

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 132	Heft 2	S. 489-505	Wien, August 1989
-----------------	----------------	----------	--------	------------	-------------------

Das Inkohlungsbild im Jungtertiär der Norischen Senke (Östliche Zentralalpen, Österreich) und seine paläogeothermische Deutung

Von REINHARD F. SACHSENHOFER*)

Mit 12 Abbildungen und 1 Tabelle

*Steiermark
Salzburg
Niederösterreich
Kärnten
Tauernfenster
Miozän
Inkohlung
Paläogeothermie*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 102-105, 130-134, 157-162

Inhalt

Zusammenfassung	489
Abstract	490
1. Einleitung	490
2. Probenmaterial	491
3. Untersuchungsmethoden	491
4. Regionale Besprechung	494
4. 1. Laußnitz	494
4. 2. Tamsweg	494
4.2.1. Geologie	494
4.2.2. Inkohlung	494
4.2.3. Deutung des Inkohlungsbildes	494
4. 3. Schöder	496
4. 4. St. Oswald	496
4. 5. Fohnsdorf-Knittelfeld, Seckau, Feeberg	497
4.5.1. Geologie	497
4.5.2. Inkohlung	497
4.5.3. Deutung des Inkohlungsbildes	498
4. 6. Trofaiach	500
4. 7. Leoben - Bruck/Mur	500
4.7.1. Geologie	500
4.7.2. Inkohlung	501
4.7.3. Deutung des Inkohlungsbildes	501
4. 8. Aflenz	501
4. 9. Unteres Mürztal	502
4.10. Oberes Mürztal	502
4.11. Waldheimat	502
4.12. Hart/Gloggnitz	502
5. Diskussion	502
Dank	505
Literatur	502

Zusammenfassung

Die Miozänbecken der Norischen Senke folgen ungefähr der Mur-Mürz-Furche vom Ostrand des Tauernfensters bis ins südwestlichste Wiener Becken. Da in den limnisch-fluviatilen Sedimenten sowohl Kohlenflöze wie kohlige Partikel häufig auftreten, konnten die vorliegenden Inkohlungsuntersuchungen folgende Beiträge zur Klärung der Paläogeothermik dieses Raumes liefern:

Auf Grund unterschiedlicher Schichtmächtigkeiten und differenzierter geothermischer Verhältnisse im Miozän ergibt sich ein komplexes Inkohlungsbild. Im Tamsweger Becken, wenige Kilometer östlich des Tauernfensters, reicht der Inkohlungsgrad vom Mattbraunkohlen- zum Flammkohlen-Stadium. Der hohe Inkohlungsgrad wurde durch einen stark erhöhten geothermischen Gradienten zur Zeit der Inkohlung bedingt. Der

geothermische Gradient dürfte in der Norischen Senke gegen Osten abgenommen haben, obgleich im Fohnsdorf-Knittelfeld der Tertiärbecken der Inkohlungsgrad gleichfalls (vom Weichbraunkohlen-) bis zum Flammkohlenstadium reicht. Der Grund für die hohe Inkohlung dieses (und des Seckauer) Beckens liegt in der im Vergleich zum Tamsweger Becken überaus großen Mächtigkeit der Beckenfüllung bei einem deutlich kleineren Inkohlungsgradienten. Ein kleiner geothermischer Gradient dürfte in den Becken der östlichen Norischen Senke geherrscht haben. Das Auftreten von Glanzbraunkohlen in der Umgebung von Leoben - Bruck/Mur wird aus geologischen Überlegungen nicht auf große Überlagerungsmächtigkeiten, sondern auf einen lokal erhöhten geothermischen Gradienten zurückgeführt.

Als Ursache des hohen geothermischen Gradienten in der westlichen Norischen Senke wird der rasche Aufstieg des „warmen“ Penninikums des Tauernfensters während des Miozäns angenommen. Gründe für den erhöhten geothermischen Gradienten in der Umgebung von Leoben - Bruck/Mur können zur Zeit nicht angegeben werden.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. REINHARD F. SACHSENHOFER, Institut für Geowissenschaften, Geologie und Lagerstättenlehre, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben.

lungsbilder der Becken der Norischen Senke und ihre paläogeothermische Interpretation. Schwierigkeiten, die es dabei zu überwinden galt, sind durch schlechte Aufschlußverhältnisse, deshalb oft ungenügend bekannte Geologie der Becken, zum Teil unsichere Alterseinstufung von Sedimenten und tektonischen Ereignissen, die Kleinräumigkeit der Becken einerseits, der Verformungsbilder andererseits, weitgehendes Fehlen von Tiefenaufschlüssen, Verwitterung von Oberflächenproben und Fehlen von kohligem Material in grobklastischen und rotgefärbten Gesteinen, bedingt.

Detailliert beschrieben werden die Inkohlungsbilder der Becken von Tamsweg, Fohnsdorf-Knittelfeld und Leoben. Über die übrigen Becken werden ergänzende Inkohlungsdaten mitgeteilt.

2. Probenmaterial

Untersucht wurden ca. 180 Proben:

- Sammlungsmaterial von Flözkohlen der ehemaligen Bergbaue.
- Kohlen von Flözausbissen und einige wenige Haldenkohlen.
- inkohlte Treibhölzer aus flözleeren Schichten.
- Phytoklasten aus einer flachen Bohrung im ehemaligen Fohnsdorfer Kohlenrevier und oberflächlich anstehenden Schichten.

Ein großes Problem bei Oberflächenproben stellt die Verwitterung dar. Diese äußert sich megaskopisch durch die Umwandlung von Pyrit in Eisenhydroxide. Im Mikrobild zeigen oxydierte Kohlen Mikrorisse, Mikroporen, Oxydationssäume und mitunter wellige Oberflächen. Bei ca. einem Drittel der untersuchten Proben war die Verwitterung so weit fortgeschritten, daß sie für Inkohlungsstudien ungeeignet erschienen. In Tab. 1 wird für die restlichen 125 Proben der Grad der Verwitterung angegeben. Besonders störende Verwitterungserscheinungen zeigten Phytoklasten, weshalb auf ihre Untersuchung weitgehend verzichtet wurde. Inkohlte Treibhölzer weisen dagegen, auch wenn sie oberflächlich angewittert sind, häufig im Inneren frische Bereiche auf.

