologische Beobachtungsprogramm auch monatliche Messungen des natürlichen Tritiumgehaltes der Niederschläge in Semriach bzw. der Wässer des Lur-, Schmelz- und Hammerbaches einbezogen werden. Nach ZOJER & ZÖTL läßt sich nach den vorliegenden Daten interpretieren, daß dem Schieferareal im Einzugsgebiet des Lurbaches eine nicht unwesentliche Speicherwirkung zukommt. Der Schmelzbach zeigt, im großen gesehen, ein zeitlich verschobenes und in seinen Schwankungen gemildertes Abbild der Tritiumwerte der Niederschläge und gibt so einen Hinweis auf den großen Anteil des von der Karstoberfläche rasch bis zum geschlossenen Karstwasserkörper absinkenden Niederschlagwassers. Im Jahresgang der Tritiumgehalte der Hammerbachquelle findet sich eine Bestätigung der auch schon auf anderer Weise erkannten Stellung des Hammerbaches zwischen Lur- und Schmelzbach.

Auf der Grundlage des relativ umfangreichen Beobachtungsmaterials (Niederschlags-, Abfluß-, Isotopenmessungen usw.) wurde nun unter Anwendung eines Computerprogrammes von ZOJER & ZÖTL versucht, für den Bereich des Lurhöhlensystems ein hydrologisches Modell zu erstellen. Diese Arbeiten sind richtungweisend. Es ist beabsichtigt, Beobachtung und Auswertung noch weiter auszubauen und auch das mit den Karstwässern des Tannebenstockes in unmittelbarer Verbindung stehende Grundwasser des Murtales in die Berechnungen miteinzubeziehen.

Karstphänomene spielen im Bereich des Kartenblattes — entsprechend dem großen Anteil der Karbonatgesteine am Aufbau des Grazer Berglandes — eine wesentliche Rolle. Sie schränken einerseits die landwirtschaftliche Nutzbarkeit weiter Bereiche ein, geben aber andererseits die Möglichkeit zur Gewinnung größerer Wassermengen. Soweit es sich dabei um Quellenfassungen handelt, sind sie allerdings auch mit allen Nachteilen einer Karstwasserspense behaftet (Schüttungsschwankungen, Verunreinigungsmöglichkeiten usw.), bieten aber in manchen Teilen des Grazer Berglandes die einzige Grundlage für eine ausreichende Versorgung. Derartige Karstwasserfassungen bestehen u. a. für Weiz (G. GÖTZINGER, 1925, V. MAURIN, 1960 b), Anger, St. Radegund, Mixnitz, Deutsch-Feistritz (H. SEELMEIER, 1942 b) und Köflach (V. MAURIN, 1956 a, V. MAURIN & J. ZÖTL, 1959). Das Wasser des Andritzbaches, der in erster Linie aus dem Andritz-Ursprung — der größten Karstquelle des Grazer Berglandes — gespeist wird, dient der Anreicherung des Grundwasserfeldes im Bereich des Wasserwerkes Graz-Andritz (V. MAURIN & J. ZÖTL, 1972).

Eine interessante und wenig bekannte Karstwasserfassung besitzt auch das Landeskrankenhaus in Graz (H. SCHOLZ, 1930). Drei Quellen am Südostfuß der Hohen Rannach im hinteren Statteggergraben werden über eine fast zehn Kilometer lange „Hochquellenleitung“ der Anstalt zugeleitet. Die Trasse überwindet den Rosenberg mit Hilfe eines 357 m langen begehbaren Stollens. Der ursprünglich mit 9 l/sec. veranschlagte Wasserbedarf ist aber längst derart angestiegen, daß die heutige Versorgung in erster Linie aus dem städtischen Leitungsnetz gedeckt werden muß.

Abschließend sei hier nochmals auf eine bedeutende Grundwasserreserve hingewiesen, die bisher kaum erforscht und nur im Bereich von Köflach in bescheidenem Maße genutzt wird. Überall dort, wo karbonatische Gesteine unter das heutige Vorflutniveau der jeweiligen Talabschnitte hinabreichen, kann mit Kluft- und Karstwasser gerechnet werden. Die zu erwartenden Wassermengen hängen von den lokalen Verhältnissen ab — vor allem von der Tektonik und der Morphogenese. Als Hoffungsgebiete sind neben dem Gradenbachtal mehrere Abschnitte des Murtales zwischen Frohnleiten und Graz sowie die Schöckelkalkmulde des Weizer Berglandes anzusehen.

XII/2. Die hydrogeologischen Verhältnisse in den Bereichen nichtverkarstungsfähiger Festgesteine

Diesem Komplex sind alle Gesteine des Altkristallins (mit Ausnahme der Marmore), die Tonschiefer, stark tonige Kalkschiefer, Phyllite, Grünschiefer, Metadiabase und Sandsteine des Paläozoikums, die Serizitschiefer und Quarzite der Permo-Trias sowie die Tonsteine, Sandsteine, Konglomerate und z. T. auch die tonreicheren Mergelsteine der Kainacher Gosau zuzurechnen.⁶⁾

Bei all diesen Gesteinen ist, mit Ausnahme nur weniger, schlecht gebundener Sandsteine und Konglomerate, die Permeabilität im wesentlichen auf die Trennfugendurchlässigkeit beschränkt. Die wirksamen Wasserwege konzentrieren sich dabei in erster Linie auf die Klüfte. Nur in den durch die Verwitterung und in den Hanglagen auch durch gravitative Kräfte aufgelockerten Bereichen kommt es auch zu einem Aufklaffen der Schicht- und Schieferungsflächen. Da auch die wasserwegigen Klüfte nach unten sowohl ihrer Zahl als auch ihrer Öffnungsweite nach sehr rasch abnehmen, ergibt sich so ein Grenzflächeneffekt. Dieser wird noch durch die Einschwemmung von Feinteilen verstärkt, so daß das einsickernde Wasser — da in gesundem Fels nunmehr eine relativ geringe Trennfugendurchlässigkeit vorhanden ist — angestaut wird und innerhalb der Auflockerungszone seitlich abfließt. Wo der unverwitterte, gewachsene Fels an der Oberfläche austreicht oder sich so weit nähert, daß der Querschnitt der Schuttdecke für den unterirdischen Abfluß zu klein wird, kommt es zu Quellaustritten. Ähnliche Verhältnisse stellen sich ein, wenn der Fels infolge Zersprengung und Zersetzung rasch in Stücke zerfällt und den Hang mit mehr oder weniger mächtigen Schutthalden überzieht.

Für die Ergänzung derartiger seichtliegender Grundwasserkörper spielen lokal tertiäre und auch pleistozäne Verebnungsflächen eine bedeutende Rolle. Wo diese eine sandig-grusige Konsistenz und größere Mächtigkeit aufweisen, bilden sie günstige Voraussetzungen für die Versickerung und Speicherung der Niederschläge.

Im allgemeinen ist die unterirdische Entwässerung in den Gebieten mit nichtverkarstungsfähigen Festgesteinen durch eine große Zahl meist kleiner Quellen charakterisiert. Die höchsten davon treten bereits in den obersten Ansätzen der Gräben auf, ihr Wasser verschwindet vielfach bald wieder in der Verwitterungsschwarte oder in Schutthalden, um nach einiger Zeit als etwas verstärkte Folgequelle wieder an den Tag zu treten. Dieser Vorgang kann sich mehrmals wiederholen, bis sich in den Gräben ständig fließende Gerinne entwickeln.

Quellen, die ihr Wasser ausschließlich aus der Verwitterungsschwarte beziehen, weisen selten Durchschnittsschüttungen über 1 l/sec auf und sind vielfach größeren jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserführung und der Temperatur unterworfen. Dies erklärt sich aus dem beschränkten Einzugsgebiet und dem geringen Tiefgang der Quellstränge.

⁶⁾ In den Ablagerungen des Neogens kommen im Bereich des Kartenblattes zwar ebenfalls verfestigte Mergel-, Sand- und Schotterlagen vor. Diese Ausbildung ist in ihrer lateralen Erstreckung aber meist sehr begrenzt, und eine stärkere Zerbrechung stellt sich höchstens oberflächennahe infolge Hangbewegungen ein. Die hier vorhandenen Klufgrundwasserkörper sind daher sehr bescheiden und nur von lokaler Bedeutung. Dasselbe gilt auch für die Süßwasserkalk-Horizonte des Torton. Hier können sich sogar kleine Karstwassergerinne entwickeln. Ein solches wurde erst kürzlich unterhalb des Schlosses St. Martin am Stadtrand von Graz durch Bauarbeiten aufgeschlossen (V. WEISSENSTEINER, 1974 a).

Dort, wo es dem Wasser aber entlang von Störungen, Zerrüttungsstreifen oder Einschaltungen von besser wasserwegigen Gesteinen (Quarziten, Sandsteinen usw.) möglich ist, weiter in den Bergleib einzudringen, kommt es an tiefer liegenden Verschneidungslinien solcher Bahnen mit der Oberfläche zum Austritt größerer Quellen. Diese zeichnen sich durch eine ausgeglichene Schüttung und Temperatur, vor allem aber durch eine meist einwandfreie hygienische Beschaffenheit aus, da solche Wässer durch ihr längeres Verweilen im Berg und das Durchströmen seihender Gesteinspartien (Ruschelzonen u. dgl.) eine entsprechende Reinigung erfahren haben. Aber auch diese Quellen halten in bezug auf ihre Ergiebigkeit keinen Vergleich mit den früher erwähnten Karstquellen aus. Es ist mir im Grazer Bergland keine einzige Quelle aus den nichtverkarstungsfähigen Festgesteinen bekannt, deren Durchschnittsschüttung auch nur annähernd 10 l/sec erreicht.

Aus den geschilderten Verhältnissen ergibt sich, daß die Versorgungsmöglichkeiten für einzelne Gehöfte und kleinere Siedlungen durch die Unzahl von Quellen in den Bereichen mit wasserstauenden Festgesteinen günstig ist. Der Beschaffung größerer Wassermengen stehen aber schwer überwindbare Schwierigkeiten entgegen. Dies haben Untersuchungen im Raum Köflach—Voitsberg ebenso gezeigt, wie hydrogeologische Aufnahmen in der Umgebung von Graz, im Breitenauer Tal, im Weizer Bergland usw. (H. FLÜGEL 1950, 1951 d, 1953 f, V. MAURIN 1958, 1960 a, W. ZSCHUCKE 1950)

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse in den stellenweise reinen und tektonisch kleinstüchtig zerbrochenen permotriadischen Fischbacher Quarziten. Wo derartige Partien in wasserstauende Gesteine eingefaltet oder seitwärts abgeschlossen sind, können sich in ihnen ergiebige Grundwasserkörper entwickeln, die dann durch Stollen- oder Brunnenfassungen genutzt werden können. Für den Bereich von Birkfeld hat A. THURNER (1971 a, b, 1972) wiederholt auf diese Möglichkeit hingewiesen.

XII/3. Das unterirdische Wasser in den neogenen Ablagerungen

Die dem höheren Miozän (Helvet, Torton, Sarmat) und dem Pliozän angehörenden Ablagerungen der nördlichen Abschnitte des Steirischen Beckens und der z. T. tief in das Grundgebirge eingreifenden Tertiärbuchten sind im allgemeinen durch eine Wechsellagerung von tonigen (-mergeligen) und sandig bis schotterigen Schichten gekennzeichnet. Dabei kann gesagt werden, daß östlich der Mur im großen gesehen der Anteil der feinklastischen Sedimente in den tieferen, sarmatischen bis unterpannonischen Lagen, der der Sande, Kiese und Schotter in den höherpannonischen Bereichen überwiegt. Mächtige tortonische Schotterablagerungen finden sich westlich der Mur im Raume zwischen Köflach und Gratwein.

Soweit diese Schichtfolge über die Haupttäler hinausragt, ist sie durch die zahlreichen Gräben des Hügellandes in meist schmale Riedel zerschnitten. Nach oben hin werden diese Rücken von der Treppe der oberpliozänen bzw. altquartären Ausräumungsfluren begrenzt (A. WINKLER-HERMADEN 1955, 1957).

Durch diese Wechsellagerung von wasserstauenden und wasserführenden Sedimenten kam es zur Bildung mehrerer übereinander liegender Grundwasser-

stockwerke. Die Ergiebigkeit der verschiedenen Horizonte hängt weitgehend von ihrer lateralen Erstreckung und dem zur Verfügung stehenden Einzugsgebiet ab. Da letzteres im stark zerteilten neogenen Hügelland in den höheren Partien meist eng begrenzt ist, leiden die zahlreichen auf den Kämmen dieser Hügelläufe liegenden Einzelgehöfte und Ortschaften unter Wassermangel, der sich besonders in niederschlagsarmen Jahren unangenehm bemerkbar macht.

Der Wasserhaushalt dieser Höhenrücken wird noch dadurch ungünstig beeinflusst, daß gerade auf den flacher geböschten Partien der Wald vielfach gerodet wurde und so seine den Niederschlag speichernde Wirkung verlorenging. Die nun herrschenden Ackerkulturen begünstigen einen relativ raschen oberirdischen Abfluß, der einerseits eine nur geringe Ergänzung des Grundwassers, andererseits selbst innerhalb kleiner Einzugsgebiete aber immer wieder Hochwasserschäden zur Folge hat.

Die sandig-lehmigen Verwitterungsböden und die oberflächennahen tonigen Zwischenlagen im Schichtbau verlieren in längeren Trockenzeiten ihr Porenwasser weitgehend, so daß es zu zahlreichen tiefgreifenden Schrumpfrissen kommt, die in späteren niederschlagsreicheren Perioden zur Auslösung von Hangrutschungen führen können. Die Vorbedingungen für solche Bodenbewegungen sind in der schon geschilderten Wechsellagerung von tonigen und sandigkiesigen Schichtgliedern gegeben. So sind die aus jungtertiären Sedimenten aufgebauten Hänge am Rande des Grazer Berglandes und natürlich auch im übrigen Steirischen Becken fast überall durch solche Rutschungen betroffen. Der Großteil der an vielen Stellen unter die Talsohle reichenden Bewegungen spielte sich während des Pleistozäns oder in niederschlagsreicheren Abschnitten des Postglazials ab. Kleinere und ab und zu auch größere Bodenbewegungen finden aber auch heute noch regelmäßig statt. Dieser Umstand erschwert die landwirtschaftliche Nutzung und viele Baumaßnahmen wesentlich. Mit der Abhängigkeit dieser im Steirischen Becken weit verbreiteten Rutschungen von Schichtbau, Klimaschwankungen und Wasserhaushalt haben sich u. a. A. WINKLER-HERMADEN (1943, 1944, 1949, 1955), A. THURNER (1965) und A. ALKER et al. (1969) befaßt.

Neben den durch Brunnen erschlossenen lokalen Grundwasserhorizonten im tertiären Hügelland spielen die zahlreichen, meist kleinen Quellen an den Hängen für die bäuerliche Wasserversorgung eine gewisse Rolle. Sie sind an die wasserstauenden, tonigen Lagen gebunden und treten vor allem dort aus, wo die vielfach linsenförmig ausgebildeten Grundwasserkörper durch tiefer eingreifende Geländekerben angezapft werden. Ihre primären Austritte sind oft durch Rutschungen maskiert.

Im tieferen Untergrund des Neogenbereiches östlich der Mur führen die hier teilweise auf größere Strecken durchziehenden Sand- und Schotterhorizonte des Unterpannons und des Sarmats und in der Weststeiermark des Torton und Helvets z. T. gespanntes oder artesisches Wasser.⁷⁾

Das Steirische Becken ist durch mehrere Grundgebirgsschwellen in einzelne Teilbecken gegliedert (A. WINKLER-HERMADEN, 1951 a, 1951 b, 1957, K. KOLLMANN, 1960 b). So trennt die Mittelsteirische Schwelle, die den Plabutsch-Buchkogelzug mit dem Sausal verbindet, das Weststeirische Becken vom Bereich zwischen Mur und Raab (Gnaser Becken KOLLMANN's) und die Auersbacher Schwelle bildet die Grenze zum kleineren Fehringner Becken. Der ganze Raum zwischen Fürstenfeld, Hartberg und Oberwart wird vom Nordsteirischen Teilbecken oder Fürstenfelder Becken eingenommen. Das Gnaser Becken findet nach WINKLER-HERMADEN durch die sogenannte Mittelsteirische Flexur und die Grabenlandaufwölbung noch eine Unterteilung in eine Nord- und eine Südhälfte.

⁷⁾ Diese beiden Begriffe werden im folgenden synonym verwendet. Die in der ÖNORM B 2400 gesetzte Beschränkung des Begriffes „artesisch“ auf frei ausfließendes Wasser ist in der Praxis deshalb schwer anwendbar, da je nach Ansatz des Bohrpunktes derselbe gespannte Wasserhorizont ein positives oder ein negatives piezometrisches Niveau aufweisen kann.

Das Einzugsgebiet der artesischen Wässer ist an den Rändern der einzelnen Teilbecken zu suchen und zwar dort, wo Schotter- und Sandhorizonte an die Oberfläche austreichen oder z. T. unmittelbar kluftwasserführenden Festgesteinen auflagern (verkarstete Karbonatgesteine, Vulkanite von Gleichenberg usw.). Daß auch Oberflächengerinne — entweder direkt oder über die seichtliegenden Talgrundwasserkörper — zur Ergänzung der gespannten Tiefenwässer beitragen, wurde schon lange angenommen. Für das Feistritztal konnte H. ZÖJER (1972) diese Zusammenhänge in einer eingehenden Untersuchung näher abklären. Abflußmessungen über mehrere Jahre zeigten, daß der Fluß, in Abhängigkeit von der Wasserführung, sowohl im Becken von Anger—Unterfeistritz als auch unterhalb von Kroisbach (außerhalb des Kartenblattes) Wasser an den Untergrund verliert, das wohl im wesentlichen artesischen Horizonten zugute kommt.

In der Ost- und Weststeiermark werden bei der Niederbringung von Brunnen in Tallagen vielfach schon in geringen Tiefen gespannte Grundwässer angetroffen, so z. B. im Raume von Voitsberg, Stallhofen, Hitzendorf, Andritz, St. Peter, Weiz usw. Nirgends kam es dabei zu einem Ansteigen des Wassers über Terrain, sondern nur zu einer, in einzelnen Fällen bis zu 10 m betragenden Erhöhung des Ruhewasserspiegels in den Brunnenschächten.

Die ersten tieferen Bohrungen im Bereich des Kartenblattes wurden um die Mitte des vorigen Jahrhunderts abgestoßen. Die Hoffnung, wie im Pariser oder Wiener Becken größere Mengen artesischen Wassers zu erschließen, ging aber nicht in Erfüllung. Soweit bekannt ist, wurde der früheste Versuch in Graz am heutigen Kaiser-Josef-Platz unternommen. V. HILBER (1893) beschrieb das erbohrte Profil eingehend. Das 91 m tiefe, in den Jahren 1832/33 abgeteufte Bohrloch erreichte das Tertiär unter quartären Murschottern bei 12,60 m. Darunter kam bis 61,50 m eine Folge grauer, glimmerreicher Schluffe und Tone, die durch Kohlenschmitzen und Anreicherungen organischer Reste lagenweise dunkel gefärbt waren. In diesen fanden sich bei 36, 58 und 61 m graue Sandsteine mit Mächtigkeiten von 0,30 bis 1,90 m und lichtgraue, resche Sande (0,50 m) bei 47 m Tiefe. Unter 61,50 m wurden die Tone bunter. Neben grauen Partien zeigten sich auch graublau, gelbe und rot gefärbte Lagen. Einzelne Schichten waren mergelig und stark verfestigt, so bei 64, 78 und 82 m. Vereinzelt fanden sich im Schichtprofil Pyritkonkretionen. Bei 91,35 m wurde das Bohrloch wegen eines Gesteingebrechens aufgegeben.

Gespanntes Grundwasser wurde in Tiefen von 74 und 78 m angetroffen. Beim höheren Horizont handelte es sich um eine 1 m starke Lage grauen, tonigen Sandes mit nußgroßen Quarzgeröllen. Hier stieg das Wasser „bis 40 cm über den damaligen Murspiegel“. Im unteren Horizont drückte Wasser aus einer 2,95 m mächtigen Schicht gelbbrauner und blauer Kalkmergel mit Quarz- und verwitterten Gneisgeröllen, wobei der Ruhewasserspiegel im Standrohr um weitere 26 cm angehoben wurde.

Artesische Brunnen bestanden im vorigen Jahrhundert in Graz weiters noch in der Petersgasse und in der Peterstalgasse in St. Peter (V. HILBER, 1893). In der Petersgasse stieg aus einer 0,30 m starken Sandlage in blauen Tönen aus 58 m Tiefe das Wasser bis 0,6 m unter Terrain. Der Grundwasserspiegel in den Murschottern lag bei 17 m unter der Oberfläche. Das Bohrloch wurde bis 72,50 m abgeteuft, ohne daß ein weiterer Horizont mit gespanntem Wasser angetroffen worden wäre. Für den artesischen Brunnen in der Peterstalgasse wurden zwei Bohrungen mit 93 und 161 m Tiefe abgestoßen. Das Wasser stieg bis 6 m unter Gelände.

Nach dem Ausbau der öffentlichen Wasserversorgung wurden die bis dahin nur wenig befriedigenden Bemühungen, im Bereich der Stadt Graz artesisches Wasser zu erschöpfen, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts völlig eingestellt. Infolge der angespannten versorgungswasserwirtschaftlichen Verhältnisse nach dem Zweiten Weltkrieg und begünstigt durch die moderne Entwicklung der Bohrtechnik wurden derartige Erschließungsversuche in den letzten Jahrzehnten aber wieder aufgenommen. Sie hatten durchwegs das Ziel, Gewerbe- und Industriebetriebe oder am Stadtrand außerhalb des städtischen Wasserleitungsnetzes neu entstehende Siedlungen in ihrer Wasserversorgung autark zu machen.

So konnte schon 1952 ein damals trockenliegender, 23 m tiefer Schachtbrunnen in

der Elisabethstraße 11 durch die Abteufung einer Bohrung bis insgesamt 87 m Tiefe wieder aktiviert werden. Aus ihr steigen etwa 0,5 l/sec (Ende Mai 1957 1900 l/h) selbsttätig bis 7 m unter Gelände an. Das Wasser ist sehr eisenhaltig und wird daher nur für Kühlzwecke im Bereich des Molkereiverbandes verwendet.⁸⁾

Auch die beiden im folgenden zu beschreibenden Bohrungen wurden vom Grund schon bestehender Brunnenschächte aus abgeteuft, und zwar die eine im Jahr 1968 im Hofe der Fleischwerke Gollner (Reitschulgasse 27) bis auf insgesamt 100 m Tiefe und die andere 1971 in der Seifenfabrik Kielhauser (Sparbersbachgasse 55) bis auf 59 m. Diese beiden Bohrungen sind insofern interessant, als sie sich in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kaiser-Josef-Platzes befinden (erstere in der Luftlinie nur etwa 150 m davon entfernt). Die von der Firma L. Wolf-Pichler aufgenommenen Bohrprofile lassen folgende Einzelheiten erkennen:⁹⁾

Bohrung Graz, Reitschulgasse 27

Bohrmeter

0,00— 11,00	alte Brunnenschachtung
11,00— 14,00	sandiger Kies, braun (Quartär?); ungespanntes Grundwasser
14,00— 24,00	Ton, grau, die obersten 1,60 m braun oxydiert
24,00— 24,50	Feinkies, Sand, graubraun; druckwasserführend
24,50— 27,30	Schluff, grau
27,30— 30,80	Ton, braun
30,80— 35,40	Schluff, grau
35,40— 39,60	Ton, grau, in den unteren 1,20 m mit Kohleschmitzen
39,60— 46,30	Schluff, grau
46,30— 49,40	Tonstein, mergelig; Meißelarbeit
49,40— 51,70	Ton, grau
51,70— 57,80	Ton, Schluff, Feinsand
57,80— 58,70	Ton, grau
58,70— 64,30	Ton und Tonstein, z. T. mergelig, grau; Meißelarbeit
64,30— 67,40	Schluff, grau
67,40— 68,00	Ton, grau
68,00— 68,70	Kies, grau; druckwasserführend
68,70— 81,30	Ton, braun, z. T. braungrau und grau
81,30— 82,50	Ton mit Kies, grau
82,50— 83,70	Kies, grau; druckwasserführend
83,70— 84,20	Ton mit Kies, grau
84,20— 84,50	Kies, grau
84,50— 85,70	Feinkies, grau
85,70— 87,90	Kies mit Ton
87,90— 92,20	Kies mit Sand, grau; druckwasserführend

⁸⁾ Das Bohrprofil ist leider nicht bekannt, doch wurden bei Baugrunduntersuchungen für das in der unmittelbaren Nachbarschaft aufgeführte Hochhaus (Ecke Elisabethstraße — Hugo-Wolff-Gasse) mehrere Kernbohrungen bis 40 m Tiefe niedergebracht. Eine detaillierte Profilbeschreibung findet sich in der ersten Auflage dieser Erläuterungen V. MAURIN (1961). Es lassen sich drei Schichtkomplexe unterscheiden. Zuerst liegen junge Bachsedimente, die von den aus dem Osten kommenden Gerinnen (Kroisbach, Leonhardbach) über der würmzeitlichen Schotterterrasse der Mur abgesetzt wurden. Ihnen entsprechen die obersten 3 m der Profile. Es handelt sich dabei im wesentlichen um umgeschwemmtes Neogen. Darunter folgen bis Bohrmeter 5 bzw. 6 die schon erwähnten Murschotter, die ihrerseits auf jungtertiären, wahrscheinlich dem Sarmat angehörenden Sedimenten liegen. Im großen gesehen lassen sie sich in ihrer Ausbildung und Abfolge mit dem Bohrprofil vom Kaiser-Josef-Platz parallelisieren. Ein Vergleich der einzelnen, eng beieinander liegenden Bohrungen in der Elisabethstraße zeigt jedoch, daß die verschiedenen Einschaltungen von Sand (Sandstein) und Kies z. T. nur linsenförmig entwickelt sind und nicht durchziehen. Den wasserführenden Horizont in der Bohrung VIII in einer Tiefe zwischen 23,60 und 27,75 m könnte man dem ehemals im Molkereibrunnen in 23 m Tiefe erschlossenen Wasserhorizont gleichsetzen.

⁹⁾ Für die Überlassung dieses und der im folgenden wiedergegebenen Profile sei den zuständigen Herren beim Mineralogisch-Geologischen Landesdienst (Bodenaufschlußkartei) auch an dieser Stelle bestens gedankt.

92,20— 93,80	Ton mit Kies, grau
93,80— 94,70	Kies mit Sand, grau, druckwasserführend
94,70— 97,40	Ton, braunrot
97,40—100,00	Ton, braun, z. T. grau

Aus der oberen Kieslage zwischen 24,00 und 24,50 m Tiefe stieg das Wasser selbsttätig bis 11,00 m unter Gelände an, das Druckwasser unterhalb 82,50 m nur bis 17,00 m. Bei der endgültigen Installation des mit einem Durchmesser von 380 mm niedergebrachten Brunnens wurde der Abschnitt zwischen 63 und 94 m Teufe mit einem Filterrohr und entsprechender Kieshinterfüllung ausgebaut. Mittels einer in 94 m Tiefe eingehängten UTA-Pumpe wurden aus dem unteren Horizont zunächst 2,5 l/sec entnommen. Die Förderung mußte aber wegen zu starken Sandauftriebes auf 1,75 l/sec zurückgenommen werden. Unabhängig davon erfolgt die Hebung des ungespannten Grundwassers (3—5 l/sec) aus dem umgebauten Schachtbrunnen. Auf die Nutzung des geringmächtigen und nur wenig ergiebigen Wasserhorizontes in 24 m Tiefe wurde verzichtet.

Die im Hof der Seifenfabrik Kielhauser abgeteufte Bohrung erbrachte folgende Ergebnisse:

Bohrung Graz, Sparbersbachgasse 55

Bohrmeter	
0,00—12,00	alte Brunnenschachtung
12,00—15,30	Kies mit Sand, lehmig (Quartär?); ungespanntes Grundwasser
15,30—15,70	stark aufgeweichter Ton
15,70—34,50	Ton, blau, der oberste Meter blaugrau
34,50—38,00	Kies mit Sand, tonig; druckwasserführend
38,00—51,50	Kies mit Sand, Ton, blau
51,50—54,20	Kies mit Sand; druckwasserführend
54,20—59,00	Ton, blau

Die beiden gespannten Wasserhorizonte zeigten unterschiedliche piezometrische Niveaus. Aus dem oberen (34,50—38,00 m) erfolgte ein artesischer Anstieg bis 8,60 m unter Terrain, aus dem unteren (51,50—54,20 m) bis 4,10 m. Man entschloß sich daher, die beiden Horizonte durch die Abteufung einer zweiten Bohrung (jeweils mit einem Durchmesser von 216 mm) getrennt zu erfassen. Die mittels Tauchpumpen gewinnbaren Wassermengen betragen für das unterste Grundwasserstockwerk 1,2 l/sec und für das mittlere 0,5 l/sec. Dazu kommen noch etwa 2 l aus dem obersten frei ausspiegelnden Grundwasserkörper der quartären Auflagerung.

Am östlichen Stadtrand wurden im Auftrage des Eigenheimbau- und Siedlerringes „Süd-Ost“ artesischen Brunnen am Ragnitzbach unterhalb des Ragnitztalweges (1969) und in Fölling, nördlich des Hauses Mariatroster Straße 390 (1970) abgeteuft. Sie ergaben folgende Bohrprofile:

Bohrung Graz, Ragnitztalweg

Bohrmeter	
0,00— 0,30	Humus
0,30— 3,00	Grobkies
3,00— 6,20	Schotter, lehmig
6,20— 8,80	Sand, lehmig
8,80— 12,15	Lehm mit Geröllen
12,15— 14,30	Grobschotter
14,30— 18,10	Sand, lehmig
18,10— 26,00	Ton, blau
26,00— 47,00	Ton, grau
47,00— 48,20	Sand
48,20— 94,00	Ton, grau, blaugrau, blau
94,00— 95,30	Schotter
95,30—104,00	Ton, blau

Der Enddurchmesser der Bohrung beträgt 140 mm. Aus der 1,30 m mächtigen Schotterlage unterhalb 94 m Tiefe stieg gespanntes Grundwasser selbsttätig bis auf 11,25 m unter Terrain an. Mit Hilfe einer in 20 m Tiefe eingesetzten Tauchpumpe wurden in den Jahren 1969 bis 1971 täglich etwa 40.000 Liter Wasser gefördert. Seitdem liegt der Brunnen still, da in der Zwischenzeit die Siedlung am Ragnitztalweg an das städtische Wasserleitungsnetz angeschlossen werden konnte.

Bohrung Graz-Fölling, Mariatroster Straße 390

Bohrmeter

0,00— 0,30	Humus
0,30— 4,00	Lehm mit Kies
4,00— 10,00	Ton, grau
10,00— 21,50	Kies und Sand
21,50— 29,00	Kies, sandig-lehmig
29,00— 41,50	Feinsand, lehmig
41,50— 54,00	Grobsand — Feinkies
54,00— 92,00	Feinsand, lehmig
92,00—113,50	Feinsand — Schluff
113,50—116,00	Sand, sehr fest gelagert, Kohleschmitzen
116,00—117,00	Sand mit Kies

In dem mit nur 80 mm Enddurchmesser abgeteufte Bohrloch stieg das Wasser bis 18,00 m unter Geländeoberfläche artesisch auf. Die tägliche Wasserentnahme beträgt etwa 16.000 Liter und liegt deutlich unter der tatsächlichen, bisher noch nicht exakt festgestellten Ergiebigkeit des Brunnens.

Das wohl bedeutendste und auch spektakulärste Ergebnis einer Bohrung auf artesisches Wasser im Raume Graz brachte die Abteufung eines über 200 m tiefen Brunnens im Werksgelände der Brauerei Puntigam im Jahre 1968. Die im Auftrag der Brauerei Brüder Reininghaus von der Tiefbohrergesellschaft Etschel & Meyer bis 204,00 m niedergebrachte Bohrung erreichte bei 202,20 m tortonische Leithakalke. Aus diesen und darüber gelagerten Grobsanden stieg mineralisiertes Thermalwasser (balneologisch als Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Sulfat-Akratotherme zu bezeichnen) bis über Rohroberkante auf. Weiters erschloß dieser Brunnen gespannte Wasserhorizonte in 73, 97, 121 und 187 m Tiefe. Die Gesamtergiebigkeit liegt bei 10 l/sec. Eine genaue Beschreibung dieses Bohrprofils und das eines 1972 bis 269 m abgeteufte zweiten Brunnens erfolgt durch A. THURNER (Seite 271).

Neben den im vorhergehend beschriebenen mehr oder weniger erfolgreichen Bohrungen wurden im Laufe der Zeit im Raume Graz auch einige ergebnislose Versuche der Erschließung artesischen Wassers unternommen. So berichtet z. B. V. HILBER (1894) über derartige Bohrungen bei der Brauerei Reininghaus (123 m) und im Stadtpark beim Paulstör (57 m). Um 1960 wurde eine bei der Raabmühle am südöstlichen Stadtrand abgeteufte Bohrung in 170 m Tiefe erfolglos abgebrochen. Das gleiche Schicksal war 1966 dem Versuch den Grazer Stadtparkbrunnen mittels eines Artesers zu versorgen beschieden. Die Bohrung wurde in 40,2 m Tiefe eingestellt.

Die im Raum Graz bisher abgestoßen Bohrungen gestatten einen ersten Überblick über die tieferen (gespannten) Wasserhorizonte im Bereich des nördlichen Grazer Feldes. Die an den Abhängen des Buchkogels und in der Bucht von Webling (Straßgang) obertag austreichenden tortonischen Ablagerungen wurden in der Bohrung Pirka (A. PAPP 1953) unter der würmeiszeitlichen Schotterterrasse bis in 255,7 m Tiefe erschlossen. Sie lagern hier paläozoischen Kalken direkt auf. Während im unteren Drittel ein mehrmaliger Fazieswechsel zwischen marin-brackisch und fluviatil-limnisch festzustellen ist, zeigten die Schichten oberhalb 193,2 m keinen marinen Einfluß mehr. Besonders in diesen oberen 200 m sind im stärkeren Maße grobklastische, sandig bis schotterige Lagen eingeschaltet. Hydrogeologische Beobachtungen wurden während der Bohrarbeiten leider nicht angestellt.

In der Puntigamer Bohrung liegt die Torton-Sarmatgrenze in 149 m Tiefe und sinkt nach Osten hin weiter ab; wahrscheinlich sind daran auch Staffelbrüche beteiligt. Da die Mächtigkeit des Sarmats in das Beckeninnere zu stark anschwilt (K. KOLLMANN 1960 b: im Gnaser Becken maximal 750 m, am Ostrand des Grazer Feldes wahrscheinlich bei 250 m), kann man annehmen, daß keines der oben beschriebenen Bohrprofile aus dem Bereich östlich der Mur die Tortonobergrenze erreichte. Wie die wenigen zur Verfügung stehenden Aufschlüsse zeigen, ist das Sarmat in diesem Abschnitt hauptsächlich durch fein-

klastische limnische (z. T. auch brackische) Sedimente vertreten. Sand- und Schotterzüge sind in diesen Stehwasserablagerungen nur untergeordnet als Rinnefüllungen und lokale Deltaschüttungen eingeschaltet. Diese stehen wohl vielfach untereinander in Querverbindungen, das Speichervolumen und die Ergänzungsmöglichkeiten sind aber beschränkt. Es besteht daher wenig Aussicht, aus dem sarmatischen Untergrund des Grazer Feldes größere Mengen gespannten Grundwassers zu erschöpfen.

Völlig neue Aspekte haben sich aber durch die Erschließung von Thermalwasser aus den Leithakalken durch die Puntigamer Bohrung ergeben. Es wäre anzustreben, Verbreitung und Mächtigkeit dieser z. T. klastisch, z. T. karbonatisch ausgebildeten Schichtfolge im Untergrund von Graz näher abzuklären; desgleichen die Verteilung der erhöhten Mineralisation und Temperaturen der Tiefenwässer. Hier könnte noch eine, auch wirtschaftlich interessante Grundwasserreserve vorhanden sein.

Auch außerhalb von Graz stehen — vor allem am Grundgebirgsrand — erfolgreichen Bohrungen ergebnislose Versuche gegenüber. So beschreiben z. B. A. WINKLER-HERMADEN & W. RITTLER (1949) eine vergebliche 80-m-Bohrung zwischen Schloß Tannhausen und Weizberg bei Weiz. Westlich der Mur wurde im Herbst 1957 grundgebirgsnahe, in den tief in das Bergland eingreifenden Tertiärbecken zwischen Gratwein und Stiwoll (Schirning Nr. 88), eine 72 m tiefe Bohrung in eine Folge tortonischen Schotters niedergebracht. Das Wasser stieg ursprünglich bis 1 m unter Terrain an und hält sich heute in etwa 4 m Tiefe. Das Bohrprofil ist leider nicht bekannt.

Anders liegen die Verhältnisse im Inneren des Steirischen Beckens. Hier bestehen heute bereits über 1500 artesische Brunnen; etwa 100 in der Südweststeiermark (mittleres Stainz- und Laßnitztal; H. ZETINIGG 1973 b), der überwiegende Anteil aber in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland. Die meisten dieser Anlagen dienen Einzelgehöften sowie Gewerbe- und Industriebetrieben, aber auch die zentralen Versorgungen sind fast ausschließlich auf das tiefliegende gespannte Grundwasser angewiesen.

Die im Talniveau vielfach frei auslaufenden Brunnen haben ganz selten Schüttungen über 0,5 l/sec. Durch einen entsprechenden Ausbau und z. T. beträchtlicher Absenkung des Wasserspiegels infolge Pumpbetriebs konnten aber ausnahmsweise auch Fördermengen von annähernd 10 l/sec. erzielt werden, z. B.:

Gleichenberg, Rohrbrunnen II	7 l/sec
Gleisdorf, Raabwegbrunnen	10 l/sec
Feldbach, Brunnen Mühldorf	15 l/sec

Durch das vorliegende Kartenblatt werden in der Oststeiermark nur die artesischen Brunnen zwischen der Mur und dem Raabtal oberhalb Gleisdorf sowie jene im obersten Ilztal erfaßt (nördliches Gnaser Becken). Diese Brunnen sind durchwegs im Pannon (z. B. Preding, Unterfladnitz, St. Ruprecht [etwa 25], Stadl, Freiberg, Saubach) oder im Obersarmat (z. B. Gleisdorf [über 50], Wünschendorf, Urscha) angesetzt. Die tiefste Bohrung dieses Gebietes befindet sich mit 125 m Endteufe in Gleisdorf. In A. WINKLER-HERMADEN & W. RITTLER (1949) sind von einer größeren Zahl dieser Brunnen die Bohrprofile wiedergegeben.

Da man annehmen muß, daß die durch Bohrungen erschlossenen artesischen Wässer des tieferen Untergrundes im allgemeinen bereits einen längeren Weg von ihrem Versickerungsbereich zu den Brunnen zurückgelegt haben, erhob sich die Frage nach dem jeweiligen Einzugsgebiet, den unterirdischen Wasserwegen

und Fließgeschwindigkeiten und damit letzten Endes nach dem „absoluten Alter“ dieser Wässer. Dies umso mehr, als sich schon bald zeigte, daß in Bereichen mit einer größeren Anzahl artesischer Brunnen Neubohrungen die Schüttung der älteren beeinflussen und ganz allgemein eine Absenkung der Druckspiegelhöhen zur Folge hatten. Erschwerend tritt hier noch hinzu, daß durch die frei ausfließenden, zwar meist kleinen, aber zahlreichen Brunnen mit einem positiven piezometrischen Niveau eine ungeheurere Wasserverschwendung stattfindet. Nach einer systematischen Aufnahme der artesischen Brunnen im politischen Bezirk Fürstenfeld konnten F. RONNER & J. SCHMIED (1968) nachweisen, daß hier über 95 % des Wassers ungenutzt abfließen. In anderen Gebieten ist es vielfach nicht besser. Da ein Großteil der älteren Bohrungen außerdem nur ungenügend verrohrt ist, tritt bei diesen z. T. auch noch ein Wasserverlust durch Übertritt des Druckwassers in Horizonte mit geringerer Spannung, bzw. in das seichtliegende, wegen seines hohen Eisengehaltes oft unbrauchbare Talgrundwasser ein.

Um die auch wirtschaftlich wichtige Frage der Ergänzung der artesischen Wässer (Einzugsgebiet, absolutes Alter usw.) abzuklären, kamen in den letzten Jahren moderne hydrogeologische, physikalische und chemische Methoden zum Einsatz.¹⁰⁾

Als Testgebiet wurde zunächst der Raum um Hartberg ausgewählt, in der weiteren Folge aber auch das Einzugsgebiet der Feistritz und der Raab einbezogen. Neben der Abteufung von Versuchsbohrungen, hydrogeologischen Aufnahmen, Druckspiegel- und Abflußbeobachtungen sind es vor allem die erstmals an steirischen Artesern durchgeführten Isotopenmessungen (Carbon-14, Tritium, Deuterium, Oxygen-18), die auch Rückschlüsse auf die bisher noch nicht erfaßten Bereiche des Steirischen Neogenbeckens ermöglichen (G. H. DAVIS et al. 1968, J. ZÖTL 1971 b, c, H. MOSER et al. 1972).

So ergaben bereits die ersten Carbon-14-Untersuchungen Alterseinstufungen zwischen wenigen und 32.000 Jahren. Eine Auswahl aus dem von DAVIS et al. publizierten Daten möge dies kurz erläutern (Tab. 45).

¹⁰⁾ An diesen Untersuchungen waren neben den zuständigen Dienststellen der Steiermärkischen Landesregierung vor allem die Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz in Zusammenarbeit mit der International Atomic Energy Agency, Section of Hydrology, in Wien und der Forschungsstelle für Radiohydrometrie in München beteiligt.

Tab. 42: Carbon-14-Alter und Deuteriumswerte einiger artesischer Wässer aus dem Steirischen Becken.

ORT	Brunnentiefe in m	Deuterium- Gehalt in ‰ δ D*	Carbon-14-Alter in Jahren
Weinberg a. d. Raab (bei Fehring)	55	-63,9	4.543
Grafendorf (b. Hartberg)	136	-62,9	7.625
Feldbach	92	-68,2	8.364
Eggendorf (b. Hartberg)	78	-61,0	9.408
St. Ruprecht a. d. Raab (noch auf dem Kartenblatt)	70	-66,7	10.168
Johnsdorf (bei Fehring)	88	-69,1	11.736
Hartberg, Molkerei	192	-70,3	29.960
Neustift	86	-75,9	31.425
Unterschützen	279	-69,8	32.730

*7 Der δ D-Wert ist die relative Abweichung des Deuteriumgehaltes (in ‰) des Porenwassers von einem Standardwasser (SMOW).

Bei der Auswertung eines größeren Probenmaterials zeigte sich eine auffällige Korrelation zwischen dem steigenden Alter der Wässer seit der Infiltration und einem sinkenden Deuteriumgehalt. Alle Wässer mit einem Alter von mehr als 13.600 Jahren wiesen δ D-Werte von weniger als -70 ‰ auf. Da nun der Deuteriumgehalt eines Niederschlagswassers von der Temperatur bei der Kondensation bestimmt wird, können die gemessenen δ D-Werte Hinweise auf die Höhe des Nährgebietes eines Grundwassers und/oder die Klimaverhältnisse während der Versickerung geben. Da im Steirischen Becken aber seit dem Spätpleistozän keine wesentlichen topographischen Veränderungen mehr stattfanden und damit auch die Lage der (höhenmäßig nur wenig differierenden) Einzugsgebiete der artesischen Tiefenwässer gleich blieb, sind die unterschiedlichen Deuteriumgehalte als Klimaeffekte zu werten (J. ZÖTL 1971 b, c, H. MOSER et al., 1972). Niedere δ D-Gehalte (-70 ‰ bis -85 ‰) wären demnach für Wässer aus der Würm-Kaltzeit, hohe (-57 ‰ bis -65 ‰) für solche aus dem postglazialen Klimaoptimum oder aus der Jetztzeit bezeichnend.

Diese Untersuchungen stehen am Anfang, haben aber schon gezeigt, daß durch eine kombinierte Auswertung von Messungen an stabilen und instabilen Isotopen, Spurenelementen (H. GAMERITH et al., 1973), Druck und Abflußbeobachtungen usw. eine Gliederung der artesischen Grundwässer des Steirischen Beckens nach Stockwerken und Einzugsgebieten weitgehend möglich sein wird.

Liegen für den Bereich des Kartenblattes auch nur wenige derartige Messungen vor, so gestatten die in anderen Teilen des Neogenbeckens erzielten Ergebnisse doch auch für dieses Areal eine zutreffendere Beurteilung. Schon aus wirtschaftlichen Überlegungen ist zu hoffen, daß die eingeleiteten Untersuchungen fortgesetzt und im Laufe der Zeit das gesamte Steirische Becken systematisch erfassen werden. Nur auf einer exakten wissenschaftlichen Basis wird es in Zukunft möglich sein, diesen wertvollen, aber in seiner Erneuerung beschränkten Grundwasserschatz vor Schäden (z. B. maßlose Vergeudung) zu schützen und einer optimalen Nutzung zuzuführen. Für weite Teile des Steirischen

Beckens stellen diese gespannten Tiefenwässer die einzige Basis für eine ausreichende und hygienisch einwandfreie Wasserversorgung dar.

Gespannte Wässer, die verschiedentlich bei Lagerstättenbohrungen im Köflach—Voitsberger Revier angetroffen wurden, stammten durchwegs aus den verkarsteten mesozoischen Karbonatgesteinen des Tertiäruntergrundes. Dies zeigte sich u. a. in mehreren Bohrungen im Bereich des heutigen Dampfkraftwerkes Voitsberg. Im Bohrloch 24 (Numerierung der GKB) stieg der Wasserspiegel nach Erreichen der Dolomitgrenze (52,50 m) um 1,50 m an, bei Bohrloch 22 (Dolomitgrenze in 112,50 m Tiefe) stellte sich sogar ein starker Überlauf an der Rohroberkante ein. In der an der Stelle des heutigen Werkstattegebäudes des Dampfkraftwerkes niedergebrachten Bohrung 25 drangen aus karbonatischen Gesteinen in 81,20 m Tiefe 3 l/sec bis an die Oberfläche. Dieser artesischer Wasseraustritt besteht heute noch.

Nach einer freundlichen Mitteilung von Professor Dr. H. SEELMEIER kam es auch bei den im Rahmen der Blei-Zink-Prospektion im Raum Peggau — Deutschfeistritz 1941 abgeteufte Bohrungen zu artesischen Wasserauftrieben aus den Gesteinen des Paläozoikums.

XII/4. Die Grundwässer in den jungen Talfüllungen

Zu den wesentlichsten und versorgungswasserwirtschaftlich wichtigsten Speichern gehören im Bereich des Kartenblattes die eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Ablagerungen in den größeren Tälern.

Als Grundwasserleiter kommen hier in erster Linie die Schotter des Würms und des Holozäns in Betracht. Die die Flüsse begleitenden Grundwasserströme sind auf diese Vorfluter ausgerichtet und damit dem bekannten Wechselspiel zwischen Hoch- und Niederwasserständen unterworfen. Auch bei starker Verschmutzung der Fließgewässer — wie dies z. B. an der mittleren Mur in einem katastrophalen Ausmaß der Fall ist — wird dieser Austausch nicht ganz verhindert, da die sich zeitweise bildende Dichtungshaut bei Hochwasserführung immer wieder abgeräumt wird. Eine weitgehende bis vollständige Abdichtung des Untergrundes durch den Absatz von Schwebstoffen haben wohl die zahlreichen Stauräume erfahren.

Im großen gesehen verläuft die Strömungsrichtung des unterirdischen Wassers parallel zu den Oberflächengerinnen, wird aber an vielen Stellen, z. B. durch Veränderungen des Talquerschnittes, dem Vorbau von Schuttkegeln und dem Zuströmen von Grundwasser aus Seitentälern oder auch bei starkem Mäandrieren des Flußlaufes modifiziert. Für die Fließgeschwindigkeiten (Abstandsgeschwindigkeit) sind das Grundwassergefälle (meist in Abhängigkeit vom Sohlgefälle) sowie der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens maßgebend. Letzterer wird weitgehend von Aufbau und Morphologie des Einzugsgebietes sowie den Klimaverhältnissen während der Ablagerung der Sedimente bestimmt; vielfach auch noch durch spätere, diagenetische Veränderungen. So sind z. B. die im allgemeinen sehr einheitlich aufgebauten würmzeitlichen Terrassenschotter des mittleren Murtales stellenweise konglomeriert. In ihnen und auch in den holozänen Ablagerungen dieses Gebietes finden sich außerdem immer wieder schluffige Einschaltungen. Die absoluten Werte der Abstandsgeschwindigkeiten können daher auf engem Raum sehr stark variieren. So wurden z. B. bei Untersuchungen im nördlichen Grazer Feld Geschwindigkeiten von 2 m (Gösting) und 200 m pro Tag (Weinzödl) festgestellt.

Eine wichtige Rolle spielen auch die bereits in Abschnitt XII/1 behandelte Wechselbeziehungen zwischen den Porenwässern in den Talfüllungen mit unterlagernden oder die Talflanken begleitenden Karstwasserkörpern.

Die bedeutendsten Talgrundwasservorkommen im Kartenbereich finden sich in den jungquartären Terrassensedimenten des Murtales. Nach N. ANDERLE (1969) bedecken diese Ablagerungen im Talabschnitt zwischen St. Michael und Weinzödl etwa 65 km², im Grazer Feld 160 km².

Die meist sehr reinen sandigen Würmschotter erreichen dabei beträchtliche Mächtigkeiten (südliches Grazer Feld 10—15 m, Peggau—Frohnleiten etwa 25 m und bei Judenburg, hier mit den Endmoränen des Murgletschers verknüpft, bis über 50 m). Diese großen Kubaturen sind wohl in erster Linie auf die direkte Verbindung mit dem vergletscherten Oberland zurückzuführen, so daß sich hier alle klimatischen Faktoren unmittelbar auswirken konnten. Nach oben sind diese Terrassenkörper fast überall von einer Aulehmdecke (0—3 m) abgeschlossen, die ganz wesentlich zur Reinhaltung des Grundwassers beiträgt.