3. Untersuchungsmethoden

Der Inkohlungsgrad der kohligen Partikel wurde mittels der Huminit/Vitrinit-Reflexion und der hygroskopischen Feuchtigkeit bestimmt. Die Bestimmung der Huminit/Vitrinit-Reflexion ist die klassische Methode zur Erfassung des Inkohlungsbildes von Sedimentbecken. Als besonderer Vorteil erweist sich u.a., daß der Inkohlungsgrad kleinster kohligter Partikel bestimmt werden kann. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Reflexionswerte gering inkohlter Huminite in einem weiten Bereich streuen. Dies wird durch Zellulose- und/oder Harz Imprägnationen bewirkt, die das Reflexionsvermögen vieler gering inkohlter Huminite reduzieren (Ulminit „A“). In vorliegender Arbeit wurde das Reflexionsvermögen der hellen Ulminitvarietät „B“ bestimmt. Fehlte diese, wie bei den meisten Treibhölzern, wurde statt dessen das Reflexionsvermögen der corophuminitischen Zellfüllungen gemessen. In einigen Fällen erhöhte sich das Reflexionsvermögen der Pro-

ben nach einer Behandlung mit organischen Lösungsmitteln; dadurch weichen einzelne Werte geringfügig von jenen bei R.F. SCHSENHOFER, 1988a, ab. Dies wird auf bituminöse Imprägnationen zurückgeführt.

Die Erfassung der Huminit/Vitrinit-Reflexion erfolgte mit dem Mikroskop MPV-2 der Fa. Leitz unter Verwendung eines 32-fach vergrößernden Ölimmersionsobjektives bei einer Wellenlänge von 546 nm an Körner- oder Stückschliffen. In der Regel wurden je Schliff 50 Einzelmessungen ausgeführt und das mittlere Reflexionsvermögen (R_m) bestimmt.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Inkohlungsstufen (definiert durch publizierte Analysen und das megaskopische Erscheinungsbild der Kohlen) wurden für die Kohlen der Norischen Senke mit folgenden Reflexionswerten ermittelt:

Weichbraunkohle–Mattbraunkohle . . .	0,30–0,35 % R_m
Mattbraunkohle–Glanzbraunkohle	0,4 % R_m
Glanzbraunkohle–Flammkohle	0,6 % R_m

Diese Werte liegen geringfügig unter jenen, die M. & R. TEICHMÜLLER (1982, Tab. 4) für diese Grenzen angeben.

Die Bestimmung der hygroskopischen Feuchtigkeit aschenfreier Xylite, Humovitrite bzw. Vitrite diente der Untermauerung der mit Hilfe der Huminit/Vitrinit-Reflexion festgestellten Inkohlungstrends.

Die bestgeeigneten Inkohlungsparameter gering inkohlter Kohlen sind der Wassergehalt und damit zusammenhängend der Heizwert der grubenfeuchten Kohlen. Aus einsichtigen Gründen konnte ein Jahrzehnt nach Schließung des letzten Bergbaues keine grubenfeuchte Kohle untersucht werden. Die Oberflächenproben haben aber an der Oberfläche einen Teil ihrer grobgebundenen Feuchte bereits abgegeben.

Um den Wassergehalt verschiedener Oberflächenproben untereinander und mit jenen von Sammlungskohlen vergleichen zu können, wurden alle Proben bei gleicher Luftfeuchtigkeit (60 ± 10 %; 20°C) bis zur Gewichtskonstanz aufbewahrt. Ein Großteil der Proben hat dabei Wasser abgegeben, ein Teil jedoch Wasser aufgenommen. Es mußte zur Kenntnis genommen werden, daß Weichbraunkohlen bei dieser Trocknung unverhältnismäßig viel Wasser verlieren und ihre hygroskopische Feuchtigkeit mit der von Mattbraunkohlen praktisch ident ist. Die hygroskopische Feuchtigkeit wird daher erst ab dem Mattbraunkohlenstadium als Inkohlungsparameter verwendet.

Zumeist stand von den einzelnen Probennahmepunkten nur sehr wenig Kohlenmaterial zur Verfügung. Im Interesse einer möglichst großen Probendichte wurde daher der Wassergehalt nicht nach der viel Probenmaterial verlangenden Xylol-Methode (DIN 51718), sondern mittels eines Vakuum-Trockenschrankes ermittelt. Die Bestimmung des Aschengehaltes erfolgte gemäß DIN 51719.

Mit den oben beschriebenen Methoden ist insbesondere die Grenze Weich-/Mattbraunkohle nur sehr ungenau erfaßbar. Es wurden daher veröffentlichte Analysen und der megaskopische Charakter der Kohlen in die Überlegungen mit einbezogen. Tab. 1 faßt die Inkohlungsdaten aller untersuchten Kohlen der Becken der Norischen Senke zusammen.

Tabelle 1.
Inkohlungsdaten von Proben aus der Norischen Senke.