Die übrigen, im Grazer Bergland selbst entspringenden Bäche und Flüsse, mit ihren viel kleineren Einzugsgebieten, standen während der Kaltzeiten nur unter periglazialem Einfluß. Die hier gleichzeitig abgelagerten Schotterterrassen sind daher meist bescheidener und, je nach dem Aufbau des Hinterlandes, wesentlich stärker mit Schluff- und Tonmaterial untermengt.

Älterquartäre Terrassenreste sind im Murtal zwischen St. Michael und Graz nur vereinzelt auf Felsspornen oder in geschützten Lagen in den beckenförmigen Erweiterungen des Tales erhalten geblieben (z. B. bei Frohnleiten). Sie spielen, zum Unterschied vom Murtal unterhalb Graz, für die Grundwasserbildung nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Wesentlich für die Gestalt und Ausdehnung der heutigen Grundwasserfelder ist aber, daß im Spätwürm oder Frühholozän eine kräftige Tiefenerosion einsetzte, die im Murgebiet bis in das südliche Grazer Feld bis weit unter die Sockelflächen der Würmterrassen einschnitt (H. FLÜGEL 1960 c). Diese Tiefenrinnen — im Oberland z. T. bis 20 m unter die Basis der älteren Terrasse hinabreichend — sind heute mit mächtigen, den Würmschottern in Kornverteilung und Zusammensetzung sehr ähnlichem Material wieder weitgehend aufgefüllt. Das unterirdische Wasser bildet daher unabhängig von den (oberflächlich als Terrassenstufe hervortretenden) verschieden alten Schotterkörpern durchgehende Grundwasserfelder.

Im oberen Murtal setzen sich die pleistozänen und holozänen Schotterterrassen, z. T. mit gleicher Mächtigkeit wie im Haupttal, in die Seitentäler fort. Für das untere Vordernberger Tal zwischen dem Trofaiacher Becken und Leoben sind die Verhältnisse näher untersucht und durch A. WINKLER-HERMADEN (1958) dargestellt. So wurden im Bereich des Hüttenwerkes Donawitz die Mächtigkeiten der Alluvialschotter innerhalb der spätglazialen-frühholozänen Tiefenrinne mit nahezu 40 m festgestellt.

Für die Gewinnung großer Grundwassermengen ist vor allem diese jüngstquartäre Tiefenrinne von großer Bedeutung. Sie wurde an vielen Stellen des mittleren und oberen Murtales durch Bohrungen und geophysikalische Untersuchungen nachgewiesen. Einige in der Alluvialflur angesetzte Bohrungen seien auf Tab. 46 wiedergegeben.

Tab. 46: Schotter- und Grundwassermächtigkeiten in den holozänen Tiefenrinnen im Bereich des Murtales

Ort	Ansatzpunkt in m Sh.	Schotter- mächtigkeit in m	durchschnittliche Mächtigkeit des Grundwassers in m
Donawitz (Vordernberger Bach, Fröschelwirt)	588	39,50	18
Peggau-Süd (Lagerstättenbohrung IV)	etwa 408	43,50	35
Friesach (Bohrung VI)	391,48	28,50	22,50
Graz-Andritz (nordöstl. des Wasserwerkes)	etwa 364	30,60	22
Graz-Andritz (östlich des Wasserwerkes)	etwa 361	31,40	23
Graz, Roseggerkai (Gebietskrankenkasse)	347,90	(3,10 m angesch. Material) 22,40	19,50
Graz-Süd (Wasserwerk, Bohrung V)	330,01	16,20	14

Wenn die oben angeführte Bohrreihe auch sehr lückenhaft ist, so ist die Abnahme der Grundwassermächtigkeit von Norden nach Süden doch gut erkennbar. Dies hängt mit dem Konvergieren der pleistozänen und holozänen Terrassen murabwärts zusammen, und zwar betrifft dies sowohl die Terrassenoberkanten als auch deren Sohlflächen (s. hierzu auch A. WINKLER-HERMADEN 1955, H. FLÜGEL 1960 c). Auch die Tiefenrinne im Sockel der Würmterrasse hebt gegen Süden aus, so daß sie im Leibnitzer Feld nur noch ganz schwach in Erscheinung tritt (J. ZÖTL 1968).

In den Seitentälern im Bereich der mittleren Mur, wie auch in den Tal-furchen der Einzugsgebiete von Raab und Kainach, herrschen im Prinzip die gleichen Verhältnisse. Auch hier bilden die eis- und nacheiszeitlichen Kies- und Schotterablagerungen die Grundwasserführer. Ihre Mächtigkeiten sind aber bedeutend geringer und auch die spätglaziale-frühholozäne Erosionsphase war nicht so wirksam. Die durch sie ausgeschürften Rinnen reichen daher weniger tief unter den Sockel der Würmterrasse hinab oder sind nur in diese eingeschnitten.

Ungünstig für die Wassergewinnung ist außerdem der — gegenüber den Murschottern — meist erhebliche Schluff- und Tongehalt dieser jungquartären Talfüllungen. Trotz der im allgemeinen hochliegenden Grundwasserspiegel sind die Ergiebigkeiten daher gering und die Wasserqualität wegen der ungenügenden Überdeckung für Trinkzwecke oft wenig geeignet. Letzteres trifft vor allem für die seichtliegenden Talgrundwässer im Steirischen Becken zu, bei denen sich vielfach noch ein höherer Eisengehalt störend auswirkt.

Zu Überraschungen bei der Abteufung von Brunnenanlagen kann es dort

kommen, wo die, die Terrassensockel unterlagernden Festgesteine oder die wasserstauenden Sedimente des Jungtertiärs bis über den Grundwasserspiegel in den Talfüllungen hinaufragen. Dies ist z. B. in Graz-Gösting in der sogenannten Raacher Siedlung der Fall, wo die Würmterrasse einem hochgelegenen Dolomitsockel vollkommen trocken aufsitzt (J. G. HADITSCH 1964). Ähnliche Verhältnisse herrschen in einzelnen Teilen des Grazer Feldes östlich der Mur. Auch hier reicht z. T. der tertiäre Sockel bis über das Niveau des Murgrundwassers hinauf.

Dank der vorwiegend wasserstauenden Neogenunterlage können sich in diesen Bereichen aber bescheidenere lokale Grundwasserfelder entwickeln. Ihre Ergänzung finden sie einerseits aus den auf die Terrassenoberfläche fallenden Niederschlägen und andererseits zu einem nicht unbedeutenden Teil aus Sickerwasserverlusten der aus dem tertiären Hügelland zuströmenden Bäche. (Letzteres ist im höheren Maße in der Westhälfte des Grazer Feldes der Fall. Dort erreicht zwischen Gösting und Wundschuh keines der vom Beckenrand kommenden kleinen Gerinne den Terrassenabfall der Würmschotter.)

Erschwerend für die Gewinnung größerer Wassermengen im Bereich der Würmterrasse im Grazer Feld östlich der Mur ist die starke Verzahnung der von der Mur sedimentierten Schotter (mit meist günstigem Porenvolumen und Durchlässigkeitsbeiwerten) mit umgeschwemmtem, stark lehmigem Neogenmaterial vom östlichen Beckenrand. Daraus erklären sich auch die Schwierigkeiten bei der Planung für zentrale Versorgungsanlagen mit größeren Entnahmen.

Da in den letzten Jahren im südöstlichen Grazer Feld eine starke Zunahme der Bevölkerung und der Gewerbebetriebe stattfand, und eine Versorgung dieses Gebietes durch die Grazer Stadtwerke nicht möglich sein wird, sahen sich die zuständigen Stellen der Landesregierung veranlaßt, den Raum zwischen Thondorf und Fernitz einer wasserwirtschaftlichen Analyse zu unterziehen. Die Ergebnisse wurden in Bd. 22 (1973) der Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung publiziert (mit Beiträgen von L. BERNHART, J. NOVAK, W. POPP und H. ZETINIGG). Es zeigte sich, daß der im Bereich der Alluvialflur in seiner Mächtigkeit und Ergiebigkeit günstige Grundwasserkörper für die Gewinnung einwandfreien, naturbelassenen Trinkwassers nicht mehr in Frage kommt, da einerseits das Grundwasser an vielen Stellen bis knapp unter die Oberfläche reicht und z. T. auch hochwassergefährdet ist und sich andererseits schon eine starke Beeinträchtigung durch anthropogene Einflüsse bemerkbar macht.¹¹⁾

Auf der im Osten anschließenden Würmterrasse ergab die Auswertung einer größeren Zahl älterer Bohrungen und Brunnenprofile, daß mit Annäherung an das tertiäre Hügelland mit einer raschen Abnahme der Schotter- und Grundwassermächtigkeiten sowie einer Zunahme der lehmigen Beimengungen und Überdeckungen zu rechnen war. Aber auch die nach reichlichen Überlegungen angesetzten neuen, für Pumpversuche vorgesehenen Bohrbrunnen brachten z. T. Überraschungen. Brunnen I, obwohl etwa in der Mitte der Würmterrasse gelegen (1 km südöstlich Gössendorf), erreichte bereits in 6 m Tiefe den Tertiäruntergrund. Er traf scheinbar auf einen Nord-Süd-ziehenden, vorher nicht bekannten Neogenrücken. Die Grundwassermächtigkeit liegt hier, je nach der stark schwankenden Spiegelhöhe, bei nur 1 bis 2 m.

Der weiter östlich gelegene Versuchsbrunnen II im Bereich von Berndorf brachte wesentlich günstigere Ergebnisse (bis 0,7 m Lehm, darunter 11,0 m Grobkies und Sand, ab 11,7 m tertiäre Tone; zwischen 8,0 und 8,6 m war ein stark toniger Kieshorizont eingeschaltet). Der Grundwasserspiegel lag am 20. Dezember 1972 6,30 m unter Gelände. Laboruntersuchungen (s. J. NOVAK 1973) erbrachten für die grundwasserführenden

¹¹⁾ So wurde z. B. — aus dem Bereich eines metallverarbeitenden Großbetriebes kommend — ein über vier Kilometer langer und maximal einen Kilometer breiter Grundwasserstreifen mit chromhaltigen Abwässern kontaminiert (s. hierzu Taf. 1 in H. ZETINIGG 1973). Außerdem wird z. Z. in Dörfla die Großkläranlage der Stadt Graz gebaut.

Kiese Porenvolumina zwischen 24,3 und 26,1% und Durchlässigkeitsbeiwerte (kf) zwischen $1,5 \cdot 10^{-4}$ und $1,1 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Die unterhalb 8,0 m Tiefe eingeschaltete stark tonige Kieslage ergab bei einem Porenvolumen von 27,1% einen kf-Wert von $2,6 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Durch diese Schicht wird (wie sich später herausstellte) der Grundwasserkörper praktisch in zwei Stockwerke getrennt. Dies wirkte sich bei einem zunächst mit einer Entnahmemenge von 15 l/sec angesetztem Pumpversuch in einer derart rapiden Absenkung aus, daß ein Grundbruch im oberen Stockwerk zu befürchten war. Erst bei einer Drosselung der Entnahme auf 1,15 l/sec stellte sich ein Beharrungszustand ein. Auf die Ermittlung der Ergiebigkeit für diesen Bereich wurde daher verzichtet. Die aus dem natürlichen Grundwassergefälle berechnete Fließgeschwindigkeit liegt bei 0,03 bis 0,1 m/Tag.

Am günstigsten zeigten sich die Verhältnisse bei dem etwa 750 m westlich des Brunnen I angesetzten Probebrunnen III. Hier wurde unter einer 0,6 m mächtigen Aulehmdecke 1,1 m Sand und darunter bis 14,40 m Bohrtiefe sehr gleichmäßig zusammengesetzter Kies angetroffen. Die Grundwassersohle wird wieder von tertiären Tonen gebildet. Der Grundwasserspiegel lag am 11. Dezember 1972 6,0 m unter Gelände. Laboruntersuchungen mehrerer innerhalb des Grundwasserbereiches entnommener Proben ergaben Porenvolumina zwischen 27,0 und 30,0% und kf-Werte von $4,6 \cdot 10^{-3}$ bis $1,5 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Aus einem in mehreren Stufen bis zu einer maximalen Entnahmemenge von 20 l/sec gefahrenen Pumpversuch errechnete sich ein Durchlässigkeitsbeiwert von $1,75 \cdot 10^{-3}$ m/sec. Die Grundwassergeschwindigkeit im ungestörten Zustand beträgt etwa 6,0 m/Tag.

Unter Berücksichtigung der geologischen (Inhomogenität des Bodens, Aufbuckelung von Tertiärrücken) und hydraulischen Gegebenheiten läßt sich für den Bereich der Bohrung III eine maximal mögliche Grundwasserentnahme von 40 l/sec errechnen. Als Dauerentnahme sollten 20 l/sec aber nicht überschritten werden.

Die im vorstehenden kurz geschilderten Untersuchungsergebnisse für ein Teilgebiet des östlichen Grazer Feldes zeigen, daß in diesem Raum die Wassergewinnungsmöglichkeiten beschränkt und wegen der stark wechselnden Bedingungen für große Entnahmen immer umfangreichere und räumlich ausgedehntere Voruntersuchungen erforderlich sind. Erschwert werden die Verhältnisse noch durch die rasch zunehmende Verbauung und die damit Hand in Hand gehende qualitative Beeinträchtigung des Grundwasserschatzes.

Günstiger sind die Voraussetzungen glücklicherweise im Bereich der Würmterrasse im oberen und im mittleren Murtal bis Graz sowie in der Westhälfte des Grazer Feldes. Hier betragen die Schottermächtigkeiten im nördlichen Abschnitt (Eggenberg, Wetzelndorf) 18 bis 27 m und im Süden (Kalsdorf, Wundschuh) immer noch 12 bis 17 m (E. CLAR, 1931 a, H. FLÜGEL, 1960 c). Das hauptsächlich von der Mur abgelagerte Material ist nur am Westrande in einem relativ schmalen Streifen etwas stärker verleht. Von den Grazer Stadtwerken südöstlich von Kalsdorf durchgeführte Untersuchungen haben für diesen Bereich Grundwassermächtigkeiten zwischen 10 und 13 m ergeben. Auf Grund von Pumpversuchen scheint hier eine Dauerentnahme von etwa 100 l/sec möglich.

Auf die Bedeutung der in die Würmterrasse eingetieften frühholozänen Tiefenrinne für die Wasserführung und Wassergewinnung wurde schon mehrmals hingewiesen. Aus diesen Grundwasservorkommen decken alle größeren Siedlungen und Industriebetriebe zwischen Leoben und Graz ihren Wasserbedarf.

Die Landeshauptstadt betreibt zur Zeit drei Wasserwerke (Graz-Feldkirchen, Graz-Andritz und Friesach) mit einer Gesamtförderleistung von 1500 l/sec, die Jahresförderung liegt bei 19.800.000 m³, der höchste Tagesverbrauch wurde mit rund 70.000 m³ ausgewiesen (K. PIRKNER, 1972). Alle drei Werke entnehmen ihr Wasser aus der holozänen Tiefenrinne. Im ältesten davon, dessen Ausbau im Jahre 1898 „auf der St. Gottharder Au“ im Gemeindegebiet von Andritz begann, bestanden im Jahre 1966/67 durch Heberleitungen miteinander verbundene Bohrbrunnen mit einer Gesamtförderleistung von max. 420 l/sec. Diese wurden in zwei Ausbaustufen (1964—1968) durch zwei Horizontalfilterbrunnen (HFB) ersetzt (max. 480 l/sec). Etwa ein Drittel dieser Fördermenge wird durch ein Versickerungsbecken, über das Wasser des Andritz-baches infiltriert wird, erzielt.

Aber schon vorher war es erforderlich, den ständig steigenden Bedarf durch die Errichtung des Wasserwerkes Feldkirchen zu sichern. Die erste Ausbaustufe (1949—1954) sah vier Schachtbrunnen (Gesamtleistung 420 l/sec) vor. 1962 kam der erste in Graz

gebaute HFB im Süden des Gewinnungsgebietes dazu (Förderleistung 160 l/sec), fünf Jahre später ein zweiter mit einer Leistung von 300 l/sec (K. PIRKNER & Th. PUSCHNIK 1964). Der Bau dieses HFB erwies sich auch deshalb als vordringlich, da der nördlichste Schachtbrunnen durch eine Rohbenzol-Verschmutzung des Grundwassers und den Bau der Autobahn durch den nördlichsten Teil des Schutzgebietes gefährdet erschien (F. KASSECKER, 1963 a, b).

Ab 1966 erfolgte dann der Ausbau des Grundwasserwerkes Friesach nördlich von Graz. Aus zwei HFB können der Stadt ab 1975 über eine 13 km lange Transportleitung 550 l/sec zugeführt werden. Für das Wasserwerk Friesach wurden sehr umfangreiche hydrogeologische, hydrologische und geophysikalische Vorarbeiten geleistet, auf die hier noch kurz eingegangen werden soll. Das Grundwasserfeld Friesach ist in einer Breite von durchschnittlich 1 km und in einer Längserstreckung von etwa 2,5 km zwischen Eggenfeld und Kleinstübing in das paläozoische Grundgebirge eingesenkt. Während im Süden der weit in das Murtal hineinreichende Felssporn des Eggenberges auch eine hydrologische Grenze markiert, geht das Feld im Norden ohne wesentliche Zäsur in den Bereich von Peggau-Deutschefeित्रitz über. Untergrund und Umrahmung werden im Süden von unterdevonischen Dolomiten gebildet. Diese reichen am rechten Murerfer bis zur Einmündung des Stübinggrabens und linksseitig bis zum Südwestfuß des Hiening, nördlich des Rötischgrabens. Der Hiening selbst, ebenso wie der Westfuß des Gams- und Schrattnerkogels, wird aus einer Ton- und Grünschiefererie aufgebaut. Unmittelbar östlich der Ortschaft Friesach ist noch eine Scholle von Krinoidenkalken eingeklemmt.

Der Talboden wird im wesentlichen von der Alluvialflur eingenommen. Bedeutendere Reste der Würmterrasse sind nur zwischen der Murtal-Bundesstraße und der Landesstraße nach Semriach, bzw. auf der rechten Flußseite zwischen der Einmündung des Stübinggrabens und des Übelbaches erhalten. Die holozäne Schotterflur ist hier auf einen verhältnismäßig schmalen Streifen eingeeengt. Aus den Seitengräben, vor allem durch den Rötischbach, wurden noch Schwemmfächer in das Haupttal vorgebaut, die sich wohl mit den Murschottern verzahnen oder als jüngste Entwicklung diesen z. T. auflagern.

Das Grundwasserfeld Friesach wurde durch eine größere Zahl von Bohrungen abgeschlossen, von denen 12 die Quartärunterkante erreichten, so daß der Verlauf der Dolomit Schiefergrenze auch untertag einigermaßen erfaßt werden konnte. Die Bohrprofile ließen auch in diesem Abschnitt des Murtales im Untergrund der holozänen Flur eine Tiefenrinnen erkennen (s. Tab. 46). Der Vergleich der Höhenkoten der Felsoberkanten in den Bohrungen Peggau IV [364,50 m] und Friesach VI [362,68 m] ließ schon vermuten, daß letztere nicht das Rinnentiefe erreicht hat.

Im Detail brachte diese Bohrung folgendes Profil:

Bohrung VI, Friesach, 391,48 m Sh.

Bohrmeter

0,00— 1,00	Aulehm, humos
— 4,20	Aulehm, braun
— 7,30	sandiger Schotter, graubraun, z. T. schluffig
— 7,90	Schotter und Sand, gelbgrau
— 8,30	Schotter und Sand, dunkelgrau, festgelagert
—12,00	Schotter und Sand, grau, festgelagert
—14,00	Schotter und Sand, grau
—15,20	Schotter, Sand und größere Steine, graubraun
—18,00	Schotter und Feinsand, grau
—19,70	Feinsand, wenige Steine, grau
—25,70	Schotter und Sand, grau
—28,50	Schotter, gelblich, hellgrauer lehmiger Sand mit einzelnen Schiefer-
	teilen
—28,80	Fels

Um diese für die Situierung der geplanten HFB wichtige Zone mit ihren maximalen Schotter- und Grundwassermächtigkeiten genauer abzugrenzen, wurden in den Jahren 1966 bis 1968 refraktionsseismische Untersuchungen durchgeführt, die in der weiteren Folge den gesamten Bereich zwischen Eggenfeld und der Murenge von Badl miteinbezogen (F. WEBER, 1966, 1969). Insgesamt wurden 16 seismische Linien (Quer- und Längsprofile) mit einer Gesamtlänge von 15,5 km im Detail gemessen, wofür 96 Schuß-

bohrungen niedergebracht werden mußten. 29 bis zum Felsuntergrund abgeteufte Bohrungen gaben gute Anhaltspunkte für die Auswertung und die Korrektur der seismischen Meßdaten, so daß das Feld als gut erschlossen zu bezeichnen ist.

Die von WEBER vorgelegten Karten des Felsreliefs und der Mächtigkeitsverteilung des Quartärs lassen nun tatsächlich „eine ca. 7,5 km lange Tiefenrinne im Detail erkennen, deren Achse nördlich Peggau bei Seehöhe 390 m und am Südende des Meßgebietes in Seehöhe 360 m liegt. Der Abfall in der Tiefenrinne erfolgte jedoch nicht gleichmäßig, diese wird vielmehr an mehreren Stellen von flachen Querwölbungen unterbrochen, deren maximale Amplitude ca. 3 m beträgt“. Diese Interpretation der seismischen Meßergebnisse kann aber vom geologischen Standpunkt aus nicht unwidersprochen bleiben. Eine rein fluvial gestaltete Talfurche wird prinzipiell ein gleichsinniges Gefälle aufweisen. Nur in sehr engen, klammartigen Abschnitten ist es dem fließenden Wasser möglich, auf eine kurze Strecke zu übertiefen (wie z. B. in den Salzachöfen am Paß Lueg). Auf den Karten von WEBER sind die tiefsten Bereiche aber immer als breite Mulden dargestellt. Auch die zweite theoretische Möglichkeit, daß es sich dabei um Lösungsformen handeln könnte, muß verworfen werden. Salinare Ablagerungen fehlen in diesem Gebiet völlig und gegen die Deutung als Karsthohlformen spricht die Tatsache, daß diese flachen Wannen sowohl auf Karbonat- als auch auf Schieferuntergrund eingetragen sind. An eine Auswirkung von Karsterscheinungen könnte man höchstens bei der scharf umgrenzten Einsenkung im Verlauf der Profilinie 7, ganz im Süden des Friesacher Feldes, denken. Sie weist außerdem die absolut tiefsten unter die 360-m-Isohypse hinabreichenden Werte auf.

Auffällig ist die Tatsache, daß die vermeintlichen Queraufwölbungen immer mit einer Verengung der gesamten Tiefenrinne einhergehen. Es muß daher von geophysikalischer Seite geklärt werden, ob es sich hier nicht einfach um schmale Rinnen handelt, die von der Refraktionsseismik nicht mehr erfaßt werden. Vor allem die Tatsache, daß die durch die Seismik festgestellte Tiefenrinne unmittelbar südlich des engen Murdurchbruches von Badl ausheben würde (die 390-m-Isohypse schließt sich hier über das Tal hinweg), spricht für diese Deutung. Würde die gegebene Darstellung des Felsreliefs stimmen, so hätten wir hier nur mehr eine knapp 10 m betragende Schotterfüllung unter der Flußsohle, der wesentlich höhere Schottermächtigkeiten nördlich der Badlenge gegenüberstehen.

Auf Grund dieser Vorarbeiten war es möglich, die Lage der beiden projektierten HFB festzulegen (Th. PUSCHNIK & H. NOVAK, 1966). Zur Abklärung der tatsächlichen Ergiebigkeiten und zur Abgrenzung des engeren Schutzgebietes waren noch Dauerpumpversuche erforderlich. Für den ersten, in der Zeit vom 13. März bis 1. Juli 1959 durchgeführten, wurde ein 20 m tiefer Filterrohrbrunnen (Durchmesser 900 mm) in der Nähe des späteren HFB V abgeteuft. Bei dem in einzelnen Stufen gefahrenen Versuch wurde ab 10. Juni eine Pumpleistung von 240 l/sec erreicht. Die Absenkung im Brunnen betrug dabei 7,10 m. Während der vor Beginn des Versuches erstellte Grundwasserschichtenplan für das gesamte Friesacher Feld ein deutliches Abströmen zur Mur zeigte und sich dabei eine kräftige Komponente aus dem Rötischgraben bemerkbar machte, wurde ab 10. Juni im südlichen Bereich des Grundwasserfeldes uferfiltriertes Murwasser eingezogen, was auch durch Färbversuche und hydrochemische Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Ein zweiter Pumpversuch erfolgte nach dem Ausbau der beiden HFB in dem etwa 300 m Nordnordost von HFB V gelegenen Brunnen VI. Hierbei wurden in der Zeit von 8. bis 17. August 1973 bei einer Absenkung von nur 1,90 m im Durchschnitt 137 l/sec gefördert.

Die Auswertung der beiden Pumpversuche, ergänzt durch Laboruntersuchungen, ergab für das Grundwasserfeld Friesach unter der Annahme eines nutzbaren Porenvolumens von 20% und eines durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwertes von $1,9 \cdot 10^{-3}$ für die beiden HFB eine zulässige Dauerentnahme von je 275 l/sec. Unter den für Horizontalfilterbrunnen typischen Betriebsbedingungen wird (bei einer maximalen Absenkung von 5 m in den Brunnen) fast ausschließlich landseitiges Grundwasser gewonnen.