Proben-Nr.	Lokalität	litholog.Einheit/ stratigr. Alter ₁	Seehöhe (m)	Huminit/Vitrinit- reflexion		hygroskop. Feuchtigkeit		Oxydat.
				R _m (%)	n	Asche (%)	H ₂ O _{af} (%)	
Laußnitz								
204	Rutschung S' d. Laußnitzbaches, oberh. Rennweg	Rutschung	1620	0,36	50	4,5	17,9	-
204a	"	"	1700	0,35	25	--	--	+
Tamsweg								
T-01	Mehlhartlau	Randbildung im Grundkonglomerat	1045	0,49	48	--	--	++
T-02	200 m SW' Wildtaubenwand	Wechsellagerung	1080	0,47	30	--	--	-
T-03	N'Sauerfeld, re. Bachufer	Grundkonglomerat	1125	0,54	40	--	--	+
T-04	Graben NE' Atzmannsdorf	Wechsellagerung	1280	0,45	30	5,9	10,3	-
T-05	N'Sauerfeld, li. Bachufer	Randbildung im Grundkonglomerat	1150	0,60	28	3,2	11,3	-
T-06	Graben NE' Atzmannsdorf	Wechsellagerung	1350	0,29	26	9,9	14,2	-
T-07	Lehmgraben, li. Flanke	Sandst./Schiefer-S.	1145	0,62	24	--	--	+
T-08	Lehmgraben, re. Flanke	"	1135	0,60	51	3,6	12,0	-
T-09	W' "Kasperlbauer"	Grundkonglomerat	1280	0,49	50	--	--	-
T-10	Haiden	"	1300	0,55	26	7,0	14,3	-
T-12	S' St. Andrä, 50 m E' Wehr	"	1060	0,60	59	3,4	9,4	-
T-13	ehem. Ziegelei Lintsching	Sandst./Schiefer-S.	1080	0,46	50	--	--	-
T-14	Graben SW' "Dicktbauer"	Wechsellagerung	1140	0,62	76	1,6	8,0	-
T-16	Graben W' "Planitzer"	"	1080	0,56	50	--	--	+
T-17	Graben b. "Schneider"	"	1110	0,59	50	3,1	9,1	-
T-18	Graben NE' Atzmannsdorf	"	1290	0,43	25	2,9	14,5	-
T-19	Lessachtal	Grundkonglomerat	1060	0,61	51	7,5	5,5	-
T-20	Ob. Göriachtal	Sandst./Schiefer-S.	1160	0,39	30	--	--	+
T-21	St. Andrä (b. Zeughaus)	"	1060	0,57	30	--	--	-
T-24	Graben SW' "Dicktbauer"	Wechsellagerung	1110	0,57	15	--	--	++
T-25	Schurfschacht b. St. Andrä	"	1000	0,60	51	5,2	5,8	-
T-26	Lehmgraben, li. Flanke	Sandst./Schiefer-S.	1100	0,64	50	4,1	8,0	-
T-28	Wildtaubenwand	"	1110	0,44	33	--	--	++
T-29	Haiden	Grundkonglomerat	1280	0,42	20	--	--	-
T-31	Graben W' "Planitzer"	Wechsellagerung	1090	0,63	50	2,6	10,6	-
207	Lehmgraben, re. Flanke	Sandst./Schiefer-S.	1095	0,65	50	7,2	6,8	-
208	S' Sauerfeld	Wechsellagerung	1090	0,59	50	10,8	(12,1)	-
Schöder								
203	Graben W' "Wieser"	-	990	0,48	50	8,4	10,9	-
St. Oswald								
244	Pölsmeander S' St. Oswald	-	900	0,34	50	--	--	-
244a	"	-	900	0,33	50	--	--	-
Fohnsdorf-Knüttelfeld								
Sammlungskohlen - Flözhorizont								
242	Antonischacht, 2. Bau	Flözhorizont	652,5	0,42	50	--	--	-
224	Antonischacht, Streb 52 _a	"	607	0,40	50	1,7	9,9	-
191	Karlschacht, 3. Sohle	"	567	0,48	50	1,1	10,3	-
227	Antonischacht, Streb 52	"	533	0,42	50	11,6	(10,4)	-
220	Karl-Augustsch., Abbau 4 _C	"	292	0,46	50	1,8	9,1	-
221	"	"	292	0,48	50	4,3	8,2	-
241	"	"	292	0,46	52	--	--	-
240	"	"	238	0,44	50	--	--	-
212	Wodzickisch., 8. Bau West	"	138	0,48	50	7,1	8,8	-
222	"	"	138	0,50	51	--	--	-
229	Wodzickisch., Abbau 46	"	-258	0,47	51	--	--	-
225	Wodzickisch., 11. Bau	"	-266	0,49	50	5,0	8,1	-
228	Wodzickisch., Abbau 46	"	-293	0,51	60	--	--	-
223	Wodzickisch., Abbau 46	"	-293	0,51	55	--	--	-
252	Wodzickisch., Sohle 11	"	-265,2	0,52	50	--	--	-
Phytoklasten aus der Bohrung "Karl-August Kunstscht"								
264	Karl-August Kunstscht	Hangendschichten	678,4	0,41	14	--	--	+
263	"	"	673,2	0,37	50	--	--	-
267	"	"	640,8	0,34	40	--	--	+
266	"	"	494,4	0,42	52	--	--	-
261	"	"	482,3	0,42	34	--	--	-
265	"	"	454,3	0,46	36	--	--	-
Oberflächenproben								
251	ehem. Tagbau Dietersdf.	Flözhorizont	860	0,38	35	6,3	8,2	-
250	N' Fohnsdorf	"	780	0,42	25	--	--	++