Mit dem 1975 erfolgenden Anschluß der beiden HFB im Grundwasserfeld Friesach an das städtische Leitungsnetz kann Graz seine Wasserversorgung voraussichtlich bis zum Jahre 1990 sicherstellen.

XII/5. Schrifttum

614. ABEL, O., Berichte über die Ausgrabungsarbeiten in der Drachenhöhle bei Mixnitz in Steiermark. — Ber. staatl. Höhlenkommission, I, 59—62, Wien 1920.
615. — , Die erste Beschreibung der Drachenhöhle durch Carl Gustav Heraeus aus dem Jahre 1719. — Spel. Jahrb., X/XII, 98—103, Wien 1929/31.
616. ABEL, O. & KYRLE, G., Die Drachenhöhle bei Mixnitz. — Spel. Monograph., VII/VIII, 953 S. u. 1 Tafelband, Wien 1931.
617. AIGNER, A., Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht. — Jahrb. geol. Reichsanst., 66, 1916, 293—332, Wien 1917.
618. — , Die geomorphologischen Probleme am Ostrand der Alpen. — Zeitschr. Geomorph., I, 29—44 u. 105—153, Berlin 1925, II, 187—253, Berlin 1926.
619. — , Die Bedeutung der Rutschungen und Gehängeanbrüche für die Oberflächen-gestaltung des steirischen Tertiärhügellandes. — Zeitschr. Geomorph., VIII, 261—278, Berlin 1935.
620. ALKER, A., Der Chlornachweis bei der zweiten Chlorierung des Lurbaches. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 181—182, Graz 1952.
621. ANDERLE, N., Bericht über Boden- und Grundwasserkartierungen in Kärnten und Steiermark (Sommer 1955). — Verh. geol. Bundesanst., 1956, 11—13, Wien 1956.
622. — , Bericht über Boden- und Grundwasserkartierungen in Kärnten und Steiermark (Sommer 1956). — Verh. geol. Bundesanst., 93—94, Wien 1957.
623. — , Bericht über Boden- und Grundwasserkartierungen in Kärnten und Steiermark (Sommer 1957). — Verh. geol. Bundesanst. 276—280, Wien 1958.
624. — , Bericht 1958 über Grundwasser-Aufnahmen in der Steiermark. — Verh. geol. Bundesanst., A 106—A 107, Wien 1959.
625. — , Bericht 1959 über Grundwasser-Aufnahmen in der Steiermark. — Verh. geol. Bundesanst., A 111, Wien 1960.
626. ANTONIUS, O., Höhlenbärenschädel aus der Drachenhöhle bei Mixnitz. — Ber. staatl. Höhlenkommission, II, 130—132, Wien 1921.
627. BIESE, W., Über Höhlenbildungen. II. Teil: Entstehung von Kalkhöhlen. — Abh. Preußisch. Landesanst., NF. 146, 170 S., Berlin 1933.
628. BOCK, H., Das Bärenloch bei Mixnitz. — Mitt. Höhlenk., 1, (1), 5—9, Graz 1908.
629. — , Die geologischen Verhältnisse in der Lurgrotte bei Semriach. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 47, 428—429, Graz 1910 (1910 a).
630. — , Die Wetterlöcher auf dem Schöckl. — Mitt. Höhlenk., 3, (2), 3—7, Graz 1910 (1910 b).
631. — , Die Höhlenforschung in Österreich. — Mitt. Höhlenk., 4, (4), 1—8, Graz 1911 (1911 a).
632. — , Der Karst und seine Gewässer. — Mitt. Höhlenk., 6, (3), 1—23, Graz 1913 (1913 a).
633. — , Wasserverhältnisse in verkarsteten Gebieten. — In: BOCK, H., LAHNER, G. & GAUNERSDORFER, G., Die Höhlen im Dachstein. 1—4, Graz 1913 (1913 b).
634. — , Mathematisch-physikalische Untersuchungen der Eishöhlen und Windröhren. — In: BOCK, H., LAHNER, G. & GAUNERSDORFER, G., Die Höhlen im Dachstein. 102—144, Graz, 1913 (1913 c).
635. — , Charakter des mittelsteirischen Karstes. — Mitt. Höhlenk., 6, (4), 5—19, Graz 1913 (1913 d).
636. — , Eine frühneolithische Höhlensiedlung bei Peggau in Steiermark. — Mitt. Höhlenk., 6, (4), 20—24, Graz 1913 (1913 e).
637. — , Die Abgründe in der Lurgrotte. — Mitt. Höhlen- und Karstforschung, 70—72, Berlin 1926.
638. — , Das Lurloch in Steiermark. — Mitt. Höhlen- und Karstforschung, 65—81, Berlin 1928.
639. — , Höhlenbären im Murtal. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 9—12, Graz 1937.
640. — , Die Lurgrotte. — Die Höhle, 1, 3—5, Wien 1950 (1950 a).
641. — , Die Drachenhöhle bei Mixnitz (Steiermark). — Die Höhle, 1, 61—68, Wien 1950 (1950 b).
642. — , Spuren ehemaliger Höhlenflüsse. — Mitt. Höhlenkommission, 1952, 40—43, Wien 1953.

643. BRINKMANN, R., MÜNNICH, K. O. & VOGEL, J. C., C¹⁴-Altersbestimmung von Grundwasser. — Naturw., 46, 10, Berlin 1959.
644. — , Anwendung der C¹⁴-Methode auf Bodenbildung und Grundwasserkreislauf. — Geol. Rdsch., 49, 244—253, Stuttgart 1960.
645. EHRENBERG, K., Die Exkursion am 6. Sept. 1936 in die Drachenhöhle bei Mixnitz. — Verh. Intern. Quart. Kongreß, 232, Wien 1937.
646. FASCHING, J., Die Höhlen und Wetterlöcher am Schöckl. I. Das Klingloch. — Mitt. Ges. Höhlenforschung, I, 15—18, Graz 1896 (1896 a).
647. — , Die Entdeckung der Lueggrotten und die Katastrophe. — Mitt. Ges. Höhlenforschung, I, 19—27, Graz 1896 (1896 b).
648. FLÜGEL, H., Die hydrogeologischen Verhältnisse zwischen Rein und St. Oswald. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 3, 38—47, Graz 1950.
649. — , Die hydrogeologischen Verhältnisse der Platte bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 5, 25—30, Graz 1951 (1951 d).
650. — , Die Quellen des Hunds- und Rauchenberges zwischen Passail und Arzberg. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 6, 21—23, Graz 1953 (1953 f).
651. FOLNESICS, H., Eine Höhlenfahrt in das Lurloch bei Semriach. — Mitt. Höhlenk., 1, (1), 1—5, Graz 1908.
652. FRANKE, H. W., MÜNNICH, K. O. & VOGEL, J. C., Auflösung und Abscheidung von Kalk — C¹⁴-Datierung von Kalkabscheidungen. — Die Höhle, 9, 1—5, Wien 1958.
653. GANGL, J., Die Schöcklhöhlen. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 16—18, Graz 1937 (1937 a).
654. — , Die Einsiedeleigrotte. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 24—25, Graz 1937 (1937 b).
655. — , Die Schmelzofenhöhle. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 26—27, Graz 1937 (1937 c).
656. — , Vor 43 Jahren in der Lurgrotte eingeschlossen. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 29—31, Graz 1937 (1937 d).
657. — , Die englischen Speläologen in Steiermark. (Drachenhöhle, Plan der Windlochkluft.) — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 35—37, Graz 1937 (1937 e).
658. — , Die Forschungen Max Brunellos im Tannebengebiet. — Mitt. Höhlenk., NF. 30, 1—3, Graz 1938.
659. GÖTZINGER, G., Hydrogeologische Beobachtungen im Weizer Karst. Wasserversorgung des Marktes Weiz. — Jahrb. geol. Bundesanst., 75, 302—330, Wien 1925.
660. — , Österreichische Phosphatforschung. — Comptes Rendus XIV, Congres Géol. Intern. Madrid 1926, 10 S., Madrid 1929.
661. — , Das Drachenhöhlenflußsystem und dessen Alter. — Spel. Monogr., VII/VIII, 109—132, Wien 1931.
662. — , Jahresbericht der Geologischen Bundesanstalt über das Jahr 1947. Abteilung Hydrogeologie (1947). — Verh. geol. Bundesanst., 1948, 18—19, Wien 1950.
663. GRÜNDORF v. ZEBEGENY, W., Die Graßlgrotte. — Mitt. Ges. Höhlenforschung, I, 34—40, Graz 1896.
664. HAUSER, A., Die hydrogeologischen Verhältnisse im Becken von Rein bei Gratwein. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 2, 3—12, Graz 1949.
665. HAUSER, A. & ZÜTL, J., Die morphologische Bedeutung der unterirdischen Erosion durch Gesteinsausspülung. — Peterm. Geogr. Mitt., 18—21, Gotha 1955.
666. HERITSCH, F., Morphologie des Alpenostrandes in der Grazer Bucht. — Peterm. Geogr. Mitt., 113—115, Gotha 1923 (1923 b).
667. — , Die jugendliche Hebung der östlichen Zentralalpen. — Zeitschr. Geomorph., I, 46—48, Berlin 1925 (1925 b).
668. — , Die Entstehung der Hochgebirgsformen. — 170. S., Graz 1927 (1927 d).
669. HILBER, V., Über die Höhlen des Semriacher Gebietes. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 36, LX, Graz 1899.
670. HOERNES, R., Spuren vom Dasein des Menschen als Zeitgenossen des Höhlenbären in der Mixnitzer Drachen-Höhle. — Verh. geol. Reichsanst., 278—281, Wien 1878.
671. HOFER, H., Die Dürntaler Tropfsteinhöhlen bei Weiz (Steiermark). — 36 S., Wien 1954.
672. — , Zur Erforschungsgeschichte der Dürntaler Tropfsteinhöhlen. — Die Höhle, 5, 26—29, Wien 1954.

673. KIESLINGER, A., Höhlen und Steinbrüche. — Die Höhle, 8, 89—99, Wien 1957.
- 673a. KRATTER, J., Studien über Trinkwasser und Typhus mit Zugrundelegung der Trinkwasserverhältnisse von Graz. — 106. S., Graz 1886.
674. KRAUS, F., Höhlenkunde. — 170 S., Wien 1894.
675. KRIEG, W. & MAURIN, V., Die Fleischhackerhöhle bei Köflach. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 2—5, Graz 1955.
676. KYRLE, G., Höhlenbefahrungsberichte. — Ber. staatl. Höhlenkommission, I, 46—51, Wien 1920.
677. — , Grundriß der theoretischen Speläologie. — Spel. Monogr., I, 353 S., Wien 1923.
678. — , Kombinierte Chlorierung von Höhlengewässern. — Spel. Monogr., XII, 94 S., Wien 1928.
679. — , Frostsprengungen im Höhlensinter. — Spel. Jahrb., X/XII, 134—136, Wien 1929/31.
680. LINNER, R., Die Brunnen und Kanäle von Graz in Beziehung auf die Cholerafrage. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., IV, 15—31, Graz 1867.
681. MAREK, R., Der Wasserhaushalt im Murgebiet. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 37, 3—57, Graz 1900.
682. MARUSSI, A., Il paletimavo e l'antica idrografia subaerea del Carso Triestino. — Boll. Soc. Adr. di Sc. Nat., 38, 1—27, Trieste 1941 (1941 a).
683. — , Ipotesi sullo soiluppe del Corsismo (Osservazioni sul Carso Triestino e sull'Istria). — Giornale di Geologia, Serie II, XV, 1—12, Bologna 1941 (1941 b).
684. MAURIN, V., Die Höhle im Grazer Schloßberg. — Blätter Heimatkd., 23, 49—54, Graz 1949.
685. — , Topographie und Geologie des Badlhöhlensystems. — Arch. Aust., 8, 2—15, Wien 1951.
686. — , Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 169—180, Graz 1952.
687. — , Das Peggauer Höhlengebiet. — In: Die Lurgrotte, 16—18, Graz 1953 (1953 b).
688. — , Untersuchungen am unterirdischen Lauf des Lurbaches zwischen Semriach und Peggau. — Mitt. Höhlenkommission, 1952, 45—47, Wien 1953 (1953 c).
689. — , Tertiäre, pleistozäne und rezente Verkarstung im Köflacher Becken (Steiermark). — Mitt. Höhlenkommission, 1955, (2), 37—39, Wien 1956 (1956 a).
690. — , Die hydrogeologischen Verhältnisse im Raum des Garracher Waldes und seines nördlichen Vorlandes (Oststeiermark). — Steir. Beitr. Hydrogeol., NF. 1958, 52—71, Graz 1958.
691. — , Aufnahmebericht 1959 über Blatt „Köflach-Voitsberg“ (1 : 10.000). — Verh. geol. Bundesanst., A 49—A 50, Wien 1960 (1960 c).
692. — , Hydrogeologische Untersuchungen im Grazer Bergland und deren Wert für die Versorgungswirtschaft. — Habil. Schr. T. H. Graz, 240 S., Graz 1960 (1960 b).
693. MAURIN, V. & ZÖTL, J., Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 184 S., Graz 1959.
694. MOTTL, M., Bericht (1947) über quartär- und höhlenkundliche Arbeiten. — Verh. geol. Bundesanst., 1948, 58—60, Wien 1950 (1950 b).
695. — , Eiszeitliche Jagdstationen in der Steiermark. — Die Höhle, 1, 47—49, Wien 1950 (1950 c).
696. — , Bedeutung und Ziele der steirischen wissenschaftlichen Höhlenforschung. — Die Höhle, 3, 7—10, Wien 1952.
697. NEUWIRTH, E., Bericht zur hydrogeologischen Aufnahme im Höhenzug Plesch-Pfaffenkogel. — Beitr. Hydrogeol. Stmk., 2, 15—17, Graz 1949.
698. PASCHER, H., Die Höhlen und Grotten bei Peggau. I. Die „Wildemann-Höhle“. — Mitt. Ges. Höhlenforschung, I, 28—33, Graz 1896.
699. PENDL, H. J., Die Lurgrotte bei Semriach. — Der Bergsteiger, 7, 24—29, München 1936/37.
700. RUMPF, J., Die Wassernot am Kreuzedkogel und im Höhenzug von Reiteregg südlich St. Bartholomä an der Lieboch. — 15 S., Graz 1909.
701. SAAR, R., Die Lurhöhle bei Peggau in Steiermark (früher Schmelzgrotte). — Österr. Höhlenführer, III, 23 S., Wien 1922.
702. — , Der Rötstein bei Mixnitz (Steiermark) und seine speläologischen Erscheinungen. — Spel. Jahrb., IV, 160—173, Wien 1923.

703. — , Geschichte und Aufbau der österreichischen Höhlendüngeraktion mit besonderer Berücksichtigung des Werkes Mixnitz. — Spel. Monogr., VII/VIII, 1—64, Wien 1931.
704. SALZER, H., Die Höhlen- und Karstforschungen des Hofmathematikers Joseph Anton Nagel. — Spel. Jahrb., X/XII, 111—121, Wien 1929/31.
705. SCHADLER, J., Die Phosphatgewinnung aus der Drachenhöhle bei Mixnitz in Steiermark. — Ber. staatl. Höhlenkommission, II, 42—46, Wien 1921.
706. — , Chemisch-geologische Beobachtungen gelegentlich des Abbaues der Phosphatablagerungen in der Drachenhöhle bei Mixnitz. — Ber. staatl. Höhlenkommission, III, 34—36, Wien 1922.
707. — , Tierfährten und Bärenschliffe in der Drachenhöhle bei Mixnitz. — Spel. Jahrb., IV, 73—79, Wien 1923.
708. — , Der Rötelstein und seine Durchhöhlung. — Spel. Monogr., VII/VIII, 134—147, Wien 1931.
709. SCHAUBACH, A., Die Deutschen Alpen. — V. Bd., 287 S., Jena 1847.
710. SCHAUBERGER, O., Über die vertikale Verteilung der nordalpinen Karsthöhlen. — Mitt. Höhlenkommission, 1955, 21—28, Wien 1956.
711. Schauhöhlen in Österreich. — Die Höhle, Sonderheft, 40 S., Wien 1958.
712. SCHMIDT, F., Über die Durchforschung von Höhlen bei Graz, Semriach und Peggau. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 21, XLIX, Graz 1884.
713. SCHOUPPE, A., Die Phosphatlagerstätten in Steiermark. — Prot. 3. Vollvers. Bundeshöhlenkommission 1948, 38—54, Wien 1949 (1949 c).
714. — , Der geologische Rahmen der Lurgrotte bei Peggau. — Prot. 5. Vollvers. Bundeshöhlenkommission 1950, 102—108, Wien 1950.
715. — , Neue Fossilfunde in der Lurgrotte bei Peggau. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 79/80, 172—173, Graz 1951.
716. — , Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlengewässern. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 81/82, 183—186, Graz 1952.
717. SCHOLZ, W., Die steiermärkischen Landes-Heil- und Pflegeanstalten. — 110 S., Düsseldorf 1930.
718. SEELMEIER, H., Trink- und Nutzwasserversorgung von Deutsch-Feistritz durch Quellwasser. — Zeitschr. prakt. Geol., 50, 144—147, Halle/Saale 1942 (1942 b).
719. SIMETTINGER, M., Tropfsteinhöhle bei Köflach. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 19, XXIV-XXIX, Graz 1883.
720. SÖLCH, J., Das Grazer Hügelland — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 130, 265—293, Wien 1921.
721. — , Alte Flächenreste im ostmurischen Randgebirge Steiermarks. — Siegerfestschrift, 1—21, Graz 1924.
722. — , Die Landformung der Steiermark. — 221 S., Graz 1928.
723. SOMMER, E., Die Steinbruchhöhle bei Weiz. — Mitt. Höhlenk., NF. 29, 36—41, Graz 1937.
724. STUNDL, K., Das Ergebnis der chemisch-physikalischen Untersuchungen von Brunnen, Quellen und Wasserläufen im Becken von Rein bei Gratwein. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 2, 12—15, Graz 1949.
725. — , Das Ergebnis der Untersuchung von Wasserproben aus dem Gebiet von Breitenau. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 4, 26, Graz 1950.
726. — , Der Chemismus der Quellwässer im Raume des Buchkogels bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 6, 31—32, Graz 1953.
727. — , Der Chemismus der Quellwässer im Einzugsgebiet des Tobelbaches bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 7, 26—28, Graz 1954 (1954 a).
728. — , Der Chemismus von Wässern im Becken von Thal bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 7, 36—27, Graz 1954 (1954 b).
729. — , Das Ergebnis der chemischen Untersuchungen von Wasserproben aus dem Gebiet des Garracher Waldes und seines nördlichen Vorlandes (Oststeiermark). — Steir. Beitr. Hydrogeol., NF. 1958, 72—76, Graz 1958. (1958 a).
730. — , Der Chemismus der Quellwässer aus dem Plabutsch—Kollerberg-Zug bei Graz. — Steir. Beitr. Hydrogeol., NF. 1958, 83, Graz 1958 (1958 b).
731. TEISSL, L., Der Plan der Drachenhöhle bei Mixnitz. — Ber. staatl. Höhlenkommission, II, 25—29, Wien 1921.
732. TEPPNER, W., Untersuchungen über einige fossile Bären des steirischen Pleistozäns. — Mitt. Höhlenk., 7, (1), 1—18, Graz 1914.

733. TRIMMEL, H., Beobachtungen zur Frage der Raumbildung in der Badlhöhle bei Badl (Steiermark). — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 92, 26—30, Wien 1950 (1950 a).
734. — , Bemerkungen zur Frage der Entstehung von Kolken in Höhlen. — Die Höhle, 1, 8—11, Wien 1950 (1950 b).
735. — , Beobachtungen über die Ausbildung von Sintergenerationen in österreichischen Höhlen. — Die Höhle, 4, 6—10, Wien 1953.
736. UNGER, F., Geognostische Bemerkungen über die Badlhöhle bei Peggau. — Steierm. Zeitschr., NF. V, (2), 5—16, Graz 1838.
737. — , Notizen über Gerätschaften aus der Steinzeit. — Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Hist.-phil. Kl., 55, 527—530, Wien 1867.
738. VOGEL, J. C., Über den Isotopengehalt des Kohlenstoffes in Süßwasser-Kalkablagerungen. — Geochim. & Cosmochim. Acta, 16, 236—242, London 1959.
739. VORMAIR, F., Studien im mittelsteirischen Karst. — Univ. Diss., Graz 1938.
740. — , Die Dolinenwelt des mittelsteirischen Karstes. — Zeitschr. Geomorph., 11, 123—150, Berlin 1940.
741. WAAGEN, L., Geologische Untersuchungen und Aufnahmen im Felde. — Verh. geol. Bundesanst., 1924, 10—12, Wien 1925 (1925 c).
742. WALCHER, F., Die hydrographischen Verhältnisse der Lurgrotten bei Semriach. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 34, LVIII-LIX, Graz 1897.
743. WALDNER, F., Die Repolsthöhle bei Peggau. — Natur & Land, 38, 72, Wien 1952.
744. WELLIK, A., Über die Radioaktivität des Grazer Trinkwassers und ihre Abhängigkeit vom Wasserstand der Mur. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 45, 257—263, Graz 1908.
745. WILLNER, R., Die Gewinnung von „Höhlendünger“ in Österreich. — Ber. staatl. Höhlenkommission, I, 17—25, Wien 1920.
746. WINKLER, A., Über die Zusammenhänge zwischen geologischer und geomorphologischer Gebirgsentwicklung am Südostende der Zentralalpen im Jungtertiär. — Zeitschr. Ges. Erdkunde Berlin, 315—331, Berlin 1928.
747. WINKLER-HERMADEN, A., Ergebnisse über junge Abtragung und Aufschüttung am Ostrande der Alpen. — Jahrb. geol. Bundesanst., 83, 233—274, Wien 1933.
748. WINKLER v. HERMADEN, A., Technischgeologische-bodenwirtschaftliche Forschungen im Gau Steiermark. — Der Kulturtechniker, 46, 95—123, Berlin 1943.
749. — , Entwurf einer Übersichtskarte der Wassermangelgebiete und wasserärmeren Bereiche in Steiermark. — Mitt. Reichsanst. Bodenforschung, 7, 1—16, Wien 1944.
750. WINKLER-HERMADEN, A., Hydrogeologische Studien über Grundwässer in Steiermark. I. Teil. — Steir. Beitr. Hydrogeol., NF. 1958, 8—43, Graz 1958.
751. — , Die Bedeutung der gespannten Grundwässer für die Wasserversorgung der Steiermark und des südlichen Burgenlandes. — Österr. Wasserwirtschaft, 13, 86—90, Wien 1961.
752. WINKLER v. HERMADEN, A. & RITTLER, W., Erhebungen über artesische Wasserbohrungen im steirischen Becken, unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die Tertiärgeologie. — Geol. & Bauw., 17, 33—96, Wien 1949.
753. WONISCH, F., Hydrogeologisches vom Lurloch. — Mitt. Dtsch. naturw. Ver. beider Hochschulen in Graz, 2, 1—5, Graz 1908.
754. — , Die Temperaturverhältnisse im Andritz-Ursprung. — Mitt. Dtsch. naturw. Ver. beider Hochschulen in Graz, 4, 14—17, Graz 1910.
755. WURMBRAND, G., Ergebnisse der Untersuchungen über die Badl- und Peggauerhöhlen und die Wirkungen des Diluviums auf dieselben. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 2 (3), CLXXXV-CLXXXVII, Graz 1871.
756. ZÖTL, J., Die hydrogeologischen Verhältnisse im Raume des Buchkogelzuges bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 6, 24—31, Graz 1953.
757. — , Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet des Tobelbaches bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 7, 22—26, Graz 1954.
- 757 a. — , Die hydrogeologischen Verhältnisse im Becken von Thal bei Graz. — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 7, 28—36, Graz 1954.
758. — , Die hydrogeologischen Verhältnisse des Plabutsch-Kollerbergzuges bei Graz. — Steir. Beitr. Hydrogeol., NF. 1958, 77—82, Graz 1958.
759. ZSCHUCKE, W., Hydrogeologische Studien im Gebiete der Gemeinde Breitenau (Hochlantsch, Steiermark). — Beitr. Hydrogeol. Stmks., 4, 19—25, Graz 1950.

Ferner: 3, 20, 33, 37, 41, 57, 60, 61, 66, 74, 88, 93, 95, 98, 99, 109, 110, 112, 113, 123, 131, 133, 135, 140, 145—148, 177, 178, 190, 200, 216, 225, 232, 233, 238—244, 270, 271, 277, 281, 289, 290, 293, 294, 308, 318, 323, 330, 336, 340, 346, 349, 384, 388, 401, 402, 414, 428, 451, 457, 469, 473—479, 483—487, 491, 497, 500—518, 520, —523, 525, 527, 528, 531, 532, 535, 770, 771, 773, 774, 787, 794, 800, 803, 868 a, 869, 952, 985, 994, 1018—1022.

Literaturnachtrag zur 2. Auflage

1051. ALKER, A., Die Grasslhöhle und das Katerloch in Dürntal bei Weiz. — Der Aufschluß, *Sdb.* 22, 69—71, Heidelberg 1972.
1052. ALKER, A., HAAS, H. und HOMANN, O., Hangbewegungen in der Steiermark. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. und Techn., 30, 35 S., Graz 1969.
1053. ANDERLE, N., Erläuterungen zur Grundwasserkarte von Steiermark und Kärnten im Maßstab 1 : 500.000. — Ber. Raumforschung und Raumplanung, 10 5—10, Wien 1966.
1054. — , Hydrogeologie des Murtales. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, Amt Steierm. Landesreg., 12, 1—152, Graz 1969.
1055. ARBEITER, J., Grundwasserkarte des Grazer Feldes, 1 : 50.000. — In: Land Steiermark, Regionalplanung für den politischen Bezirk Graz-Umgebung, Kartenband. — Amt Steierm. Landesreg., Fachabteilungsgruppe Landesbaudirektion, Fachabteilung I b, Graz 1971.
1056. AULITZKY, H., Über die Ursachen von Unwetterkatastrophen und den Grad ihrer Beeinflussbarkeit. — Cbl. ges. Forstwesen, 85, 2—32, Wien 1968.
1057. BATSCHE, H., BAUER F., BEHRENS, H., BUCHTELA, K., HRIBAR, F., KÄSS, W., KNUTSSON, G., MAIRHOFER, J., MAURIN, V., MOSER, H., NEUMAIER, F., OSTANEK, L., RAJNER, V., RAUERT, W., SAGL, H., SCHNITZER, W. A. und ZÖTL, J., Ergebnisse der vergleichenden Markierungsversuche im Mittelsteirischen Karst 1966. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 18/19, 331—403, Graz 1967.
1058. BAUER, F. & ZÖTL, J., Karst of Austria. — In: Herak, M. & Stringfield, V. T., Important Karst Regions of the Northern Hemisphere, 225—265, Amsterdam-London-New York 1972.
1059. BERNHART, L., Zur Problematik der Wasserversorgung aus artesischen Brunnen. — Ber. Wasserwirtsch. Rahmenplanung, 21, 7—20, Graz 1972.
1060. — , Wasserversorgung aus dem Grundwasser im Südosten der Landeshauptstadt Graz. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, 22, 7—23, Graz 1973.
1061. BOCK, H., Die Hochwasserkatastrophe in der Lurgrotte am 21. Mai 1910. — Mitt. Höhlenk., 4, Beilage, 5 f., Graz 1911 (1911 b).
1062. — , Jahresbericht 1924. Verein für Höhlenkunde mit dem Sitz in Graz. — Mitt. Höhlen- u. Karstforschung, S. 9, Berlin 1925.
1063. — , Gewährformen der Hohlräume im Kalkgebirge. — Prot. 6. Vollvers. Bundeshöhlenkomm. 1951, 47—59, Wien 1952.
1064. BUCHTELA, K., MAIRHOFER, J., MAURIN, V., PAPADIMITROPOULOS, T. & ZÖTTL, J., Vergleichende Untersuchungen an neueren Methoden zur Verfolgung unterirdischer Wässer. — Wasserwirtschaft, 54, 260—270, Stuttgart 1964.
1065. CRAMER, H., Mittelsteirisches Bergland. — Mitt. Höhlen- und Karstforschung, 116 f., Berlin 1932.
1066. DAVIES, G. H., MEYER, G. L. & YEN, C. K., Isotope Hydrology of the Artesian Aquifers of the Styrian Basin, Austria. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 20, 51—62, Graz 1968.
1067. EBNER, F., Die Höhlen der Steiermark. — In: Höhlenforschung in der Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 31—50, Graz 1972.
1068. EBNER F. & EHRENBERG, K., Die Drachenhöhle bei Mixnitz. — Exkursionsführer d. 42. Jahreshauptversammlung der Paläontologischen Ges., 229—237, Graz 1972.
1069. EBNER, F. & WEISSENSTEINER, V., Die Höhlen des Grazer Berglandes. — In: G. AUFERBAUER: Wandern um Graz, 61—74, Graz 1974.
1070. EHRENREICH, H., Ein künstlicher See auf der Teichalpe. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 73—74, Graz 1972.

1071. ENGELHART, A., Prachtwerke der Unterwelt. — 2. Teil, 2. Aufl., 297 S., Wien 1833.
1072. FINK, M. H., Beobachtungen in der Pailgraben-Tropfsteinhöhle (Kat.-Nr. 2831/23). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 84—89, Graz 1972.
1073. FRANKE, H. W., Ein speläo-chronologischer Beitrag zur postglazialen Klimageschichte. — Eiszeitalter und Gegenwart, 17, 149—152, Öhringen/Württ. 1966.
1074. FRÖHLICH, W., Die jährliche Anzahl und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Trockenperioden in der Steiermark. — Mitt.-Bl. Hydrographischer Dienst Österr., 44, Wien 1966.
1075. FUCHS, G., Die Sturmberghöhle bei Weiz (Kat.-Nr. 2834/35). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 2, 53—55, Graz 1973.
1076. —, Die Höhlen am Ostufer der Weizklamm, I. Die Höhlen des Torbogengrates. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 136—143, Graz 1974.
1077. GAMERITH, H., KNAPP, G., KOLMER, H. & KRÄINER, H., Zur Verteilung einiger Spurenelemente in artesischen Wässern des Steirischen Tertiärbeckens. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 25, 127—138, Graz 1973.
1078. GASPARIK, A., Semriach mit Schöckel und Lurloch. — Graz 1894.
1079. GÖTZINGER, G., Die Phosphate in Österreich. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 69, 126—156, Wien 1926.
1080. —, Die Phosphatvorräte in Österreich. — Spel. Jb., 7/9, 98—104, Wien 1928.
1081. GRÄF, W., Karsterscheinungen. — In: Höhlenforschung in der Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 13—24, Graz 1972 (1972 c).
1082. —, Geologie und Verkarstung der Steiermark. — In: Höhlenforschung in der Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 25—30, Graz 1972 (1972 d).
1083. HACKER, P., Ergebnisse hydrologischer Untersuchungen und Messungen der Umweltsotope im Einzugsgebiet des Passailer Beckens (Mittelsteiermark). — Steir. Beitr. Hydrogeol., 25, 139—182, Graz 1973.
1084. HADITSCH, J. G., Bericht über eine hydrogeologische Aufnahme des Steinkogel-Frauenkogelzuges nordwestlich von Graz. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 15/16, 155—174, Graz 1964.
1085. HAMMER, L., Über Grabungen und Funde in der Höhle I der Peggauer Wand (Kat.-Nr. 2836/35) bei Peggau (Steiermark). — Die Höhle, 21, 159—167, Wien 1970.
1086. HASENHÜTTL, G., Die Fauna der Fleischackerhöhle (Kat.-Nr. 2782/1) im Zigöllerkogel. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 2, S. 4, Graz 1973.
1087. HAUSER, A. & BRANDL, W., Fragen um die Nutzung artesischer Wässer in der Steiermark. — Gas-Wasser-Wärme, 8, 274—276, Wien 1954.
- 1087a. HAZMUKA, P., Die Tätigkeit der Studienkommission für die Wasserversorgung von Graz in den Jahren 1958 bis 1963. — Österr. Ing.-Ztschr., 6, 209—213, Wien 1963.
1088. HOCHENBURGER, F., R. v., Darstellung der in der Periode 1874—1891 durchgeführten Arbeiten der Murregulierung in Steiermark, Wien 1894.
1089. HOFER, H., Die Schwaigerhöhle (Kat.-Nr. 2839/47). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, S. 24, Graz 1974.
1090. HOFMANN-MONTANUS, H. & PETRITSCH, E. F., Die Welt ohne Licht. — 420 S., Regensburg 1952.
1091. HOLZER, H. L., Geologische Betrachtungen zum Werdegang des Grazer Berglandes. — In: G. AUERBAUER: Wandern um Graz, 17—34, Graz 1974.
1092. KASSECKER, F., Beseitigung von Rohbenzol-Verschmutzung des Grundwassers nördlich des Wasserwerkes Graz-Süd. — Gas-Wasserfach, 104, 655, München 1963 (1963 a).
1093. —, Probleme bei der Wasserversorgung von Graz. — Gas-Wasserfach, 104, 1500, München 1963 (1963 b).
1094. KELLER, A. M., Das Drama der Lurlochhöhle. — 24 S., Leipzig 1894.
1095. KOLMER, H., Strontium und Barium in Schöckelkalk (Steiermark). — Tschermaks Min. Petr. Mitt., 17, 276—285, Wien 1972.
1096. KRIEG, W., Höhlen und Niveaus. — Die Höhle, 5, 1—4, Wien 1954.
1097. KUSCH, H., Die Tauchversuche im Schmelzbachursprung der Lurhöhle, Steiermark. — Die Höhle, 18, 108—110, Wien 1967.

1098. — , Neuentdeckungen in der Bärenhöhle bei Mixnitz, Steiermark (Kat.-Nr. 2839/2). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 34—35, Graz 1972 (1972 a).
1099. — , Die Höhlen im Kugelstein bei Peggau (Steiermark). Die Höhle, 23, 145—157, Wien 1972 (1972 b).
1100. — , Die Wilde Burg in der Lurgrotte Semriach (Kat.-Nr. 2836/1). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 124—131, Graz 1974.
1101. KYRLE, G., Höhlenforschungen in Österreich, Höhlenphosphatgewinnung und Fundwesen. — Ber. staatl. Höhlenkomm., 2, 3—9, Wien 1921.
1102. — , Ostalpine Karsthöhlen und ihre Erforschung. — Spel. Jb., 5/6, 63—70, Wien 1924.
1103. LÄMMERMAYR, L. & HOFFER, M., Junks Naturführer, Bd. Steiermark, 405 S., Wien 1922.
1104. MACHER, M., Uebersicht der Heilwässer und Naturmerkwürdigkeiten des Herzogthums Steiermark. — Graz 1858.
1105. — , Die Kaltwasserheilanstalt von St. Radegund am Schöckel bei Graz. — Wien 1868.
1106. — , Der Führer auf das Schöckelgebirge für Gebirgsfreunde, nebst kurzer Darstellung der Kaltwasser-Heilanstalt zu Radegund am Schöckel für Kurgäste. — Graz 1873.
1107. MANDEL, A., Die Grasel-Höhle und das Katerloch nächst Weitz in Steiermark. — Steiermärkische Zeitschrift, N. F., 4, 137—151, Graz 1837.
1108. MARKOVITS, A., Neuforschungen in der Bründlhöhle in Wetzelsdorf bei Graz. — Mitt. Höhlen- u. Karstf., 1924, 62—63, Berlin 1926.
1109. MAURIN, V., XII. Hydrogeologie und Verkarstung. — In: H. Flügel, Die Geologie des Grazer Berglandes. Mitt. Museum Bergbau, Geol. u. Techn., 23, 173—195, Graz 1961.
1110. MAURIN, V. & ZÖTL, J., Kartenblatt 10: Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark. 1 : 300.000. — In: Atlas d. Stmk., Graz 1964.
1111. — & — , Kartenblatt 11: Hauptverkarstungsgebiete der Steiermark. 1 : 120.000. — In: Atlas d. Stmk., Graz 1969.
1112. — & — , Der Andritzursprung. Meßergebnisse zur Charakteristik einer großen Karstquelle am Stadtrand von Graz. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 24, 111—137, Graz 1972.
1113. — & — , Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark (Kartenblatt 10). Hauptverkarstungsgebiete der Steiermark (Kartenblatt 11). — In: Erl. z. Atlas d. Stmk., 57—77, Graz 1973.
1114. MAYER, H., Die Schloßwandhöhle (Kat.-Nr. 1728/3). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 89—90, Graz 1972.
1115. MOSER, H., STICHLER, W. & ZÖTL, J., Altersgliederung von tiefliegenden artesischen Wässern. — Die Naturwiss., 59, 122—123, Berlin—Heidelberg—New York 1972.
1116. MOTTL, M., Die Fünffenstergrotte am Kugelstein bei Peggau. — Die Höhle, 2, S. 29, Wien 1951.
1117. MÜLLER, J., Temperaturstudien am Andritzursprung. — Grazer Tagespost, 17. Mai 1896. Graz 1896.
1118. MURBAN, K., Die steirische Höhlenforschung und das Landesmuseum Joanneum. — In: Höhlenforschung in der Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 51—56, Graz 1972.
1119. NIEDERL, H., Überraschende Ergebnisse von Grundwasserentnahmen im südlichen Grazer Feld. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 24, 57—69, Graz 1972.
1120. — , Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1951—1960. — Beitr. Hydrographie Österr., 38, Wien 1964.
1121. NOVAK, J., Pumpversuche im südöstlichen Grazer Feld. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, 22, 63—76, Graz 1973.
- 1121a. PIRKNER, K., 100 Jahre Grazer Wasserwerke. — Gas-Wasser-Wärme, 26, 3—8, Wien 1972.
1122. PIRKNER, K. & PUSCHNIK, Th., Der erste Horizontalfilterbrunnen im Wasserwerk Graz-Feldkirchen. — Gas-Wasser-Wärme, 17, 199—206, Wien 1963.
1123. POPP, W., Grundwasseruntersuchungen im Raume Gössendorf. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, 22, 77—87, Graz 1973.

1124. PREISBERG, H. E. v., Der Curort Radegund seine Quellen und der Schöckel mit seinen Klüften und Sagen. — Graz 1866.
1125. PUSCHNIK, Th. & NOVAK, H., Vorarbeiten für das Wasserwerk Graz-Friesach. — Ber. wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, 7, 12—19, Graz 1966.
1126. PUTICK, W., Das Lurloch im Streiflichte der Technik. — Zsch. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver., 46, 438—441, Wien 1894.
1127. ROBERT, H., Forschungen in der Klufthöhle (Kat.-Nr. 2832/7) im Einödgraben. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 63—64, Graz 1972.
1128. — , Kurz vermerkt. (Bärenhöhle bei Mixnitz, Kat.-Nr. 2839/2 u. Drachenhöhle, Kat.-Nr. 2839/1.) — Die Höhle, 25, S. 43, Wien 1974.
1129. RONNER, F. & SCHMIED, J., Raubbau an artesischem Wasser in der Oststeiermark. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 20, 63—80, Graz 1968.
1130. SCHMUTZ, K., Die Graselhöhle in den Göser Wänden. — Der Aufmerksame, Nr. 114 v. 26. September 1816, Graz 1816.
1131. SETZ, W., Die Sprengarbeiten in der Lurlochhöhle bei Semriach. — Mont. Ztg. f. Österreich-Ungarn u. d. Balkanländer, 1, Nr. 11 v. 1. Juni 1894, 153—194, Graz 1894.
1132. — , Die Rettungsarbeiten in der Lurlochhöhle bei Semriach nebst einem Plane. — 21 S., Graz 1902.
1133. STINY, J., Die Quellen. — 255 S., Wien 1933.
1134. — , Die Lage des Felsuntergrundes in unseren Alpentälern. — Geol. u. Bauw., 10, 54—58, Wien 1938.
1135. — , Die Messung von gebirgsbildenden Vorgängen in Höhlen. — Mitt. Höhlenkomm., 1953, 41—42, Wien 1955.
1136. THINNFELD, F., Die Peggauer Bäche. — Grazer Tagespost, 1872, Nr. 231, Graz 1872.
1137. THURNER, A., Rutschungen im steirischen Tertiärgebiet mit besonderer Berücksichtigung der Wasserführung. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 17, 141—162, Graz 1965.
1138. — , Hydrogeologie. — 350 S., Wien—New York 1967.
1139. — , Die Bedeutung von Klufwasser in Hartgesteinen für die Wasserversorgung. — Nachr. Deutsch. Geol. Ges., 4, 76—80, Hannover 1971 (1971 a).
1140. — , Die Bedeutung des Wassers in den Gesteinsklüften. — Durit-Magazin, März 1971, 3—8, Wien 1971 (1971 b).
1141. — , Wasser in Felsgesteinen. — Österr. Wasserwirtsch., 24, 152—159, Wien 1972.
1142. TOUSSAINT, B., Hydrogeologie und Karstgenese des Tennengebirges (Salzburger Kalkalpen). — Steir. Beitr. Hydrogeol., 23, 5—115, Graz 1971.
1143. TRIMMEL, H., Morphologische und speleogenetische Beobachtungen in der Badlhöhle im Mittelsteirischen Karst. — Höhlenkundl. Mitt. Landesver. Wien u. Niederösterr., 6, S. 23, Wien 1950 (1950 c).
1144. — , Die Schutzmaßnahmen im Gebiet der Tanneben zwischen Semriach und Peggau (Steiermark). — Die Höhle, 23, 47—58, Wien 1972 (1972 a).
1145. — , Der Schauhöhlenbetrieb „Lurgrotte“ (Stmk.) im Jahre 1971. — Die Höhle, 23, 72—73, Wien 1972 (1972 b).
1146. — , Die „Lurgrotte“ (Steiermark) als Schauhöhlenbetrieb. — Die Höhle, 23, 122—135, Wien 1972 (1972 c).
1147. — , Höhlenschutz in Österreich im Jahre 1972. (Gipsloch in der Weizklamm, Steiermark). — Die Höhle, 24, 31—36, Wien 1973.
1148. TRONKO, W., Die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung im Mürztal. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 14, 9—57, Graz 1963.
1149. SCHAUBERGER, O., Über die vertikale Verteilung der nordalpinen Karsthöhlen. — Mitt. Höhlenkomm., 1951/1, 21—28, Wien 1959.
1150. UNGER, F., Die Andritzquelle bei Grätz in Bezug auf ihre Vegetation. — Linnaea, Journal f. d. Botanik, 13, Berlin-Halle 1839.
1151. WALCHER, F., Die Lurlochgrotte bei Semriach und ihre Schönheiten. — 24 S., Graz 1895.
1152. WEISSENSTEINER, V., Die G. W. Geßmandoline auf der Tanneben bei Peggau (Steiermark), Kat.-Nr. 2836/6. — Die Höhle, 17, 44—48, Wien 1966.
1153. — , Der Hammerbach bei Peggau (Stmk.). — Die Höhle, 20, 113—123, Wien 1969.
1154. — , Hochwasserschäden in der Lurhöhle (Stmk.). — Die Höhle, 22, 36—37, Wien 1971.

1155. — , Neue Gänge in der Bärenhöhle bei Mixnitz, Steiermark (Kat.-Nr. 2839/2). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 1, 9—11, Graz 1972 (1972 a).
1156. — , Die Hochwässer im Frühjahr und Frühsommer 1972 in der Lurgrotte. — Die Höhle, 23, S. 112, Wien 1972 (1972 b).
1157. — , Das Wildemannloch bei Peggau (Stmk.). — Die Höhle, 23, 135—144, Wien 1972 (1972 c).
1158. — , Die Höhlen der Steiermark statistisch betrachtet. — In: Höhlenforschung in Steiermark, Schild von Steier, Kleine Schriften, 12, 57—59, Graz 1972 (1972 d).
1159. — , Die Schloßhöhle (Kat.-Nr. 2793/27) südlich Schloß St. Martin bei Graz. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 10—11, Graz 1974 (1974 a).
1160. — , Die Raudnerhöhle (Kat.-Nr. 2783/4). Wiederauffindung der Raudnerhöhle bei Oberweizberg nördlich von Stiwoll. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 11—14, Graz 1974 (1974 b).
1161. — , Gutachten über den Zustand der Lurbachschwinden in Semriach und die Möglichkeiten von zweckmäßigen Veränderungen. Mit geschichtlichem Rückblick. — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 107—123, Graz 1974 (1974 c).
1162. — , Die Lurwandhöhle (Kat.-Nr. 2836/220). — Mitt. Landesver. Höhlenk. Stmk., 3, 132—133, Graz 1974 (1974 d).
1163. WEISSENSTEINER, V. & TRIMMEL, H., Hochwasserschäden in der Lurhöhle (Steiermark). — Die Höhle, 22, 36—37, Wien 1971.
1164. WURMBRAND, G., Über die Höhlen und Grotten in dem Kalkgebirge bei Peggau. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 2, Graz 1871.
1165. ZETINIGG, H., Die Hydrogeologie des südöstlichen Grazer Feldes. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, 22, 25—62, Graz 1973 (1973 a).
1166. — , Die artesischen Brunnen der Südweststeiermark. — Ber. wasserwirtsch. Rahmenplanung, 26, 124 S., Graz 1973 (1973 b).
1167. ZOJER, H., Untersuchungen zur Frage des Wasserverlustes an der mittleren und unteren Feistritz. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 24, 11—45, Graz 1972.
1168. ZOJER, H. & ZÖTL, J., Die Bedeutung von Isotopenmessungen im Rahmen kombinierter Karstwasseruntersuchungen, dargestellt an einem Beispiel aus dem Mittelsteirischen Karst. — Österr. Wasserwirtschaft, 26, 62—70, Wien 1974.
1169. ZÖTL, J., Beitrag zu den Problemen der Karsthydrographie mit besonderer Berücksichtigung der Frage des Erosionsniveaus. — Mitt. Geograph. Ges., 100, 101—130, Wien 1958.
1170. — , Das Grundwasser im Leibnitzer Feld (Steiermark). — Steir. Beitr. Hydrogeol., 20, 99—151, Graz 1968 (1968 a).
1171. — , Bericht über die Tätigkeit der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz in den Jahren 1966 und 1967. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 20, 159—167, Graz 1968 (1968 b).
1172. — , Wässer und Gewässer in der Steiermark. Zur Hydrologie der Steiermark. — In: Die Steiermark. Land—Leute—Leistung, 2. Aufl., 94—141, Graz 1971 (1971 a).
1173. — , Bericht über die Tätigkeit der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz in den Jahren 1969 und 1970. — Steir. Beitr. Hydrogeol., 23, 133—142, Graz 1971 (1971 b).
1174. — , Isotopenmessungen in der Hydrographie als Hilfsmittel zur Untersuchung der Klimaschwankungen in der Spät- und Nacheiszeit. — Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., 101, 195—202, Graz 1971 (1971 c).
1175. ZWITTNIG, L., Die Beeinflussung des Grundwassers durch Mülldeponien. Eine Studie über die zunehmende Aufhärtung des Grundwassers, hervorgerufen durch die Schüttung von Müll in grundwassernahen Deponien (Schottergruben) im Bereich des Grazer Feldes. — Steir. Beitr. Hydrogeol. 15/16, 91—106, Graz 1964.

XIII. Säuerlinge und Thermen

(A. THURNER, Graz)

Aus dem Grazer Bergland war nur ein anerkanntes Heilwasser im Handel (Kalsdorf). Dies muß durchaus nicht in einem absoluten Fehlen liegen, sondern ist vielleicht darin begründet, daß die unterirdischen Wässer chemisch noch viel zu wenig untersucht sind. Es besteht daher ohne weiters die Möglichkeit, daß gelegentlich in diesem Raum noch weitere Mineralwässer gefunden werden, die als Heilwässer Verwendung finden könnten.

Im Bereiche des Grazer Berglandes treten drei Säuerlinge auf. Es sind dies:

1. Der Säuerling von Zlatten nördlich Kirchdorf an der Mur

Der Säuerling von Zlatten ist seit dem Jahre 1715 bekannt und wurde seinerzeit auch in den Handel gebracht.

Es sind zwei Austrittsstellen bekannt. Die eine liegt unmittelbar in der Nähe des Gasthofes „Zur Linde“ und wurde „Linden-Säuerling“ genannt (M. BUCHER 1879 : 173). Sie ist heute nicht mehr zugänglich, da sie durch den Bau des E-Werk-Kanales verschüttet wurde, jedoch greifen die aufsteigenden Wässer immer wieder die betonierte Kanalwand an.

Der andere Säuerling befindet sich zwei Kilometer westlich im Zlattengraben. Er ist durch einen Brunnenschacht kenntlich. Der 2,8 m tiefe Brunnen durchörterte Schotter und steht im Amphibolit, aus dem die Kohlensäure längs feiner Risse aufsteigt. Es konnten vier derartige Spalten beobachtet werden. Die Ergiebigkeit der Quelle ist derzeit infolge ihrer schlechten Aufschließung sehr gering.

Eine Analyse des Lindenbrunnens findet sich in Tab. 47. Danach handelt es sich um einen alkalisch-muriatischen Säuerling. Die Temperatur schwankt zwischen 4 und 10° C und hängt von der Lufttemperatur ab.

Die Quellenaustritte sind an die Trasattel-Eywegg-Linie (vgl. S. 14) gebunden.

2. Der Säuerling von Kalsdorf

Die Quelle wurde durch Zufall 1805 entdeckt. Durch Hochwasser wurde sie jedoch 1827 zerstört und geriet daraufhin in Vergessenheit. Erst 1871 wurde sie neu aufgeschlossen. Das Wasser ist als Österreichische Heilquelle anerkannt und dient zur diätetischen Unterstützung der Therapie bei verschiedenen katarrhalischen Erkrankungen, Stoffwechselerkrankungen, Hyperazidität und zur Spülbehandlung der ableitenden Harnwege.

Über die geologischen Gegebenheiten fehlen genauere Angaben. Die beiden Austrittsstellen liegen in Groß-Sulz bei Kalsdorf nahe der Mur. Der Brunnenschacht, der Murschotter durchörterte, hatte eine Tiefe von 5 m. Nach A. TORNQUIST 1925 : 2 soll bei Bohrungen für die Neufassung der Quellen unter dem Murschotter Dolomit angefahren worden sein, was für die Existenz eines untielen paläozoischen Rückens sprechen würde. J. KNETT 1925 : 5 bezweifelte jedoch die Richtigkeit dieser Angabe. J. STINI gibt in einem Gutachten Leithakalke an.