¹ Trptz oftmals fehlender paläontologischer Belege wird für den Großteil der Proben karpatisches Alter angenommen.
Badenische Proben werden durch "B" gekennzeichnet.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Proben-Nr.	Lokalität	litholog.Einheit/ stratigr. Alter	Seehöhe (m)	Huminit/Vitrinit- reflexion		hygroskop. Feuchtigkeit		Oxydat.
				R _m (%)	n	Asche (%)	H ₂ O _{af} (%)	
253	Sillweg	"	770	0,43	50	0,9	11,0	-
254	"Stocker", NW' Ö-Ring	"	760	0,44	50	--	--	+
217	N' Knittelfeld (Holzbr.)	"	700	0,41	24	5,5	15,1	-
217a	Knittelfeld (Hugosch.)	"	?	0,45	50	--	--	-
217b	N' Knittelfeld (Holzbr.)	Brandschiefer	700	0,41	27	--	--	-
286	Ingeringprofil, 350 m SSW'							
	Flözausbiß	Hangendschichten	700	0,33	50	--	--	-
287	" , 425 m SSW' Flözausbiß	"	700	0,41	14	--	--	+
288	" , 740 m "	"	690	0,35	10	--	--	+
289	" , 1000 m "	"	690	0,31	50	--	--	-
290	" , 1200 m "	"	685	0,33	24	--	--	-
291	ehem. Luftschutzst. W' Maßweg,							
	1650 m SSW' Flözausbiß	"	685	0,27	50	--	--	-
294	Murschlinge b. Farrach	"	660	0,30	44	--	--	-
293	E' "Zechner im Grund"	Apfelberger S.? B	680	0,22	16	--	--	-
292	700 m S' Möbersdorf	"	670	0,25	50	--	--	-
280	Graben SW' "Einödthof"	Blockschotter B	710	0,27	32	--	--	-
281	Graben SE' "Einödthof"	"	720	0,26	50	--	--	-
202	Ziegelei Apfelberg, E' Ende	Apfelberger Serie B	700	0,28	50	7,7	15,6	-
202a	Ziegelei Apfelberg, E' Ende	"	700	0,28	31	--	--	-
F-02	Maria Buch	Liegendschichten	730	0,42	34	--	--	++
F-03	Baierdorf	"	745	0,40	10	--	--	++
Seckau								
201	Graden	Hangendschichten	950	0,26	50	1,8	14,6	-
299	E' "Stelzer"	"	870	0,25	46	--	--	-
298	N' "Zötler"	"	850	0,32	50	--	--	-
296	S' "Sergl" bei "Vorlasser"	"	760	0,31	25	--	--	-
255	1 km NW' Kobenz	"	655	0,29	50	12,0	(15,1)	+
283	Töringgr., NE' Ramberg	"	670	0,30	25	--	--	-
282	Leisingbach N' Laas	"	790	0,33	50	--	--	-
Feeberg								
205	Halde	Flözhorizont	ca. 800	0,44	50	10,6	(11,7)	-
205a	Wachterstollen	"	ca. 800	0,46	50	--	--	-
205b	Sammlung MU Leoben	"	ca. 800	0,49	50	1,7	10,3	-
Trofaiach								
200	Gimplach, 2 km W' Trofaiach	?	720	0,34	50	6,5	(14,1)	+
243	Laintal, bei "Bauer am Berg"	?	750	0,48	46	6,0	9,3	-
Leoben								
270	800 m N' "Riedlbauer"	Flözhorizont ?	1000	0,39	40	3,8	(15,8)	+/-
206	Marienbau - Halde	Flözhorizont	ca. 850	0,41	50	10,7	14,7	-
199	Tollinggraben - Halde	"	ca. 800	0,44	50	3,3	12,9	-
277	Tagbauteich	"	715	0,43	50	--	--	+
246	Traugottstollen - Halde	"	655	0,40	50	7,7	11,9	-
Le-1	Wartimbergschutzpfeiler	"	420	0,48	50	3,9	8,1	-
Le-2	"	"	410	0,49	50	--	--	-
269	Muldentiefstes	Brandschiefer	310	0,50	55	--	--	-
Le-3	Zweiter Muldentiefbau	"	ca. 300	0,51	52	5,7	7,7	-
Le-4	Seegraben Südflügel	Flözhorizont	ca. 350	0,48	50	3,5	8,7	-
Le-5	Seegraben - Muldentiefstes	"	ca. 300	0,52	50	--	--	-
209	Proleb, Nuchenschacht	"	ca. 420	0,49	50	3,3	12,9	-
Le-6	Seegraben - Muldentiefbau	Brandschiefer	ca. 310	0,52	40	--	--	-
268	Seegraben "am Sturz"	Hauptkonglom. B	580	0,41	13	--	--	+++
272	Töllerlhammer	"	565	0,41	50	--	--	++
Bruck/M.								
211	Urgental - Halde	Flözhorizont	580	0,47	75	--	--	+
211a	Urgental - Gesenke	"	ca. 400	0,52	50	11,5	(11,0)	-
Aflenz								
198	Göriach - Au, Halde	Flözhorizont B	ca. 780	0,34	50	--	--	+
Af-1	200 m S' "Lechner", W'Fölz	Hangendsandst. B	690	0,35	20	--	--	-
Af-2	Jauring	"	720	0,27	15	--	--	-
Af-3	Fegenberg, 2 km WSW' Aflenz	"	780	0,27	10	--	--	-
Unteres Mürztal								
260	Parschlug - Halde	Flözhorizont	ca. 700	0,45	50	--	--	-
260a	Parschlug, Sammlung MUL	"	ca. 700	0,50	50	3,2	8,7	-
193	Gugga - Halde	"	ca. 600	0,35	27	10,9	(9,8)	-
UM-1	Winkl b. Kapfenberg	"	ca. 600	0,42	50	2,3	9,3	-
192	Ziegelei NE' Pötschach	?	560	0,29	22	--	--	-
191a	Hangrutschung E' Graschnitz	?	580	0,29	31	--	--	-

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Proben-Nr.	Lokalität	litholog.Einheit/ stratigr. Alter	Seehöhe (m)	Huminit/Vitrinit- reflexion		hygroskop. Feuchtigkeit		Oxydat.
				R _m (%)	n	Asche (%)	H ₂ O _{af} (%)	
191b	"	?	600	0,31	50	--	--	+
188	500 m E' Allerheiligen	?	550	0,24	24	--	--	-
Oberes Mürztal								
OM-1	Kindthal b. Kindberg	Grundflöz ?	680	0,28	40	--	--	-
197	S' Wartberg	Grundflöz	680	0,32	50	5,4	(13,1)	-
187	Karnerkogel, N'Krieglach	Blockschotter B	680	0,26	7	--	--	+
257	Alplstr., 250 m SE' "749"	feinklast. Serie	770	0,29	50	--	--	-
196	E'Krieglach, Tal d. Illach	"	700	0,30	51	--	--	+
OM-2	Mürzzuschlag/Tunnelportal	?	ca. 700	0,26	35	--	--	-
Waldheimat								
195	St. Kathrein	Flözhorizont	900	0,31	49	--	--	-
194	Ratten, 50 m 'E "Berger"	"	1060	0,29	36	--	--	-
Hart b. Gloggnitz								
256	Gute - Öffnung Schacht	Flözhorizont	ca. 250 m	0,29	15	--	--	-
256a	" " "	"	ca. 250 m	0,27	39	--	--	-

4. Regionale Besprechung

4.1. Laußnitz

Östlich von Rennweg in Oberkärnten findet man am Laußnitzbach und entlang seiner linken Seitengäben in ca. 1700 m Seehöhe Reste eines verrutschten, kohlenführenden Tertiärs (R. STABER, 1933). Die ursprüngliche Sedimentationsbasis dieses Tertiärs mag auf der Verebnungsfläche südöstlich vom Aineck in 1800–1900 m Höhe zu suchen sein.

Inkohlungsdaten von Mattbraunkohlenstücken aus diesen Schichten sind Tab. 1 zu entnehmen.

R. SCHWINNER (1926, S. 193f) berichtet über Kohlenfunde im Leißnitzbach südwestlich St. Margarethen im Lungau. Diese Kohlen, die gleichfalls von der Verebnungsfläche in 1800–1900 m Höhe stammen sollen, wurden vom Verfasser nicht aufgefunden.

4.2. Tamsweg

4.2.1. Geologie

Das Tertiärbecken von Tamsweg liegt nördlich des namensgebenden Ortes in über 1000 m Seehöhe. Es erstreckt sich W–E-streichend von Mariapfarr über St. Andrä und Sauerfeld bis Atzmannsdorf.