Eine Analyse bringt Tab. 47. Danach handelt es sich um einen alkalischen Säuerling.

Wie der Sauerling von Zlaten ist nach A. WINKLER v. HERMADEN 1951 c : 58 auch dieser Sauerling an eine Störung gebunden. Es handelt sich hierbei um eine südliche Fortsetzung der meridional streichenden „Leberstörung“, die im Raume von Graz Rannach und Schöckel trennt. Die Nähe der Anomalie von Wundschuh (TOPERCZER, M. 1947) läßt an die Möglichkeit eines Zusammenhanges des Sauerlings mit dem bei Wundschuh in 33 m Teufe erbohrten Andesit (A. HAUSER & K. KOLLMANN 1954) denken.

3. Der Rosenberger Sauerling

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurde bei Bohrversuchen auf Kohle in der Ziegelstadlgasse in der Nähe des Rosenhaines in Graz ein Sauerling angefahren. Sein Wasser fand zwischen 1847 und 1859 in einem Mineralbad Verwendung. Der Sauerling soll klar, farblos, leicht aufperlend und von prikkelndem, etwas tintigem Geschmack gewesen sein. Beim Stehen schied er einen rotbraunen Bodensatz aus (F. HRUSCHAUER 1845).

Der Gehalt an festen Bestandteilen betrug 0,25% (FeO, MgCl₂, NaCl, SiO₂) der an freier Kohlensäure 0,08 %.

Außer diesen drei Sauerlingen sind noch zwei Thermalquellen zu nennen:

4. Die Akratotherme von Tobelbad

Die erste Kunde über die Therme von Tobelbad stammt aus dem 16. Jahrhundert, als Ferdinand I. das Bad den steirischen Ständen mit dem Auftrag, es zum Besten der Kranken zu verwenden, überließ. Seit 1810 fand das Bad allgemeine Verwendung und war vor allem zwischen 1900 und 1918 ein vielbesuchter Badeort, wurde jedoch nach dem zweiten Weltkrieg stillgelegt.

Es treten hier zwei Quellen, die Ludwigs- und die Ferdinandquelle aus den hier unter neogenen Ablagerungen auftauchenden oberdevonischen, grauen Kalken aus (F. ROLLE 1856 : 243). Die Kalkte die Fortsetzung des Paläozoikums des Buchkogelzuges darstellen. Während die Ludwigsquelle bei einer Schüttung von 480 l/Min. eine Temperatur von 27,8 Grad zeigte, besaß die Ferdinandsquelle eine Temperatur von 26 Grad Celsius. Mineralische Substanzen sind verhältnismäßig wenig gelöst (Analyse Tab. 47).

Das Wasser diente Bäder- und Trinkkuren bei Gallensteinen, Nierensteinen, Magen- und Darmkatarrhen usw.

Genauere geologische Untersuchungen fehlen. Auffallend ist die hohe Temperatur und das Auftreten von 1,06 Mache-Einheiten in der Ludwigs-Quelle.

5. Die Akratotherme von Puntigam

Im Gelände der Brauerei Puntigam wurde im Jahre 1968 eine Bohrung in die tertiären Schichten auf 204 m Tiefe niedergebracht, die Thermalwasser lieferte. Die Ergiebigkeit betrug 10 l/sec., die Temperatur 25 Grad C (vgl. S. 249).

Es handelt sich um eine „Ca—Mg—HCO₃—SO₄-Akratotherme“ vergleichbar Tobelbad.

Von der Fa. Etschel & Meyer wurde folgendes Profil aufgenommen (Grenzen nach F. RÖGL):

- 0 — 20,00 m grauer Grobkies mit Sand (Quartär)
- 21,50 m Kies mit gelbbraunem Lehm
- 23,00 m gelbbrauner Lehm
- 27,50 m grauer Ton

- 40,00 m Ton mit grauem Kies
- 46,00 m grauer Ton
- 48,00 m Ton mit einzelnen Geröllen (Unter-Sarmatium)
- 49,00 m grauer Ton
- 50,00 m grauer Ton und Kies
- 68,00 m grauer Ton
- 71,20 m grauer Ton und Kies
- 71,60 m Kies bis 8 mm ϕ
- 71,90 m grauer Ton
- 74,60 m Kies bis 8 mm ϕ
- 76,40 m grauer Ton und Kies
- 76,60 m grauer Ton
- 77,90 m Kies und grober Sand
- 78,60 m hellgrauer Ton
- 80,00 m grauer, fest gelagerter Ton
- 92,10 m Mergel und hellgrauer, sandiger Ton
- 92,30 m Kohle, sandig, etwas Kies
- 94,30 m grauer Ton mit etwas Kies
- 97,70 m sandiger, grauer Ton
- 98,00 m Ton mit Kies
- 101,50 m Kies bis 8 mm ϕ
- 102,00 m Sand, tonig mit Kies
- 106,00 m grauer, fester Tonmergel
- 107,00 m Kies bis 15 mm ϕ
- 107,80 m Kies mit Quarzgeröllen
- 108,00 m grauer Ton und Kies
- 110,00 m grauer, sandiger Ton, Mergel mit Kies
- 117,60 m grauer Ton und Mergel
- 118,30 m gelblichbrauner Ton
- 119,00 m grauer Ton
- 119,50 m gelblichbrauner Ton
- 121,70 m grauer, fester Ton
- 121,90 m grauer Ton und Kies
- 124,50 m schwach toniger Sand und Kies
- 126,50 m bräunlicher, toniger Kies
- 135,00 m grauer, fester Ton
- 149,00 m hellgrauer Ton (Badenium)
- 165,00 m grauer, sehr fest gelagerter Ton
- 166,30 m dunkelgrauer Ton
- 167,50 m grauer, sehr fester Ton
- 172,00 m grauer Ton
- 174,00 m sandiger, grauer Ton
- 176,00 m grauer Ton
- 180,00 m grauer, fester Ton
- 183,00 m sandiger, grauer Ton
- 184,20 m dunkelgrauer, glimmeriger Ton
- 185,80 m Grob- bis Feinsand mit Glimmer
- 186,40 m grauer Ton
- 188,50 m Grob- und Feinsand
- 188,70 m grauer Ton
- 192,00 m Grob- und Feinsand
- 194,00 m Ton, Grob- und Feinsand
- 195,00 m sandiger Ton
- 197,00 m Feinsand
- 200,80 m Sand und Ton
- 202,20 m Grobsand
- 204,00 m Lithothamnienmergel (Leithakalk)

Im Jahre 1972 wurde in unmittelbarer Nähe eine zweite Bohrung bis 269 m Tiefe niedergebracht, die ebenfalls Thermalwasser lieferte. Das Bohrprofil wurde geologisch nicht aufgenommen.

Das Profil der zweiten Bohrung in Puntigam:

- 22,0 m Schotter mit Steinen
- 47,7 m Ton, stellenweise mit Kies und Sand
- 52,0 m Kies
- 58,4 m Ton mit etwas Kies und Sand
- 61,5 m Kies
- 75,0 m Ton mit etwas Kies
- 83,5 m Ton mit etwas Kies und Sand
- 86,5 m Kies mit Toneinlagen — wasserführend
- 97,0 m Ton mit Kies
- 101,7 m Ton mit Kies und Sand
- 102,2 m Feinkies
- 105,5 m Ton mit Kies und Sand
- 112,5 m Kies, Sand und Toneinlagen — wasserführend
- 114,5 m Ton mit Kies und Sand
- 118,5 m Kies — wasserführend
- 126,0 m Ton mit Kies und Sand
- 197,5 m Ton mit Kies und Sand
- 202,0 m Kies mit Sand — wasserführend
- 214,0 m Ton mit Kies und Sand
- 231,0 m Grobkies und Ton — wasserführend
- 245,0 m Grobkies und Ton in Kalklagen
- 251,5 m Feinkies mit Sand und vereinzelt Tonschichten — wasserführend
- 269,0 m Kalk

Tab. 47: Analysen von Sauerlingen und Thermen des Grazer Berglandes

Probe Nr.:	1	2	3
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Na	1097,72	733,9	4,02
K	71,35	85,1	2,98
NH ₄	3,0	—	Sr 6,34
Ca	216,43	148,4	100,63
Mg	79,76	101,9	37,34
Fe	3,57	1,24	0,27
Mn	0,06	—	0,19
Al	0,08	—	0,04
Cl	544,92	404,6	3,15
Br	0,8	—	—
J	0,1	—	—
NO ₃	0,12	5,96	—
SO ₄	355,74	109,9	127,12
HPO ₄	0,60	2,49	0,04
HCO ₃	2711,45	2197,5	354,51
H ₂ SiO ₃	19,0	46,6	22,59
HBO ₃	60,5	—	—
CO ₂	2321,0	968,3	24,25
	7486,20	4805,89	693,47

1. Alkalischer Sauerling Kalsdorf. Anal. Bundesstaatl. Anst. experim.-pharm. balneol. Unters. Wien 1959.
2. Lindenbrunnen, Zlatten. Österr. Bäderbuch 1928 nach M. BUCHER 1879.
3. Ludwigsquelle, Tobelbad. Österr. Bäderbuch 1928 nach E. LUDWIG & ZDAREK, E. 1910.

Schrifttum

760. BUCHER, M., Analyse des Lindenbrunnen in Zlatten bei Pernegg in Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 17, 173—174, Graz 1879.
- 760a. HRUSCHAUER, F., Chemisch-physikalische Untersuchung des Badewassers in der Vorstadt Gaydorf Nr. 852 zu Gratz. — 7 S., Graz 1845.

761. KNETT, J., Die Mineralquellenprovinz der Südost-Steiermark. — Intern. Ztschr. Bohrtechn. Erdölbergb. Geol., 33, 4—8, Wien 1925.
762. LUDWIG, E., Chemische Analyse der Therme von Tobelbad bei Graz in Steiermark. — Sitzber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (II), 52, 264, Wien 1865.
763. REIBENSCHUH, Die Thermen und Mineralquellen Steiermarks. — Graz 1899.
764. TORNQUIST, A., Auftreten und Salzführung der Mineralquellen in der südlichen Steiermark. — Intern. Ztschr. Bohrtechn. Erdölbergb. Geol. 33, 1—4, Wien 1925.
765. SCHÜLER, Th., Der steirische ständische Curort Tobelbad bei Graz. — Graz 1856.
- Ferner: 279, 563, 798, 800, 815 (1138).

Literaturnachtrag zur 2. Auflage:

1176. BRUSSELLE, A., Heilquellen und Kurorte der Steiermark. — In: Steiermark, Land — Leute — Leistung, 1. Aufl., 507—511, Graz 1956.
1177. KÜPPER, H. & WIESBOCK, I., Erläuterungen und Index zur Übersichtskarte der Mineral- und Heilquellen in Österreich. — 101 S., Wien 1966.
1178. THURNER, A., Hydrogeologie der Sauerlinge in Österreich. — Wiss. Arbeiten a. d. Burgenland, 30, 138—143, Eisenstadt 1965.
1179. —, Hydrogeologie der Sauerlinge in Österreich. — Naturwiss. Rdsch., 18, 237 bis 240, Stuttgart 1965.

XIV. Der Baugrund der Stadt Graz¹⁾

(V. MAURIN, Universität Karlsruhe)

Für die Stadtplanung und vor allem für die Projektierung von tiefbaulichen Maßnahmen ist eine genaue Kenntnis der Beschaffenheit des Untergrundes von größter Bedeutung. Der rein wissenschaftlich arbeitende Geologe befaßt sich wohl mit der Entstehung, dem Alter, der Lagerung und der Zusammensetzung der einzelnen Schichten, der Ingenieur möchte aber in erster Linie über deren technische Eigenschaften, also über ihr physikalisches und z. T. auch chemisches

¹⁾ Als Grundlage für die vorliegende Darstellung stand neben der allgemeinen geologischen Literatur das Baugrundarchiv der Stadt Graz am Institut für Baugeologie an der Technischen Hochschule, Graz, zur Verfügung. Es wurde anlässlich des Ausbaues der Schwemmkanalisation in den zwanziger Jahren unter dem damaligen Vorstand des Institutes, Herrn Hofrat Prof. Dr. A. TORNQUIST, angelegt. An der Ausgestaltung dieses Archives haben seither folgende Herren gearbeitet: E. CLAR, H. FLÜGEL, O. M. FRIEDRICH, A. HAUSER, O. HOHL, V. MAURIN, E. NEUWIRTH, A. RIEDERER, H. SEELMEIER und L. SEEWANN.

Für den inneren Bereich der Stadt, wie er durch ihre Grenzen bis zum Jahre 1938 (I. bis VI. Bezirk) gegeben ist, besteht eine „Geologische Bodenkarte“ von A. TORNQUIST 1931 in Handzeichnung (1:5000), weiters eine „Baugeologische Karte“ für die Bezirke Graz und Graz-Umgebung im Maßstab 1:100.000 (H. FLÜGEL, 1951 b). Die hydrogeologischen Verhältnisse wurden bisher in Manuskriptkarten von N. ANDERLE (1959) im Maßstab 1:25.000 und von V. MAURIN (1961) im Maßstab 1:10.000 dargestellt.

Die in der Baugrundkarte gesammelten Bodenprofile (etwa 4000) sind über das Stadtgebiet noch sehr ungleich verteilt, da bisher im wesentlichen nur die bei Tiefbauten geschaffenen Aufschlüsse untersucht werden konnten und diese sich naturgemäß auf die enger verbauten inneren Stadtbezirke konzentrieren. Dazu kommt noch, daß die Betreuung des Archives meist ehrenamtlich erfolgte und von den einzelnen Bearbeitern vielfach in ihrer Freizeit vorgenommen wurde. Es wäre zu begrüßen, wenn auch in Graz, wie dies schon in vielen anderen größeren Städten der Fall ist, sich eine Stelle hauptamtlich mit der Sammlung der anfallenden Daten befassen würde und von dieser auch selbständige, notwendige ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden könnten!

Verhalten, Bescheid wissen. Eine normale geologische Kartierung kann auf derartige Einzelheiten nicht eingehen. Es sind daher Spezialuntersuchungen notwendig, die, da meist kostspielig, gewöhnlich nur im Zusammenhang mit größeren Planungen für einen beschränkten Bereich vorgenommen werden (Schürfunken, Bohrungen, geophysikalische und bodenmechanische Untersuchungen, Grundwasserbeobachtungen usw.). Umso wichtiger ist es, alle erreichbaren Daten kartemäßig zu registrieren und schließlich zu einer Baugrundkarte zusammenzufassen.

Bei einer derartigen Baugrundkartierung muß man ebenfalls von der Beobachtung der Oberflächenformen ausgehen, da sich daraus bereits viel baugeologisch Wichtiges konstatieren läßt. So verraten sich z. B. rutschgefährdete Hänge schon durch ihre unruhigen Geländeformen. Wertvoll sind auch Beobachtungen an Bauwerken, da sie Hinweise auf das Verhalten des tieferen Untergrundes geben können. In einzelnen, vor allem in den älteren Teilen der Stadt spielen auch die künstlichen Anschüttungen, die im Laufe der 800jährigen Entwicklung der Siedlung entstanden sind, eine nicht unbedeutende Rolle. Zur Abgrenzung dieser jungen Anschüttungen kann das Studium geschichtlicher Quellen wesentlich beitragen.

Im Gebiet der Stadt Graz (127 km²) lassen sich, im großen gesehen, zwei baugeologisch verschiedene Bereiche unterscheiden:

I. Das aus Festgesteinen aufgebaute Grundgebirge.

Dieses setzt sich zusammen:

1. Aus einem räumlich sehr begrenzten Streifen kristalliner Schiefer beim Sternwirt nördlich Mariatrost (in der Karte nicht ausgeschieden).
2. Aus den paläozoischen Gesteinen (s. S. 35).
 - a) Die paläozoischen Schiefer (Tonschiefer, Phyllite, tonige Kalkschiefer, Grünschiefer und Metadiabase), die ihre größte Verbreitung im Nordosten der Stadt (Roßegg, Pfangberg, Platte) aufweisen, weiters im Thalgraben (Göstingbach) sowie in einzelnen isolierten Aufbrüchen in den Lockersedimenten (Reiner Kogel, Kalvarienberg, Stiftingtal) vorkommen.
 - b) Die karbonatischen Gesteine des Paläozoikums. Diese spielen unter den Festgesteinen die wesentlichste Rolle, da der die Stadt im Westen begrenzende Buchkogel-Plabutschzug fast ausschließlich aus Kalken und Dolomiten aufgebaut wird, desgleichen der Göstinger Burgberg, der Admonter Kogel, die Kanzel, der Hauenstein, die Hänge beiderseits des Kroisbachdurchbruches bei Mariatrost sowie der Schloßberg im Zentrum der Stadt. Die Dolomite sind z. T. mit Quarzsandsteinen eng verknüpft („Dolomit-Sandstein-Folge“).

II. Die Sedimente des Känozoikums.

1. Die Ablagerungen des Neogens (s. S. 105).
 - a) Die Eggenberger Breccie. Diese z. T. gut verfestigte, meist aus Dolomit- und Kalkbruchstücken zusammengesetzte Breccie ist durch ihr rotes, mergeliges Bindemittel besonders auffällig. Im Stadtgebiet ist sie lediglich an den Osthängen des Plabutsch-Buchkogelzuges von Be-

deutung. Dort, wo sie gut verfestigt dem Grundgebirge aufliegt, kann sie auch in ihrer geotechnischen Beurteilung den paläozoischen Festgesteinen angeschlossen werden. Vielfach findet sie sich aber mit stark lehmigem Rotschutt und mit Roterden wechsellagernd und verhält sich an diesen Stellen entsprechend abweichend. In den steileren Hangpartien kann es dann zu Rutschungen bzw. Schwierigkeiten bei Gründungen kommen.

- b) Die vorwiegend tonigen (bindigen) Ablagerungen des Torton, des Sarmats und des Unterpannons. Sie bilden vor allem die unteren und mittleren Hangabschnitte der Hügelzüge im Osten der Stadt, weiters stehen derartige Sedimente in der Bucht von Kehlberg (Webling) bei Straßgang und in der ausgedehnten Tertiärbucht von Andritz an. Aber auch der gesamte Untergrund des Grazer Feldes unterhalb der quartären Terrassenschotter wird praktisch aus diesen Schichten aufgebaut.

In diese tonige und z. T. tonig-feinsandige Schichtfolge sind untergeordnet Kies- und Schotterlinsen und -horizonte eingeschaltet. Diese geben durch ihre Wasserwegigkeit im Zusammenhang mit den wasserstauenden Komplexen die Grundlage für z. T. ausgedehnte Rutschungen ab (s. S. 245).

- c) Die Schotter und Sande des höheren Unter- und des Mittelpannons. Die früher geschilderte Schichtfolge nimmt nach oben hin einen immer mehr grobklastischen Charakter an oder wird in Form einer Erosionsdiskordanz von Schotterzügen abgelöst, so daß die durch die oberpliozänen bis altquartären Fluren abgestuften Kämme im Osten und Nordosten der Stadt (Petersbergen, Ries, Leechwald, Rosenberg) vorwiegend von diesen Ablagerungen gebildet werden. Die z. T. stark verwitterten Kristallinschotter sind meist gut verfestigt und treten an den Hängen vielfach schon durch eine Verteilung der Geländeformen hervor.

2. Die Ablagerungen des Quartärs (s. S. 152).

- a) Altquartäre Terrassenfragmente auf Spornen der Hügelzüge östlich und westlich der Stadt spielen baueologisch fast keine Rolle.
- b) Reste der Reißterrasse finden sich im Stadtgebiet nur an den Rändern des Grazer Feldes an wenigen Stellen, so in Oberandritz, St. Peter, Messendorf und westlich der Mur in den Grundgebirgsbuchten von Bründl und südlich der Kirche von Straßgang. (Die beiden letzteren Vorkommen sind auf der Karte nicht ausgeschieden.) Es handelt sich dabei um Schotterterrassen, deren sonst meist geringe Lehmbedeckung am Ostrand des Grazer Feldes durch Abschwemmung von Tertiärmaterial und durch Anwehung von Staubsanden 8 bis 10 m Mächtigkeit erreichen kann (H. MOHR 1919, 1923, A. WINKLER v. HERMADEN 1955).
- c) Die Würmterrasse nimmt auch heute noch den größten Teil des Grazer Feldes ein. Sie ist eine reine Schotterterrasse, deren Lehmmaße meist unter 2 m Mächtigkeit bleibt, der Schotterkörper hingegen

erreicht an manchen Stellen eine Stärke von über 25 m. Das Material besteht vorwiegend aus Kristallinschottern, denen aber eine beachtliche Komponente paläozoischer Gesteine mit einem hohen Anteil an Kalken beigemischt ist. Mit der Zusammensetzung der Schotter haben sich in letzter Zeit O. BLÜMEL (1957) und H. FLÜGEL (1960 c) beschäftigt, mit dem Aufbau der Terrasse A. WINKLER v. HERMADEN (1955) und H. FLÜGEL (1960 c).

- d) Die holozäne Flur oder Stadtbodenstufe. Diese begleitet, in die Würmterrasse eingesenkt, in durchschnittlich zwei Kilometer Breite den heutigen Lauf der Mur von Weinzödl abwärts durch das ganze Stadtgebiet. Die Zusammensetzung der Schotter unterscheidet sich kaum von jener der Würmterrasse. Die Erosion setzte im Spätwürm ein und reichte in einer Tiefenrinne bis 40 m unter die Flur der würmzeitlichen Steinfelderterrasse. Seither wurde diese Rinne wieder (z. T. in einer Mächtigkeit bis über 30 m) bis zur heutigen Höhe des tiefsten Stadtbodens aufgefüllt.

Gleichzeitig mit der Bildung der Stadtbodenstufe entwickelten sich die holozänen Talböden der kleineren Seitengerinne der Mur im Bereich der Stadt. Da alle hier in Frage kommenden Bäche ihr Einzugsgebiet wenigstens teilweise im Bereich der neogenen Ablagerungen haben, so sind die hier abgesetzten Sande und Schotter meist stark verlehmt. Östlich der Mur sind derartige Bachsedimente auch in die Würmterrasse in größerem Maße ein- bzw. dieser aufgelagert.

- e) Hangschutt, Staubsande („Löße“) und künstliche Anschüttungen. Derartige Ablagerungen können lokal bautechnisch von Wichtigkeit sein. So haben wir ausgedehnte Komplexe meist lehmig untermengter, junger Hangschuttbildungen u. a. am Nordhang des Plabutsch und am Nordwestabfall des Frauenkogels oberhalb Raach.

Pleistozäne Staubsande sind in größerem Maße am Frauenkogel, bei Weinzödl, am Reiner Kogel, am Buchkogel, in der Bucht von Kehlberg und am Florianiberg wie auch am Ostrande des Grazer Feldes in Waltendorf und St. Peter vorhanden.

Eine nicht zu unterschätzende baueologische Bedeutung haben anthropogene Anschüttungen. Solche finden sich besonders in der Altstadt, so vor allem im Bereich Sackstraße—Hauptplatz—Neutorgasse—Andreas-Hofer-Platz und der Kaianlagen. Ihre größte Mächtigkeit (bis zu 15 m) erreichen sie aber im Zuge der mittelalterlichen und neuzeitlichen Stadtgräben.

Ein Problem stellen auch die zahlreichen, heute vielfach mit Müll verfüllten Schottergruben und z. T. auch Lehmentnahmestellen dar. Da die Lokalität älterer, früher weit vor der Stadt liegender Gruben heute meist nicht mehr bekannt ist, kam es bei der Ausführung von Bauprojekten schon mehrmals zu unangenehmen Überraschungen.

Oft beträchtliche Abtragungen und Anschüttungen entstehen weiters überall dort, wo Verkehrswege Geländestufen überwinden müssen oder wo auf Grund der Stadtplanung Geländeunebenheiten ausgeglichen werden. Dies ist z. B. bei der Keplerstraße, der Annenstraße oder der Ungergasse der Fall.

Bei der baugelologischen Beurteilung der oben kurz dargestellten Schichtglieder im Bereich der Stadt Graz ist zu unterscheiden, ob es sich um flaches oder um geneigtes Gelände handelt. In hügeligem oder bergigem Areal sind naturgemäß andere Faktoren zu beachten als im Grazer Feld oder auf den ausgedehnteren Verebnungsflächen der Hügelzüge.

In ersterem Falle ist bei Felsuntergrund vor allem die Verwitterungstiefe, die Schichtneigung und die Klüftung für die Standfestigkeit der Hänge und ihre Belastbarkeit maßgebend. Bei geschlossener Schichtfolge ist den paläozoischen Gesteinen eine Bodenpressung bis zu 10 kg/cm^2 zuzumuten. Bei massiger Entwicklung und besonders günstiger Lagerung kann man bei einzelnen Kalken (z. B. Schöckelkalk) bis auf 25 kg/cm^2 gehen.

Schwieriger sind die Verhältnisse im Bereich der jungtertiären Hügelzüge im Osten und Nordosten der Stadt. Wie schon erwähnt, neigen diese Hänge auf Grund ihrer Wechsellagerung von tonigen (wasserstauenden) und sandig-kiesigen (wasserdurchlässigen) Schichtgliedern zu Rutschungen. Ein Großteil dieser Hänge am Rande des Grazer Feldes und seiner Seitentäler wurde während des Pleistozäns und in einer niederschlagsreicheren Periode des Postglazials bereits von Bodenbewegungen erfaßt (A. WINKLER v. HERMADEN 1943, 1955). Kleinere Rutschungen finden aber auch heute noch regelmäßig statt. Derartige Bewegungen können in einem Gelände, das sich in manchen Teilen noch in einem labilen Gleichgewichtszustand befindet, durch alle künstlichen Eingriffe, wie Anschnitte durch Straßentrassen, Aushübe für Hochbauten usw., ausgelöst werden. Bei der Projektierung größerer Objekte in diesen Arealen sind daher vorhergehende genaue baugelologische und bodenmechanische Untersuchungen unbedingt erforderlich.

Die Kämme der neogenen Hügelzüge im Osten der Stadt werden vielfach von z. T. verlehnten Pannonschottern eingenommen. Da sie meist trocken sind, ergeben sich in diesen Bereichen selten Gründungsschwierigkeiten.

In den ebenen Abschnitten des Grazer Feldes geht es in erster Linie darum, den Wechsel von zusammendrückbaren (tonig bis schluffigen) und wenig oder kaum zusammendrückbaren (sandig-schotterigen) Schichten festzustellen sowie die Grundwasserverhältnisse (Höchststände, Schwankungen und evtl. Fließgeschwindigkeit) zu klären.

Die reinen Murschotter der Würmterrasse und der holozänen Stadtbodenstufe können als ausgezeichneter Baugrund bezeichnet werden, der meist bis zu 4 kg/cm^2 Bodenpressung verträgt. Zu achten ist dabei, daß die Mächtigkeit der Schotter (meist liegt sie ohnedies bei 15 bis 20 m) eine ausreichende ist und daß keine wesentlichen Einschaltungen an Sand- und Schluffbänken vorhanden sind. Gefährlich können auch Zonen mit ausgeschwemmten Feinteilen, wie sie gerade in Ufernähe und z. T. auch an den Terrassenrändern vorkommen können, sein.

Da die über dem wasserstauenden Tertiär liegenden Schotter gleichzeitig das Grundwasserreservoir für das Grazer Feld darstellen, haben auch alle größeren natürlichen und künstlich hervorgerufenen Grundwasserspiegeländerungen Rückwirkungen auf bestehende Bauwerke. Die in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts durchgeführte Murregulierung verursachte im Stadtgebiet eine 2 bis 3 m betragende Eintiefung des Flußbettes, der natürlich auch der Grundwasserspiegel folgte. Dieser Umstand führte verschiedentlich zu Setzungsschäden an Bauwerken in Ufernähe (wie z. B. am Grieskai, Marburger Kai usw.).

Östlich der Mur reicht zwischen Schloßberg, Rosenberg und Waltendorf die

neogene Unterlage der Pleistozänterrassen bedeutend höher hinauf. Außerdem sind die Murschotter hier mit oft stark lehmigen Bachsedimenten verzahnt. Dieser Umstand, wie auch der lokal stark schwankende, meist aber hochliegende Grundwasserspiegel, machen in diesem Bereich eine großräumige Vorhersage der Baugrundverhältnisse unmöglich. Dieses Gebiet ist daher wegen seines unterschiedlichen Verhaltens mit Vorsicht zu beurteilen. Die Lehme zeigen bei stärkerem Wasserzutritt intensive Quellerscheinungen und bei darauffolgender Belastung unangenehme Setzungen, deren zahlenmäßige Vorausbestimmung bei der oft auch horizontal stark wechselnden Schichtfolge Schwierigkeiten macht. Daher muß die möglichste Trockenhaltung jeder Baugrube in diesen Abschnitten oberstes Gebot sein.

Eine aufgeweichte Gefahrenzone ist auch immer an der Grenze Quartär-schotter—Tertiärton vorhanden. Sie ist aber meist nur geringmächtig und schützt die darunterliegenden Schichten vor weiterer Durchnässung. Auf Grund der enormen Vorbelastung — die pannonischen Schotter reichten in Graz bis zu einer Seehöhe von heute 700 m — sind die neogenen Ablagerungen im unveränderten Zustand aber soweit verdichtet, daß die tonigen Sedimente im tieferen Untergrund meist als trockene Schiefertone auftreten. Diese sind durchaus geeignet, auch höhere Sohlspannungen aufzunehmen. (DIN 1054 sieht für einen halbfesten bindigen Boden eine zulässige Bodenpressung von 2,0 kg/cm² und für einen trockenen harten bindigen Boden eine solche von 4,0 kg/cm² vor.)

An einigen Stellen sitzen die quartären Murschotter aber direkt dem paläozoischen Grundgebirge auf, so im Bereich der Raacher Siedlung, zwischen Kalvarienberg und Reinerkogel, am Ostfuß des Plabutsch sowie an der West- und Südseite des Schloßberges (V. HILBER 1893, E. CLAR 1931 a, V. MAURIN 1949, 1956 b). Dadurch war es möglich, die Keplerbrücke und das Umspannwerk Graz-Mitte auf Fels zu gründen. In letzter Zeit durch das Städtische Straßen- und Brückenbauamt durchgeführte Untersuchungen am Strompfeiler der Hauptbrücke haben ergeben, daß dieser auf neogenen Schiefertönen aufruhet. Damit sind die alten Literaturangaben, nach denen auch die Haupt- und die Tegetthoffbrücke auf Fels gegründet wären, endgültig berichtigt.

Schrifttum

766. Baugrundkarte der Stadt Hannover. — 27 Blätter, 1 : 10.000, Hannover 1950—55.
767. GRAUPNER, A., Beispiele ingenieur-geologischer Baugrundkarten. — Geol. u. Bauw., 20, 77—82, Wien 1953.
768. GWINNER, M. P., Eine geologische Baugrundkarte der Stadt Göttingen. — Geol. u. Bauw., 22, 49—53, Wien 1956.
769. HAEFELI, R. & SCHAAD, W., Setzungen infolge Senkung, Schwankung und Strömung des Grundwassers. — Mitt. d. Versuchsanst. f. Wasserbau u. Erdbau, Nr. 8, Zürich 1944.
770. HOHENBRUGER, F. v., Darstellung der in der Periode 1874 bis 1891 durchgeführten Arbeiten der Mur-Regulierung in Steiermark. — 199 S. u. 11 Taf., Wien 1894.
771. HOERNES, R., Der Boden von Graz. — Bericht über die Tätigkeit des Steiermärkischen Gewerbevereines, 58, 40—44, Graz 1895.
772. — , Gutachten in Angelegenheit des Baues der zweiten Trace der Seilbahn auf den Schloßberg, — 1 S., Graz 1897.
773. — , Bau und Bild der Ebenen Österreichs. — 194 S., Wien-Leipzig 1903.
774. LUKAS A.; Die Stadt Graz in ihren geographischen Beziehungen. — 56 S., Graz 1909.
775. LUSCHIN-EBENGREUTH, A., Häuser- und Gassenbuch der inneren Stadt Graz. — In POPELKA F., Gesch. d. St. Graz, I. Bd., 491—632, Graz 1928.

776. MAURIN, V., Der Untergrund der Murbrücken in der Grazer Innenstadt. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 86, 72—79, Graz 1956 (1956 b).
777. MAYER, R., Der Grundriß der Stadt Graz. — Kl. Bücherei, Naturw. Ver. Stmk., 4, 16 S., Graz 1936.
778. — , Geographische Beiträge zur ältesten Entwicklung der Siedlung Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 73, 61—107, Graz 1936.
779. MOHR, H., Über die Funde von Holzkohle im Lößboden von St. Peter bei Graz. — Verh. geol. Reichsanst., 327—332, Wien 1919.
780. — , Studien im Lößlehm von St. Peter bei Graz. — Verh. geol. Bundesanst., 113—121, Wien 1923.
781. — , Die Baugrunduntersuchungen für die neue Kalvarienbrücke in Graz, ihre Ergebnisse und prognostische Auswertung. — Jahrb. geol. Bundesanst., 77, 63—80, Wien 1927.
782. MOOS, A. v., Ein Baugrundarchiv der Stadt Zürich. — Schweiz. Bauzeitung, 122, 29—30, Zürich 1943.
783. — , Der Baugrund der Stadt Zürich. — Mitt. Versuchsanst. Wasserbau und Erdbau, 18, 31 S., Zürich 1949.
784. PETERS C., Die geologische Beschaffenheit einiger Stellen des Bodens von Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 7, LXXXVI—LXXXVII, Graz 1870.
785. — , Die Gesteinsarten, die zur Herstellung des Trottoirs in Graz benützt werden. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 8, CXXXVI—CXXXVII, Graz 1871.
786. PIRCHEGGER H., Häuser- und Gassenbuch der Vorstädte am rechten Murufer. — In POPELKA F., Geschichte der Stadt Graz, II. Bd., 703—814, Graz, 1935.
787. STINI, J., Neue Übersicht über Bodenbewegungen und über ihre Bekämpfung durch den Ingenieur. — Geol. u. Bauw., 19, 31—54, Wien 1952.
788. TORNQUIST, A., Die Stadt Graz als Wohnstätte. Entstehung und Beschaffenheit des Grazer Stadtbodens. — In: Die Stadt Graz, 1—3, Graz 1928 (1928 c).
789. — , Geologische Bodenkarte der Stadt Graz. — Ungedruckte Manuskriptkarte 1 : 5000. — Graz 1931 (1931 b).
- Ferner: 3, 33, 57, 59, 61, 93, 95, 97, 109, 110, 112, 131, 140, 163, 175, 187, 198, 214, 216, 220, 222, 225, 232, 233, 239, 265, 276, 281, 308, 314, 315, 352, 360—364, 376, 377, 379—381, 384, 388, 404, 411, 414, 500, 516, 518, 520, 521, 523, 527, 529, 531—535, 537, 540, 542, 543, 546, 547, 617—619, 624, 625, 635, 649, 654, 666, 669, 673a, 680, 681, 684, 693, 720—722, 726, 730, 739, 740, 744, 747—749, 751, 752, 756, 758, 992 a.

Berichtigungen der Karte

Leider haben sich in die Karte einige Fehler eingeschlichen, die im folgenden berichtigt seien:

1. Nördl. der Teichalm (Hochlantsch) besteht der in der Farbe des „Hochlantsch-Kalk“ ausgeschiedene Raum um das Touristenheim aus Kalkschiefern der Hubenhalt.
2. Nördlich davon unterblieb westlich Punkt 1239 bei den hier ausgeschiedenen „Calceola-Schichten“ der Blau-Punkt-Aufdruck.
3. Bei der Kalkscholle südlich von Semriach (Kesselfall) handelt es sich selbstverständlich nicht um Barrandei-Kalke, sondern um „Schöckelkalk“.
4. Der Grundgebirgsaufbruch innerhalb der jüngst-pliozänen Schichten von Semriach besteht aus den Schiefen der Passailer Mulde („Tonschiefer“ etc.).
5. Die Roterden von Kalkleitenmöstl (Schöckel-S) sind vermutlich Bildungen des oberen Pliozän (Astium/Piazentium).
6. Der in der Farbe des Pannons ausgeschiedene kleine Streifen bei M von „Marxen-Kogel“ (Rannach) ist Gnathodus-Kalk (Unter-Karbon).
7. Südlich der Dult wären zwischen den Steinberg-Kalken und den Tonschiefern des Karbon noch Gnathodus-Kalke einzuzeichnen.
8. Die Kuppe 560 westlich von Rein besteht nicht aus Schiefen, sondern aus Dolomiten. Die Schiefer liegen erst südlich des Weges Rein-Kher.
9. Am Ostrand des Beckens von Thal sind die Eggenberger Breccien nicht so verbreitet, wie es die Karte verzeichnet. Es wurden hier auch Süßwasser-Breccien in der Farbe der „Eggenberger Breccie“ ausgeschieden.
10. Der Bergsporn mit Schloß Greisenegg (Voitsberg S) besteht nicht aus kristallinen Schiefen, sondern aus Dolomiten, die der fraglichen Trias zuzurechnen sind.

Ergänzung des Schrifttumverzeichnisses

790. ANGEL, F., Diabasformen im Bereich des Murauer Paläozoikums. — Verh. geol. Bundesanst., 175—180, Wien 1955.
791. ANKER, M., Geognostische Andeutungen über die Umgebung von Graz. — Steierm. Zeitschr., 9, Graz 1828.
792. CORNELIUS, H. P., Zur Paläographie und Tektonik des alpinen Paläozoikums. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 159, 281—290, Wien 1950.
793. —, Die Geologie des Mürtztalesgebietes. — Jahrb. geol. Bundesanst., Sonderbd., 4, 94 S., Wien 1952.
794. Die Lurgrotte. Eine Schauhöhle zwischen Semriach und Peggau in Steiermark. — 36 S., Graz 1953.
795. FLÜGEL, H., Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. — Geol. Bundesanst. Wien 1960 (1960 d).
796. HANSELMAYER, J., Ein „Andesit-Geröll“ aus der Sandgrube Saringer in Dornegg bei Nestelbacher-Schemerl. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 169, 1—7, Taf. 1, Wien 1960 (1960 c).
797. —, Petrographie der pannonischen Schotter von Hönigthal (1. Teil). — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (I), 170, 179—202, Taf. 1, Wien 1961.
798. HAUSER, A. & KOLLMANN, K., Ein Andesitvorkommen in Wundschuh bei Graz. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 84, 67—70, Graz 1954.
799. HOFMANN, E., Die Holzkohlenreste von der Feuerstelle der Repolusthöhle. — Arch. Austriaca, 8, 79—81, Wien 1951.
800. JANISCH, J., Topographisch-statistisches Lexikon von Steiermark mit historischen Notizen und Anmerkungen. — 3 Bd., Graz 1878, 1885.
801. KHOSROVI-SAID, A., Stratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum beiderseits des Pailgrabens (Graz-N) mit Hilfe von Conodonten. — Anz. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. 1962, 89—90, Wien 1962.
802. MORAWETZ, S., Ein interessanter Fall von indirekter Geländegestaltung durch den Frost. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 91, 96, Graz 1961.
803. MOTTL, M., Die Lurgrotte und ihre Umgebung im Wandel eiszeitlicher und nachzeitlicher Geschichte. — In: Die Lurgrotte, 11—13, Graz 1953.
804. PETRASCHECK, W., Österreichs Kohlenlager. — Zeitschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 85, 179—186, Berlin 1937.
805. REDLICH, K. A., Der Karbonzug der Veitsch und seine Magnesite. — Zeitschr. prakt. Geol., 21, Berlin 1913.
806. SCHWINNER, R., Die Zentralzone der Ostalpen. — In: SCHAFFER, Geologie von Österreich, 105—232, Wien 1951 (1951 b).
807. SIGMUND, A., Über ein Nephritgeschiebe von außergewöhnlicher Größe aus dem Murschotter bei Graz. — Centralbl. Mineral. etc., 686—688, Stuttgart 1909.
808. —, Neue Mineralfunde in Steiermark und Niederösterreich. III. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 49, 103—119, Graz 1913.
809. —, Neue Mineralfunde in der Steiermark. V. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 51, 40—51, Graz 1915.
810. —, Neue Mineralfunde in der Steiermark. VI. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 52, 355—382, Graz 1916.
811. —, Die kristallinen Schiefer und die Kluftminerale der Brucker Hochalpe. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 53, 223—244, Graz 1917.
812. —, Neue Mineralfunde in der Steiermark. VIII. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 54, 225—234, Graz 1918.
813. —, Die kristallinen Schiefer und die Minerale im Pöller Graben bei Gams nächst Frohnleiten. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 55, 127—150, Graz 1919.
814. —, Neue Mineralfunde in der Steiermark. XI. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., 60, 7—11, Graz 1924.
815. TOPERCZER, M., Die erdmagnetische Anomalie von Wundschuh. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. (IIa), 156, 383—391, Wien 1947.
816. TUFAR, W., Ein erstmaliger Beryllfund von Stubenberg. — Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl., 31—32, Graz 1961.
817. UNGER, F., Iconographia plantarum fossilium. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 4, 73—118, 22 Taf., Wien 1852.
818. —, Über fossile Pflanzen des Süßwasserkalkes und Quarzes. — Denkschr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., 14, 1—12, 3 Taf., Wien 1858.

819. VACEK, N., Über die krystallinische Umrandung des Grazer Beckens. — Verh. geol. Reichsanst., 9—20, Wien 1890.
 820. ZAPFE, H., Die geologische Altersstellung österreichischer Kohlenlagerstätten nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis. — Berg- u. Hüttenm. Mh., 101, 71 bis 81, Wien 1956.

Sach- und Ortsindex

- Admonter Kogel 130, 275
 Affenberg 142
 Aibel 17
 Aichberg b. St. Michael 76
 Aichegg 108
 Albersdorf 139
 Amasegg-Graben 82
 Amering-Kristallisation 18
 Amphiporen-Dolomit 41, 42
 Andritz 137, 219, 220, 242, 246, 255, 276
 Anger (-Kristallin) 6, 17, 21, 82, 196, 198, 229, 242, 246
 Ankenhofen 104
 Angerberg bei Leoben 115, 200
 Arnstein 198, 199
 Artesisches Wasser 245ff
 Arzberg 196, 198, 212, 214, 215
 Arzwaldgraben 59, 204, 205
 Aschau 82
 Au bei Gratwein 49, 205
 Auen bei Passail 104
 „auffallendes“ Kalkband 53
- Bachl 201
 Badl (-graben, -wand) 163, 170, 226
 Bärenschütz 62, 88, 98, 99
 Bamederkogel 41
Barrande-Schichten (-Kalk) 43ff, 80, 199, 200
 Basiskonglomerat-Folge 84ff
 Belvedere-Schichten 115, 125
 Berendorf 256
 Birkfeld 17, 18, 118, 196, 198, 204, 220, 244
 Bitumenmergel-Folge 89ff
 Bohrungen, Badl 190
 —, Eisbach 108
 —, Etzersdorf 118, 122
 —, Friesach 258
 —, Glatzenberg 118
 —, Gleisdorf 250
 —, Graz-Elisabethstraße 247
- Bohrungen, Graz-Fölling 249
 —, Graz-Kaiser-Josef-Platz 246
 —, Graz-Paulustor 249
 —, Graz-Puntigam 111, 121, 249
 —, Graz-Reininghaus 249
 —, Graz-Reitschulgasse 247
 —, Graz-Sparbersbachgasse 248
 —, Guggenbach 36
 —, Hofbauerteich bei Weiz 123
 —, Krottendorf 105, 108, 111, 123
 —, Mantscha 108
 —, Mooskirchen 97, 108
 —, Peggau 36, 60, 190, 192, 253
 —, Pirka 108, 109, 111, 249
 —, Preßguts 121
 —, Raaba-Mühle 125, 249
 —, Rein 108
 —, Schirning 250
 —, Söding 97, 105, 108, 111
 —, Stallhofen 108
 —, Thannhausen 123, 250
 —, Übelbach 190
 —, Wünschbauer 123
 Brandberg b. Leoben 210
 Braungestein 43
 Breitenau 12, 52, 65, 78, 194, 195, 209, 210ff, 218
 Breitenauer Tal 77, 196, 244
 Breitenhilm 141
 Brodersdorf 126
 Bruck a. d. Mur 75, 76, 82, 83, 102, 154, 180, 199, 200, 223
 Brucker-Linie 104, 195
 Brucker-Stadtforst 16
 Brunn 145
 Bucheck 129
 Buchgraben 28
 Buchkogel 43, 48, 64, 117, 194, 195, 200, 210, 225, 236, 275
 Buckelberg 144
 Bürgerwald 112, 196
 Buntscheck-Gneis 22
 Burgstall 62, 212, 270
 Busental 122, 124, 139, 220

- Bussardkogel 8, 11
Bythotrephis-Schiefer 40
- Calceola*-Schichten 54, 64, 80
 Chonetenschiefer 47
 Clymenienkalk 49
 Congerien-Schichten 125
 Crinoiden-Schichten (-Kalk) 38ff, 41, 59, 80, 190
- Dallakkogel 205, 217
 Deutschfeistritz 186, 188, 190, 204, 205, 213, 242
 Diabase, Diabastuffe 34, 36, 39, 41, 48, 52, 53, 54, 59, 61, 196
 Dietenberg 25, 202, 203
 Dörfla 256
 Dolomit-Sandstein-Folge 39ff, 52, 54, 59, 80, 190, 199, 275
 Dominikaner-Riegel-Stufe 154
 Donawitz 102, 254
 Dornegg 145
 Dornerkogel (-Folge) 77, 80
 Dult (-bach) 77, 185
- Ebenhofer Kogel 82
 Ebenschlag 65
 Ebersdorf 27, 219
 Eckbergit 21
 Eckwirt Schotter 113, 117, 119
 Edelsee 21
 Ederkogel 78
 Edling 135
 Eggenberg b. Graz 257
 Eggenberger Breccie 105, 116ff, 198, 229, 275
 Eggenfeld 258
 Eggersdorf 142
 Eibellkogel 8
 Eibiswalder Schichten 131
 Eichberg 238, 239
 Eidexberg 128
 Eisbach 111, 112, 116
 Eisenerz 34
 Eozängerröle 104, 115, 116
 Erharthöhe 128
 Erkoschlößl 145
 Erzführender Kalk 34
 Etzersdorf 118, 122
 Eywegg-Linie (-Sattel) 14, 98, 195
- Falbschiefer 36, 188, 190
 Faltungsphase, alpidische 186
 —, asturische 186
 —, austrische 186
 —, intramiozäne 187, 195, 224, 229
 —, nachgosauische 187, 195
 —, steirische 104, 119
 —, variszische 186
 Fehringer Becken 245
 Feinschichtige Grauwackenschiefer 34
- Feistritztal 180, 224, 246
 Feldbach 252
 Feliferhof 210, 220, 228, 231, 236
 Fensteralpe 8, 203
 Fernitz 256
 Ferstl-Kogel 130
 Fischbach 81, 198
 Fischbacher Alpen (-Quarzit) 81, 83, 119, 224
 Fladnitz 198
 Flater Berg 14
 Florianer Bucht 131
 Florianiberg 41, 43, 64, 130, 277
 Folge von Laufnitzdorf 51ff, 80
 Forstkogel 49
 Frankenberg 126
 Frauenkogel b. Gösting 44, 47, 48, 180, 229
 Friesach 201, 232, 255, 258ff
 Frohnleiten 153, 154, 162, 196, 204, 254
 Fuchskogel 203
 Fürstbauer 11
 Fürstenfelder Becken 245
- Gabbro v. Birkfeld 18
 Gaberl 202
 Gaisberg (-Sattel) 43, 48, 77, 199, 201, 228
 Galgenberg b. Leoben 198, 199
 Gallmannsegg 198, 203, 208
 Gamskonglomerat 83, 88, 98ff, 187, 195, 198
 Garracher Wald 229
 Gasen 196, 218
 Geiststal 89, 90, 98, 119, 201
 Gersdorf 143
 Glashüttener System 128, 129, 224
 Gleinalpe 119, 125, 152, 203, 224
 Gleinalm-Hütte (-Kern, -Kristallin, -Kristallisation, -Speik) 6ff, 13, 18, 97, 187, 195, 198, 203, 208
 Gleisdorf 121, 122, 138, 141
 Gleisdorf-Schichten 119, 121ff, 138, 139
 Gnaser Becken 245, 249
Gnathodus-Kalk 76, 80, 200
 Gnies 138
 Göriach 137
 Gössendorf 256
 Gößgraben 203, 208
 Gößnitzgneis (-graben, -rücken, -zone) 22ff, 24, 198, 203
 Gösting b. Graz 38, 39, 64, 199, 200, 201, 228, 253, 256
 Goniatiten-Bank (-Kalk) 49, 80
 Gosau v. Kainach 83ff, 194, 198, 206, 223, 227, 228, 230, 243
 Graden (-bachtal) 56, 83, 88, 98, 231, 333ff
 Gradener-Serie (-Zone) 22, 24ff
 Grambach 154
 Graphit 218
 Gratkorn 115, 186, 195, 200, 205

Gratwein 111, 136, 200, 205, 218, 224, 244
 Grauwacken-Decke (-Fazies) 194, 195
 Grauwackenzone 6, 34ff, 75, 209
 Graz 162, 205, 220, 246ff, 255, 257ff
 Grazer Feld (Bucht) 224, 231, 249, 254ff, 274ff
 Grazer Paläozoikum 6, 12, 18, 26, 35ff, 80, 209ff, 275
 Greisenegg, Schloß 280
 Grenzphyllit 187, 192, 213, 215
 Grenzzone 60
 Grobgnais 19ff, 199
 Grobschotter d. Feistritztales 118ff
 Grobschotter v. Trog 118
 Groß-Gößgraben 104
 Groß-Stübing 205, 206
 Groß-Sulz 270
 Gschaid 198, 212
 Gsullberg 128
 Günz-Eiszeit 153
 Guggenbach 36, 204, 205, 213
 Gulsen 10, 209