M. HEINRICH (1976, 1978), die das Becken eingehend untersucht hat, erkannte einen Muldenbau mit W–E-streichender Muldenachse und gliederte die Beckenfüllung in folgende Einheiten, die vom Liegenden zum Hangenden ein stratigraphisches Idealprofil bilden (Abb. 2):

- Basisbrekzie
- Randbildungen im Grundkonglomerat
- Grundkonglomerat
- Wechsellagerungen (Konglomerate, Sandsteine, Schiefertone)
- Schiefertone und Sandsteine

Die Mächtigkeit der einzelnen Schichtglieder ist – abhängig von der paläogeographischen Position im Becken – sehr unterschiedlich. Eine Mindestmächtigkeit der ins Karpat gestellten Sedimente von 300–400 m wird angenommen. Die zeitliche Einstufung beruht auf dem Vergleich mit anderen Becken der Nori-

schen Senke. Die Komponenten der Konglomerate werden vom umgebenden Ostalpinen Altkristallin und der Gurktaler Decke bezogen. Spezifische Gesteine des Penninikums und des Unterostalpins fehlen genauso wie im Wagrainer Becken des Ennstalertiärs. Dies wird als Hinweis gewertet, daß das Penninikum der Hohen Tauern mitsamt seiner Unterostalpinen Rahmenzone zur Zeit der Sedimentation dieser Becken noch nicht an der Erdoberfläche gelegen war (A. WINKLER-HERMADEN, 1928, S. 186; Ch. EXNER, 1949; M. HEINRICH, 1978, S. 326).

In den feinkörnigen Hangendschichten treten schwächere Kohlenlagen auf, die im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bergmännisch untersucht wurden. Schurfbauten befanden sich u.a. bei St. Andrä und Sauerfeld, zu einem Bergbau ist es aber wegen zu geringer Kohlenmächtigkeiten nie gekommen (G. GEYER in W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 160; M. HEINRICH, 1978, S. 329ff; W. GÜNTHER & G. TICHY, 1979, S. 401ff.; L. WEBER & A. WEISS, 1983, S. 179ff).

4.2.2. Inkohlung

Huminit/Vitrinit-Reflexionsdaten von kohligem Material aus dem Tamsweger Tertiärbecken sind in Abb. 2 kartenmäßig dargestellt. Der Inkohlungsgrad reicht vom Mattbraunkohlen- zum Flammkohlenstadium. Das Auftreten der hoch inkohlten Kohlen ist auf den Bereich zwischen St. Andrä und Sauerfeld beschränkt. Hier setzt es quer über alle tektonischen Störungen hinweg. Gegen Osten und Westen nimmt der Inkohlungsgrad rasch zum Glanzbraunkohlenstadium ab. Das Mattbraunkohlenstadium wird lediglich durch 2 Reflexionsdaten belegt. Auf Mattbraunkohlenstadium weisen aber die Reflexionsdaten der von M. VINZENZ (1984, S. 14) untersuchten Probe und eine von zwei veröffentlichten Elementaranalysen (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 186). Die genaue Position dieser Kohlen läßt sich aber nicht mehr rekonstruieren.

4.2.3. Deutung des Inkohlungsbildes

Alter der Inkohlung

Das exakte absolute Alter der Inkohlung des Tamsweger Tertiärbeckens läßt sich mit den heutigen Me-

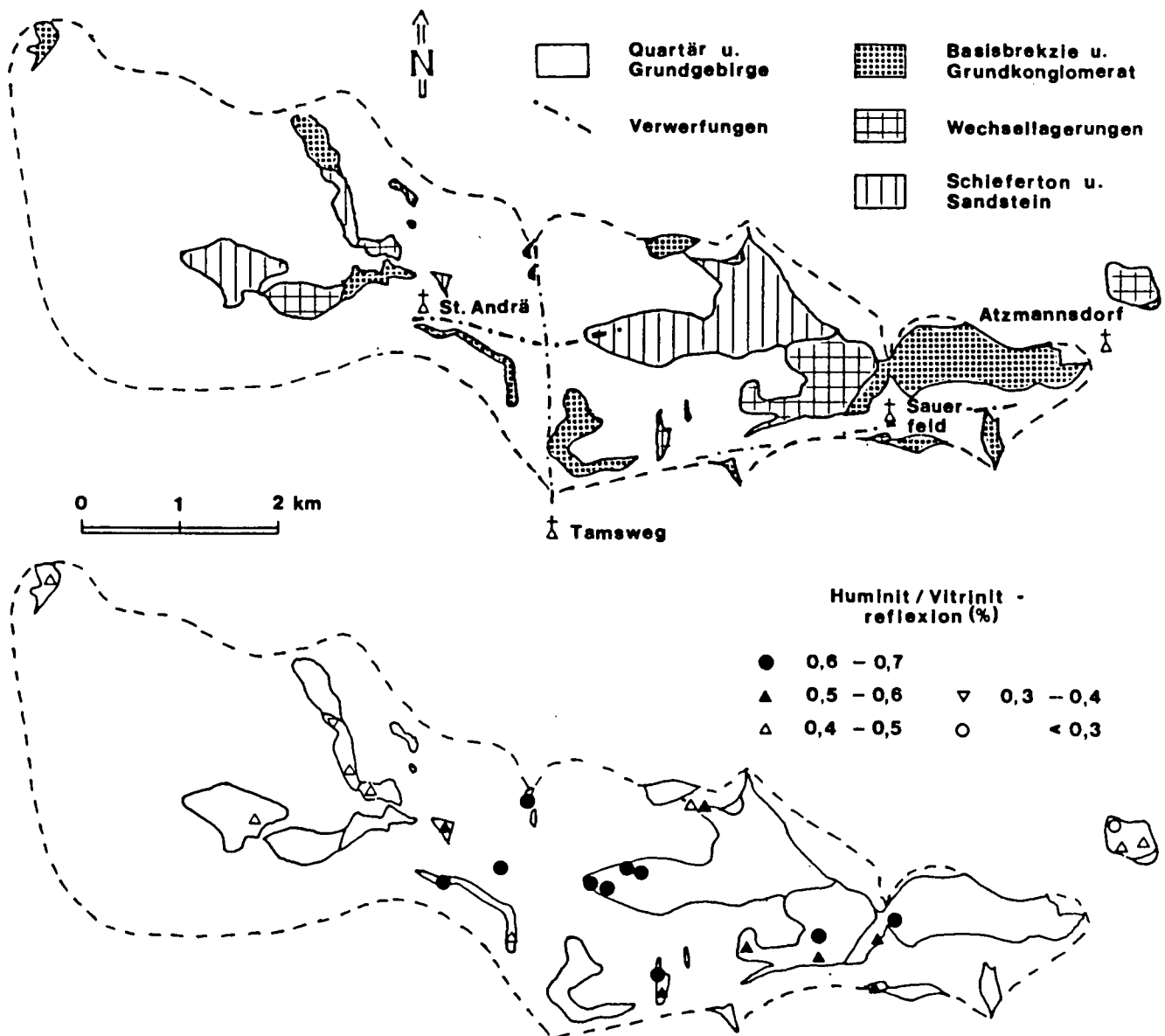


Abb. 2.
Geologie (vereinfacht nach M. HEINRICH, 1978, Taf. 1) und Inkohlung (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion) des Tamsweger Tertiärbeckens.

thoden nicht feststellen. Es sollte aber gelingen, das Alter der Inkohlung in bezug auf die Einmündung festzulegen.

Wenn man davon ausgeht, daß die Einmündung das einzige bedeutende tektonische Ereignis war, sollte der Inkohlungsgrad

- bei vortektonischer Inkohlung, unabhängig von der heutigen Höhenlage, vom Liegenden zum Hangenden abnehmen,
- bei nachtektonischer Inkohlung, unabhängig von der stratigraphischen Position, mit der heutigen Höhenlage korrelieren,
- bei syntektonischer Inkohlung sowohl eine gewisse Abhängigkeit von der Lage im stratigraphischen Profil als auch von der heutigen Höhenlage aufweisen.

Aufschluß über das zeitliche Verhältnis von Inkohlung und Tektonik darf man daher erwarten, wenn die gemessenen Inkohlungswerte im stratigraphischen Profil und gegen die heutige Höhenlage aufgetragen werden.

Abb. 3 zeigt, daß die Inkohlungsdaten des Tamsweger Tertiärbeckens keine Abhängigkeit von der Lage der Proben im stratigraphischen Profil erkennen lassen.

Eine Korrelation zwischen den Inkohlungsdaten und der Höhenlage ist jedoch gegeben. Posttektonische Inkohlung ist daher trotz mäßiger Korrelation zwischen Seehöhe und Huminit/Vitrinit-Reflexion bzw. hygroskopischer Feuchtigkeit ($r = 0,60$ bzw. $0,78$) wahrscheinlich. Mögliche Gründe für die mäßige Korrelation sind:

- Verwitterungseffekte, die bei Oberflächenproben nie mit Sicherheit auszuschließen sind.
- Horizontale Inkohlungstrends (ausschließlich im zentralen und östlichen Beckenteil erfaßte Wassergehalte korrelieren mit der Höhenlage besser als Reflexionsdaten, die an Proben des gesamten Beckens ermittelt wurden!).

Die Bewegungen entlang der von M. HEINRICH (1976, 1978) festgestellten Verwerfungen sind entweder älter als die Inkohlung oder zu kleinräumig, um das Inkohlungsbild zu beeinflussen.

Inkohlungsgradient – Paläogeothermie

Eine exakte Bestimmung des Inkohlungsgradienten ist nur aus Daten von tiefen Bohrlöchern möglich. Eine Abschätzung des Inkohlungsgradienten im Tamsweger

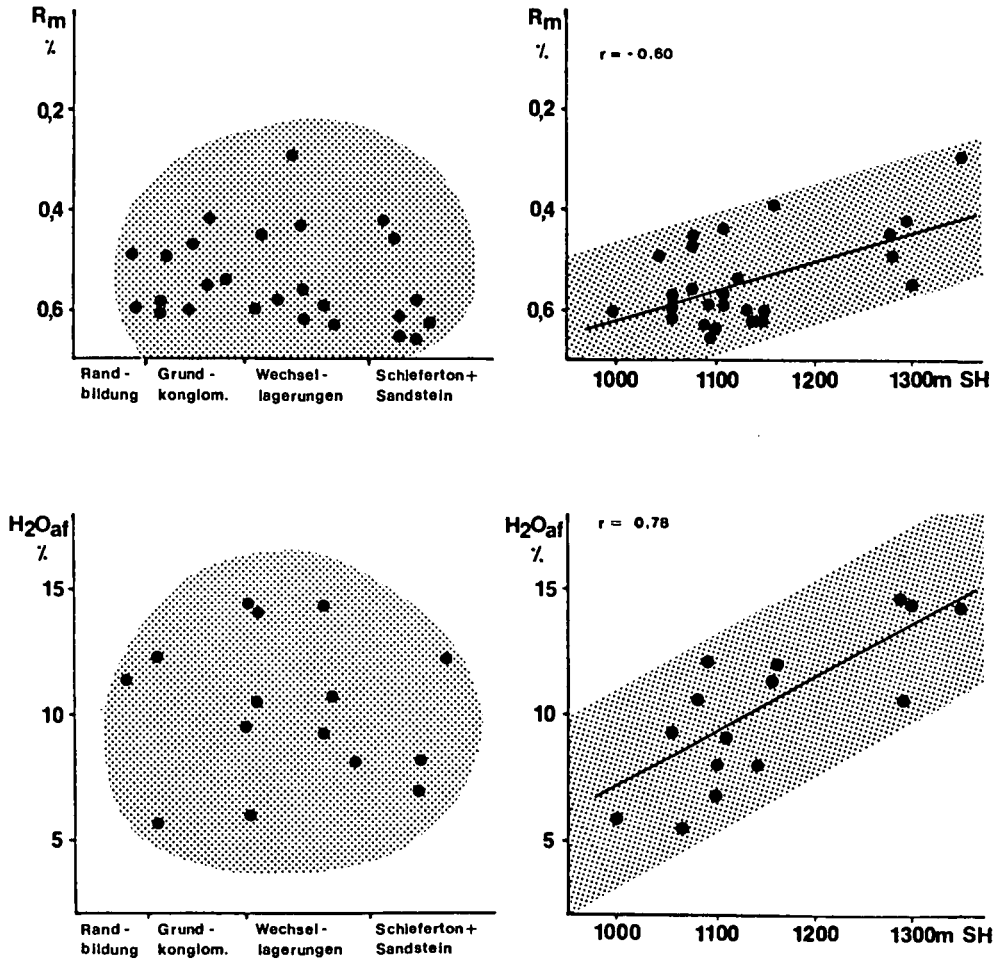


Abb. 3.
Korrelation von Humin/Vitrinit-Re-
flexion (R_m) und hygroskopischer
Feuchtigkeit (H_2O_{af}) mit der Posi-
tion im stratigraphischen Profil und
der Seehöhe im Tamsweger Tertiär-
becken.

Tertiärbecken gelingt aber mittels der untersuchten Oberflächenproben. Fehlerquellen, die dabei zu berücksichtigen sind, sind die mäßige Korrelation zwischen den Inkohlungsdaten und der Höhenlage sowie das geringe Teufenintervall von 350 m. Nichtsdesto- trotz bieten die sich aus Abb. 3 ergebenden Gradienten von ca. 0,6 % R_m /km und 22 % H_2O /km brauchbare Anhaltswerte, die mit Inkohlungsgradienten aus besser bekannten Sedimentbecken verglichen werden können.