 Hafenberg 91
 Hangendkonglomerat v. Leoben 104
 Harmsdorfer-Stufe 154
 Hart b. Messendorf 153
 Hart b. Passail 104
 Hart/Puch 119
 Hartberg 251, 252
 Harterberg 198
 Hartmannsdorf 139
 Haselbach 139
 Haslau 114, 139
 Häuselberg b. Leoben 76, 130, 199, 200, 212
 Hauenstein 8, 13, 275
 Haufenreith 204, 212, 213
 Hauptbecken-Folge 90ff
 Hauptgraphitschiefer 187, 190, 192
 Haupt-Konglomerat 103
 Hausberg b. Gratkorn 217, 218
 Heilbrunn 61, 62
 Heilbrunner Phyllit (-Streichen) 57, 80, 192, 194
 Helfbrunner Terrasse 154, 155
 Hemmerberg 92, 93, 198
 Heuberg (-graben) 52, 58, 62, 63, 64, 75, 118, 194, 209
 Hl. Berg b. Köflach 197, 199, 201
 Hiening 61, 129, 153, 258
 Hinteregg 209
 Hippuriten-Kalk 94
 Hirnsdorf 143
 Hirschegg 23
 Hirschegger-Gneis 23ff, 26, 129
 Hirschkogel 194, 230
 Hitzendorf 246
 Hochalpe 104, 125, 203
 Hocheck 79
 Hoch-Gößnitz 203

Hochlantsch (-Einheit, -Fazies, -Kalk) 12, 51ff, 56, 58, 61, 64, 80, 99, 125, 128, 130, 180, 193ff, 201, 224, 225, 230
 Hochleiten 217
 Hochschlag (-Serie) 57, 80, 125
 Hochstradner-Niveau 129, 225, 226, 229, 238
 Hoch-Trötsch 36, 44, 61, 128, 180, 194, 195
 Höf 142, 203
 Höhlen, allgemein 155
 —, Aragonit- 169
 —, Badl- 156, 157, 163, 168, 169
 —, Bären- 173, 176, 232
 —, Burgstallwand- 175
 —, Dachschloch- 179
 —, Drachen- 117, 156, 157, 158, 173, 206, 218, 325
 —, Eiserne Kassa 179
 —, Einsiedeleigrötte 177
 —, Emmalucke 176
 —, Feliferhof- 236
 —, Fleischhacker- 232, 234, 235
 —, Frauen- 174, 175, 232
 —, Fünffenstergrötte 172
 —, Heidentempel 179
 —, Holzinger- 169
 —, Kalter Keller 175
 —, Katerloch 173, 182, 206
 —, Kalvarienberg- 176
 —, Klementgrötte 173
 —, Kugelstein- 156, 157, 170, 171, 172
 —, Leopoldinen- 176
 —, Luegloch 156, 157, 177
 —, Lurgrotte 162, 172, 195, 227, 232, 238ff
 —, Mathildengrotte 175
 —, Nixengrotte 176
 —, Peggauer- 158, 178
 —, Rabelloch 173
 —, Repolust- 156, 158, 163, 166
 —, Rinnelech- 179
 —, Schneiderloch 176, 219
 —, Steinloch 156
 —, Steinbock- 157, 170
 —, Steinbruch- 173
 —, Tropfstein- 173
 —, Wildermannloch 239
 —, Zachenlucke 175
 —, Zehnerhubloch 175
 —, Zigeuner- 176, 218
 Hönigtal 144
 Hörgas 136
 Hohenilz 118, 119
 Holzmannsdorfburg 143
 Hoyer 8, 11
 Hubenhalt (-Niveau) 54, 128
 Humpelgraben 6, 9, 14, 195
 Hundsborg 60
 Hundsdorf b. Gratwein 111

 Ilzbachtal 121, 127, 200

- Ilzberg 18, 128
 Isenrode 203
- Jaritzberg 212
 Jungberg 139
- Kainach (-Marmor) 81, 83, 198, 199
 Kainachtal 13, 198, 255
 Kainberg 196
 Kaintaleck 76
 Kaiserwald (-Terrasse) 153
 Kalke des Mooskogel 53
 Kalkleitenmöstl-Niveau 117, 129, 130, 225
 Kalkschiefer der Rannachwiese 50
 Kalkschiefer-Folge 52ff, 80, 199, 200, 201
 Kaltbachgraben 76
 Kalchberg 94
 Kalsdorf 257, 270, 273
 Kalvarienberg 200, 218, 275
 Kanzel b. Graz 79, 153, 275
 Kanzel-Kalk 48ff, 193, 199, 200, 201
 Kapfensteiner Schotter 126, 127, 129, 140, 141, 142
 Karlauer Stufe 154
 Karlsruhacht 228
 Karnerberg-Schotter (-Niveau) 126, 129, 140, 142, 143
 Katzbachgraben 24, 203
 Katzelbachmoor 181, 182
 Kehlberg 277
 Kemetberg 203
 Kesselfall 280
 Kher (Kehr) 36ff, 61, 186, 195
 Khererwald 37
 Kienberg 14
 Kirchberg 142
 Kirchnerberger Schotter 126, 129, 140, 141, 142
 Kirchdorf 196
 Kleingraben 198
 Klein-Semmering 123, 124, 125, 139, 219
 Klingenstein 141
 Klosterkogel b. Rein 77
 Köflach (-Voitsberger Becken) 58, 59, 81, 82, 105ff, 110, 113, 116, 131, 133, 163, 180, 197, 199, 219, 223, 224ff, 230, 233, 242, 244, 253
 Kohle 89, 103ff, 118, 120, 122ff, 219, 228
 Kohlenführende Schichten von Weiz, Obere 125, 129, 141
 Kohlenführende Schichten von Weiz, Untere 119, 122ff, 138, 139
 Kogelhof 82, 198
 Kollerkogel 47
 Konglomerate von Stiwoll 90, 105, 108
 Korallenkalk 43, 46
 Koralm (-Gneis, -Kristallin) 6, 22ff, 203
 Korallen-Kristallisation 23
 Kor-Niveau 119, 125, 224
 Krammersdorf 104
 Krappfeld 83
- Kraubath 9, 10, 11, 203, 209
 Krennhof 23, 219, 233
 Kreuzsattel 8, 11
 Kreuzwirt 29
 Krottendorf b. Graz 40
 Krottendorf b. Voitsberg 105, 198
 Krottendorf b. Weiz 123
 Krottenhof 154
 Krumegg 127, 142
 Kugelstein b. Peggau 154, 238
 Kulm 17
 Kulmburg 123
 Kulturen 161, 163, 164, 166ff, 178, 179
- Lainsach 8
 Lagerstätten 204ff, 208ff
 —, Arsen 205, 218
 —, Blei-Zink 36, 58
 —, Eisen-Mangan 209
 —, Kies 209
 —, Kupferkies 205
 —, Limonit 117, 118
 —, Magnesit, Breitenau 78, 205, 210ff
 —, Magnesit, Kraubath 10, 209
 —, Magnetit 62, 63, 209
 —, Phosphat 218
 —, Quecksilber-Antimon 205, 217
 —, Siderit 79, 87
 Lammkogel 8, 11
 Lammalpe 8
 Landschakogel 117, 118, 173, 225
 Lankowitz 203, 228
 Lannach 135, 220
 Laßnitzhöhe 127, 142, 144, 196
 Laufnitzdorf 52, 78, 194
 Lavanttal 83, 85
 Leber 225
 Lechwald 276
 Leibnitzer Feld 255
 Leisenreith 196
 Leitha-Schotter 115
 Lembachmühle 142
 Leoben 76, 102, 130, 133, 180, 195, 200, 219, 223
 Leobener Tertiärmulde 102ff
 Leuker 13
 Lichtensteiner Berg 104
 Lieben/Graz 180
 Liebensdorf 138
 Lieboch 91, 109
 Ligit 203
 Linneck 38, 129, 203
 Lobmingberg 115
 Lurbach 105
 Lustbühel 125, 220
- Madersberg 43, 47, 48
 Mantscha 108, 111, 113, 114, 136
 Maria Trost 61, 275
 Marmorzug v. Kogelhof 6, 17, 82
 Marxkogel 218
 Maßenberg b. Leoben 198

- Messendorf 154, 162
 Metadiabas 61ff
 Miesenbachtal 21
 Mindel-Eiszeit 153
 Mittelsteirische Flexur 245
 Mittelsteirischer Karst 224ff
 Mittelostalpin 6, 89
 Mittlere Terrassen-Gruppe 153, 162
 Mixnitz 98, 130, 163, 180, 242
 Moder 230
 Modererkessel 104
 Modriach 209
 Mooskirchen 97
 Moscherkogel 13
 Mühlberg 129, 228
 Münzenberg 133, 134
 Mugel (-Gneis) 6, 11ff, 15ff, 82, 208
 Muralpen (-Kristallin) 6
 Muriden 82
 Murtal 11, 133, 137, 155, 179, 220, 227,
 231, 239, 253ff

 Naas b. Weiz 105, 109, 135, 162, 220,
 224
 Naintsch 198, 199, 209
 Nestelbach 145
 Nestelbodner 53
 Neuhof 11, 13, 196, 198
 Neustift 62, 210, 218
 Niederschöckel 123, 124, 125, 139
 Niklasdorf 102, 200, 218

 Oberaich 199
 Ober-Andritz 63
 Oberdorf a. d. R. 27
 Oberdorf b. Weiz 123, 124, 139, 220
 Ober-Feistritz 118, 196, 199
 Oberostalpin 6, 89
 Obere Schiefer 59, 188, 190, 191
 Obere Terrassen-Gruppe 153, 162
 Oberschöckel 28
 Ochsenkogel 11
 Ochsenkreuz 9
 Oelberg 200
 Osser (-Kalk) 43, 53, 125
 Oswaldgraben 198, 208

 Pack 203
 Pailgraben 121
 Parmasegg-Kogel 186, 189, 190, 192,
 194, 195
 Passail (-Feld, -Phyllite) 60, 61, 95, 104,
 105, 116, 130, 187, 196, 198, 220, 224,
 225, 229, 230
 Patscher 229
 Paulurl 27, 205
 Peesen 201
 Peggau 36, 56, 58, 59, 154, 186, 190, 196,
 199, 201, 204, 206, 219, 228, 238, 254,
 255
Pentamerus-Kalk 43, 46
 Pernegg 11, 180

 Pfaffenberg 11, 275
 Pfaffenkogel 330
 Phosphaterde 156, 157, 158, 164, 165,
 166, 174
 Piber 228
 Pichling b. Köflach 201, 203
 Piregg 118
 Pirka 109, 111, 113, 137, 153
 Pischelsdorf 143
 Plabutsch 41, 44, 47, 48, 64, 65, 88, 116,
 155, 194, 195, 200, 218, 219, 225, 229,
 236, 277
 Plankenwart 38, 113, 201
 Plankogel 62, 125
 Platte b. Graz 10, 37, 38, 61, 124, 127,
 196, 203, 210, 275
 Plattengneis 22ff
 Plattlquarzit 82, 194
 Plesch-Mühlbacherzug 36, 41, 42, 52, 54
 Pockstallergraben 13
 Pöllauer Feingranit 20
 Pöller Linie 104, 195
 Pommesberg 59
 Prägünz 153
 Prebersdorf 139
 Premstätten 220
 Preßguts 121
 Puch 17, 128
 Pulster-Riegel 9
 Puntigam 11, 121, 271

Quadrigenium-Schichten (-Kalk) 56, 80
 Quarzite v. Fischbach 81
 Quarzite des Hundsberges 59, 60
 Quarzphyllit-Gruppe 59, 187, 188
 Quelle, Andritz-Ursprung 232, 233, 242
 —, Baummühl- 233
 —, Brunnwaller b. Mixnitz 232, 233
 —, Bründl 231, 233, 236ff
 —, Finzen- 233
 —, Gänsebrunnen 233
 —, Hammerbach- 232, 233, 240ff
 —, Hemmer- 232ff
 —, Laurins- 239ff
 —, Schmelzbach- 230ff, 233

 Raabalpe 6
 Raabalpen-Kristallin 17, 82
 Raabtal (-Klamm) 27, 126, 127, 173, 180,
 218, 225, 227, 229, 230, 255
 Raasberg (-Folge) 6, 61, 82, 186, 194,
 225
 Rabenstein 187, 192, 204, 205, 213
 Rabenwald 19, 21, 22, 209
 Rabnitzberg (-Tal) 126, 203, 211
 Radegund (-Kristallin) 24, 26ff, 60, 65,
 202, 203, 209, 242
 Rannach (-Decke, -Fazies) 36ff, 50, 187,
 188, 190, 192, 193, 194, 195, 218, 225
 Raschberg 40
 Raßbach 91
 Ratlosgraben 52

- Ratten 118, 220
 Rautnerkogel 214
 Rechberg 57, 59, 195
 Rein 38, 111, 113, 116, 136, 205, 209
 Reinprechtskogel 88, 89
 Reinerkogel 124, 162, 275, 277
 Reithof 104
 Remschnigg 97
 Rennfeld 6, 14ff, 119, 125, 195, 208
 Rettenbachklamm 64
 Ries 141
 Rinnegg 27, 28, 61
 Riß-Eiszeit (-Terrasse) 236, 276
 Römaskogel 88, 92
 Rötz b. Judendorf 201
 Rohrerberg 116, 143
 Rollsdorf 198
 Rosenberg-Terrasse 153ff
 Rote Wand 128, 225
 Roterde 105, 108, 109, 166ff, 119, 123,
 129, 158, 197, 220, 225, 227, 229, 236,
 239, 276
 Rothleiten 62, 98
 Rosenberg 18, 124, 271
 Rosental b. Köflach 197
- Sallagraben 23, 208, 233
 Sandstein-Fazies 43
 Sandsteine v. Stiwill 41, 37
 Sanzenkogel-Schichten 76, 199
 Sattelberg 229
 St. Bartholomä 83, 91, 93, 111, 200, 219,
 230
 St. Erhard/Breitenau 200
 St. Gotthard 40, 162
 St. Jakob-Breitenau 11, 62, 118
 St. Jakob a. W. 21
 St. Johann ob Hohenburg 198, 203
 St. Johann und Paul 41
 St. Kathrein a. Off. 59, 60
 St. Martin a. W. 23, 198
 St. Michael 75, 76, 82, 115
 St. Oswald 111, 135, 136, 219
 St. Pankrazen 89
 St. Peter b. Freienstein 34
 St. Peter b. Graz 125, 154, 246, 277
 St. Ruprecht 252
 St. Stephan 111, 113, 153
 Schabkogel 16
 Schattleitner 199
 Schattleitner-Graben 52
 Schemerl (-Schotter) 126, 127, 129, 140,
 144, 145
 Scherzberg 24
 Schichten der Dult 77, 80, 185, 191
 Schichten (-Kalke) d. Hubenhalt 54, 80
 Schichten von Naas 109
 Schichten von Stiwill 38
 Schichten von Kher 36ff, 64, 80
 Schiefer d. Passailer Mulde 36, 59, 80
 Schiffal 51, 180
 Schindelgraben 43
- Schininger 14
 Schlöglgraben 203
 Schloßberg, Graz 117, 200, 205, 275, 279
 Schöckel 57, 58, 117, 125, 128, 224, 225,
 229, 230
 Schöckelkalk (-Decke) 58, 60, 80, 187,
 190, 192, 193, 199, 200, 277
 Schöckelkreuz 27, 203
 Schra-Kogel 9, 12, 104
 Schrems 56, 199, 200, 212
 Schrottalpe 203
 Schusterbauer 90
 Schweinsbachwald-Terrasse 153ff
 Seckauer Granit (-Kristallin) 11, 14, 15,
 82
 Seegraben (-Bruch) 104, 133, 195
 Seiersberg 199, 201
 Semmeringiden 6, 82
 Semmering-Quarzit 19, 198
 Semriach 59, 60, 105, 163, 173, 206, 225,
 228, 229, 230, 239
 Semriacher Schiefer 59, 187, 188, 215
 Sinabelkirchen 139
 Sinnersdorfer Konglomerat 118
 Söding 97, 105, 108
 Södingberg 90
 Sonneck 91
 Spielerhof b. Raaba 125
 Spilit 65
 Stadelberg-Niveau 130, 226, 238
 Stadl 126
 Stadelhof 117
 Stadtboden-Stufe 154, 155, 277
 Stainzer Plattengneis 23, 26
 Stallhofen 105, 108, 111, 113, 115, 131,
 133, 135, 246
 Stampf 203
 Stanz 6
 Staring-Alpe (-graben) 8
 Stattegg 116, 143
 Stattegger Graben 38, 229
 Steinberg b. Graz 49, 51, 199, 205, 228
 Steinberg b. Radegund 27, 29
 Steinberg-Kalk 49ff, 199, 200, 201
 Steinfeld-Terrasse 154, 155, 277
 Steinkellner Kogel 117
 Steirisches Becken 102, 105ff, 245, 250
 Stiwill 37ff, 63, 108, 111, 112, 115, 116,
 136, 188, 197, 204, 212, 214, 224
 Strallegger Gneis 21
 Straßegg 198, 200, 205
 Straßgang 64, 111, 113, 126, 155, 196,
 200, 201, 218
 Striatoporen-Kalk 56, 194
 Strickbachgraben 104
 Stroß 194, 225, 230
 Stubalm 119, 202, 203, 208, 224
 Stubenberg 20, 21, 22
 Stübing (-graben) 38, 40, 52, 212, 213
 Süßwasserkalk 108ff, 119, 136
- Taborer Schotter 140

- Talk 19, 21, 22, 76, 209
 Tanneben 56, 129, 130, 186, 190, 192, 225, 229, 231, 238
 Tasche 61, 195, 204, 238
 Taschenschiefer 95, 188
 Teichalm (-haus) 42, 52, 54
 Teigitschgraben (-Serie) 22ff, 25
 Thal 40, 63, 108, 111, 113, 114, 120, 197, 200, 228, 275
 Thalgraben 204, 205
 Thalwinkel 38
 Thondorf 256
 Tiefernitzgraben 125, 138
 Tobelbad 108, 111, 113, 271, 273
 Tober 105
 Tollinggraben 130, 210
 Tommer-Schiefer 18
 Tonschiefer-Fazies 56ff, 192, 193
 Tonschiefer des Weitzbauer 57
 Traföß 196, 199, 204, 211
 Trahüttener-System 128, 129, 224, 225
 Traidersberg-Folge 12, 14
 Trasattel-Linie 14, 270
 Travertin 105
 Tregist 206
 Trieben 76
 Trofaiach 135
 Türnauer Graben 52, 54
 Tuffe, Neogen 103, 104, 107
 Tullwitzdorf (-Viertel) 104, 105, 220

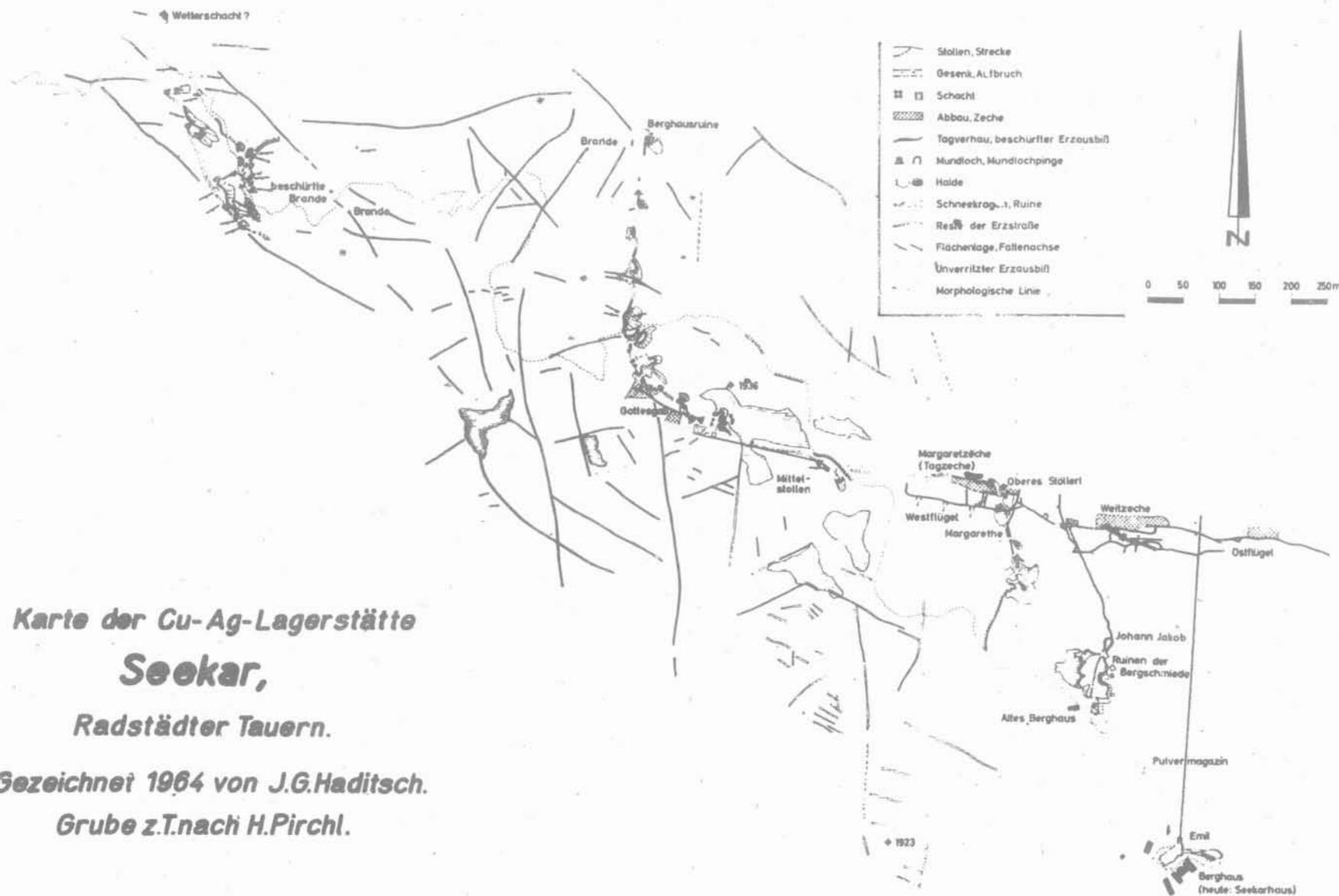
 Übelbach 13, 186, 188, 192, 212
 Übelbachgraben 61, 196
 Übelstein 16
 Untere Schiefer 59, 188, 190, 191, 192
 Untere Terrassen-Gruppe 154ff, 162
 Unterostalpin 6
 Utschgraben 11, 16, 102

 Vasoldsberg 141
 Villafrancium 227
 Voitsberg 112, 129, 132, 201, 246
 Vordere Stagg 8
 Vordernberg Tal 231, 254

 Waisenegg 118
 Waldhof (-Schichten) 114, 119ff, 137, 197
 Waldkogel 11
 Waldstein 64, 212
 Waldsteinit 62, 64
 Wallenberg 18
 Wallhütten-Alm 53
 Waltendorf/Graz 138, 277
 Webling 236, 249, 276
 Wegscheid 198
 Weinitzen 124, 205, 219, 229
 Weinzödl 180, 253
 Weißenbach-Graben 81
 Weißsteine (-Schiefer) 19, 21, 22, 81
 Weiz 82, 105, 109, 117, 126, 130, 138, 163, 173, 199, 201, 246

 Weizbachtal 229, 236
 Weizer Bergland 57ff, 194, 195, 225, 230, 231, 242, 244
 Weizklamm 199, 201, 217
 Wenigzeller Grobgranit 19
 Wenisbuch 123, 139, 219
 Werndorf 231
 Wetterbauer-Sattel 205, 217, 218
 Weststeirisches Becken 245
 Wetzelsdorf 257
 Wildoner Buchkogel 225
 Willersdorf 203
 Windorf 154
 Winkel 37, 51
 Winterdorf 126
 Wölmissberg b. Voitsberg 202, 208
 Wolfack 78
 Wolschenek-System 128, 129, 224, 225
 Wolfsgrube 9, 139
 Wolfsgrubensattel 11
 Würm-Eiszeit (-Terrasse) 154, 156, 157, 160ff, 227, 232, 236, 247, 253, 257, 258, 276
 Wünschbauer 126, 141
 Wundschuh 256, 257, 271

 Zachengraben (-Spitze) 56, 64
 Zahrerberg-Niveau 130, 226, 238
 Zangtal 106, 107, 115, 131, 199, 201
 Zehneralpe 128
 Zeltweggraben 8
 Zementmergel-Folge 91, 94
 Ziegelei, Bärnbach 197
 —, Baltl 154
 —, Eggersdorf 197
 —, Eustacchio 125, 137
 —, Fölling 197
 —, Frohnleiten 197
 —, Gleisdorf 154
 —, Hundsdorf b. Gratwein 197
 —, Kowald 197
 —, Krottendorf b. Weiz 197
 —, Leoben 197
 —, Neustift b. Graz 121, 197
 —, Oberdorf b. Weiz 197
 —, Passail 197
 —, Premstätten 153, 220
 —, Söding 197
 —, St. Marein a. P. 197
 —, St. Stefan 197
 —, Thal 197
 —, Weiz 126, 197
 —, Wienerberger, St. Peter 153, 197, 220
 —, Winterdorf b. St. Ruprecht 197
 —, Wolf, Andritz 124, 137, 197
 —, Zitoll 197
 Zigöllerkogel 177, 231, 233
 Zitoll 38
 Zlatten b. Kirchdorf a. d. M. 270, 273
 Zösenberg 117



Karte der Cu-Ag-Lagerstätte
Seekar,

Radstädter Tauern.

Gezeichnet 1964 von J.G.Haditsch.

Grube z.T.nach H.Pirchl.