P. ROBERT (1980, S. 404ff.; 1988, S. 37) berichtete über die statistische Auswertung von Reflexionsdaten aus ca. 400 Bohrungen in 25 verschiedenen Sedimentbecken mit mesozoischer und känozoischer Beckenfüllung. Er wies nach, daß ein durchschnittlicher geothermischer Gradient von ca. 25–28°C/km unabhängig vom Alter der Schichten im Inkohlungsintervall bis 0,65 % R_m einen „normalen“ Inkohlungsgradienten von ca. 0,15 % R_m /km bewirkt. Die Dauer der Inkohlung spielt offenbar nur eine untergeordnete Rolle.

Die Tatsache der Abnahme des Wassergehaltes von Braunkohlen mit der Tiefe ist schon lange bekannt (Schürmann'sche Regel). Nach M. & R. TEICHMÜLLER (1982, S. 40) beträgt die durchschnittliche Wasserabnahme von Glanzbraunkohlen 5–10 %/km.

Die Inkohlungsgradienten im Tamsweger Tertiärbecken lassen daher trotz aller Ungenauigkeiten auf einen stark erhöhten geothermischen Gradienten zur Zeit der Inkohlung (Badenien?) schließen.

Zusammenfassung

Der Inkohlungsgrad reicht in den karpatischen (?) Sedimenten des Tamsweger Beckens vom Mattbraunkoh-

len- zum Flammkohlenstadium, die Inkohlung ist jünger als dessen Einmündung, der z.T. hohe Inkohlungsgrad wird auf einen sehr hohen paläogeothermischen Gradienten zurückgeführt.

4.3. Schöder

3 km südöstlich von Schöder stehen tertiäre Konglomerate mit Sandsteinlagen und Glanzbraunkohlenschmitzen an (A. THURNER, 1952). Das Reflexionsvermögen der Glanzbraunkohlen hat sich nach einer Behandlung mit organischen Lösungsmitteln von 0,39 % R_m auf 0,48 % R_m erhöht. Die Reflexionssteigerung wird auf das Lösen von bituminösen Substanzen im Vitrinit zurückgeführt. Der höhere Reflexionswert steht in guter Übereinstimmung mit einer hygroskopischen Feuchtigkeit von ca. 10 % (Tab. 1).

Über die Inkohlung des Tertiärs von Oberwölz können mangels Proben keine Aussagen getroffen werden.

4.4. St. Oswald

Am Prallhang des Pölsmäanders südlich von St. Oswald, 1,5 km nordwestlich von Unterzeiring, stehen ostfallende Tertiärsedimente mit Mattbraunkohlenschmitzen an, die an der Pölslinie eingeklemmt erhalten geblieben sind (A. WINKLER-HERMADEN, 1951, S. 499). Über erfolglose Bergbauaktivitäten berichten L. WEBER & A. WEISS (1983, S. 113).

4.5. Fohnsdorf-Knittelfeld, Seckau, Feeberg

4.5.1. Geologie

Das ca. 120 km² große Hauptbecken von Fohnsdorf-Knittelfeld steht mit dem wesentlich kleineren, nördlich gelegenen Seckauer Becken durch einen schmalen Korridor in Verbindung. Der Zusammenhang mit den vergleichsweise winzigen Feeberger Mulden südöstlich von Judenburg wurde erosiv unterbrochen (Abb. 4).

Aufbauend auf die grundlegenden Studien W. PETRASCHÉK's (1924/29) befaßten sich E. WORSCH (1963, 1972) und vor allem H. POLESNY (1970) mit der Geologie dieses Raumes. Folgende Kurzbeschreibung basiert im wesentlichen auf der letztgenannten Arbeit. Über Tektonik und rezente Geothermik berichtete jüngst G. GNJEZDA (1989).

Fohnsdorf-Knittelfelder Becken

Das Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärbecken nimmt im Rahmen der Becken der Norischen Senke in bezug auf Ausdehnung und Mächtigkeit der Beckenfüllung eine Sonderstellung ein. Diese beruht auf seiner Lage am Kreuzungspunkt zweier Störungssysteme; der ungefähr W-E-streichenden Störungen, die dem Mur-Mürz-Tal folgen und dem Pöls-Lavanttaler Störungssystem (H. POLESNY, 1970, S. 183ff.; K. METZ, 1978). Die Beckenfüllung gliedert sich in das bis 2000 m mächtige Karpat (Liegendschichten, Fohnsdorfer Flözhorizont, Hangendschichten) und das, das Karpat vermutlich diskordant überlagernde, ca. 1000 m mächtige Unterbaden (feinkörnige Apfelberger Serie im Liegenden, Blockschotter im Hangenden). Vermutlich ebenfalls im Unterbadien gelangte der Maria Bucher Sinter zur Ablagerung (H. POLESNY, 1970, S. 87). Den tektonischen Bau erläutert ein Profil durch den westlichen Beckenteil (Abb. 5), an dem die tiefe, asymmetrische Einmuldung sichtbar wird. Während im Nordflügel, in dem der Bergbau das Flöz bis 400 m unter den Meeresspiegel verfolgt hat, die Schichten flach gegen Süden einfallen, ist der Südflügel steil aufgerichtet und z.T. sogar überkippt. Östlich von Baierdorf (ca. 1 km E' des Profil-

schnittes) gibt es allerdings am Südrand keine Überkipplung der Tertiärsedimente mehr (H. POLESNY, 1970, S. 168). Die Schichten fallen hier flach gegen Norden. Das Alter der faltenden, nach-unterbadischen Einengungstektonik wird von G. GNJEZDA (1989, S. 125) als jüngstpaläozoisch (genaues Alter?) angegeben, wobei rezent noch immer Einengungstendenzen zu beobachten sind.

Seckauer Becken

Das Seckauer Becken offenbart gleichfalls asymmetrischen Bau. Die Mächtigkeit bleibt allerdings weit hinter der des Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärs zurück. Die ältesten Schichten des Karpats beißen an der Oberfläche nicht aus, wurden aber in Bohrungen in Teufen über 200 m nachgewiesen. Das Verbreitungsgebiet der unterbadischen Blockschotter ist im Seckauer Becken auf den Bereich des Korridors zwischen Seckauer und Fohnsdorf-Knittelfelder Becken beschränkt.

Feeberger Mulden

In den Feeberger Mulden tritt ein z.T. mehrere Meter mächtiges Flöz auf, das als Äquivalent des Fohnsdorfer Flözhorizontes gedeutet wird (K. METZ, 1973, S. 22). Es ist an der Pöls-Lavanttaler Störungszone eingeklemmt erhalten geblieben. Zweifellos standen die Feeberger Mulden einst mit den am Südwestrand des Hauptbeckens anstehenden Liegendschichten in Verbindung. Die exakte fazielle und stratigraphische Korrelation ist allerdings noch unbekannt.

4.5.2. Inkohlung

Bergbau Fohnsdorf

Sammlungskohlen aus dem Flözhorizont und Kernmaterial einer flachen Bohrung nahe des ehemaligen Karl-August-Schachtes (K.A.-Kunstschat) erlauben eine Abschätzung des Inkohlungsbildes dieses Bereiches. Der Inkohlungsgrad nimmt im Flözhorizont mit der Tiefe nur zögernd zu und bleibt im beobachteten Teufenintervall (+800 m bis -300 m) im Glanzbraunkoh-

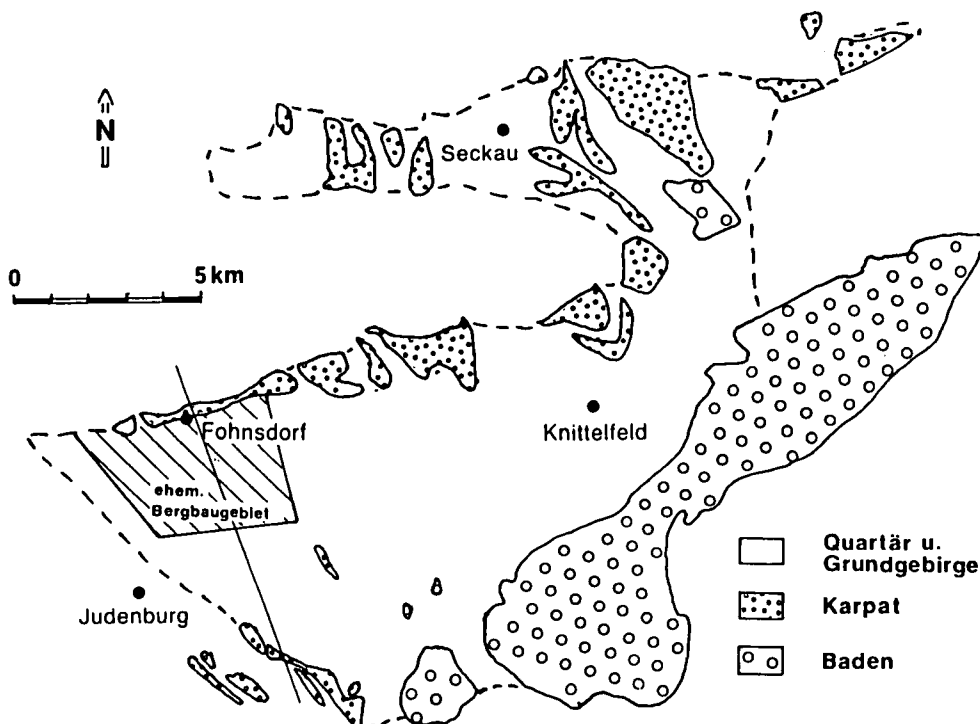


Abb. 4.
Geologische Karte des Fohnsdorf-Knittelfelder und des Seckauer Beckens.
Vereinfacht nach H. POLESNY (1970).

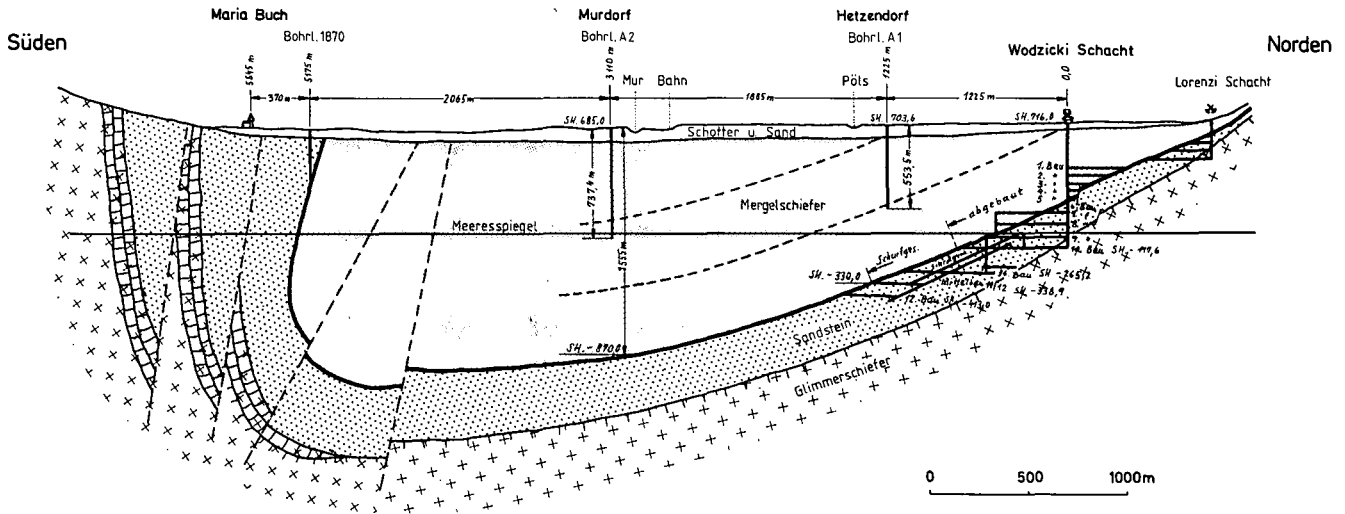


Abb. 5.
Schematisches Profil durch das westliche Fohnsdorf-Knüttelfelder Becken.
Nach W. PETRASCHECK aus L. WEBER & A. WEISS (1983, Abb. 31). Lage des Profils siehe Abb. 4.

lenstadium. Der Kohlenstoffgehalt der Vitrite nimmt mit 2,4 %/km (B. HABIB, 1977, S. 82), die Vitrinitreflexion mit 0,08 % R_m /km zu, die hygroskopische Feuchtigkeit mit 2–3 %/km ab (R.F. SACHSENHOFER, 1988a, Abb. 5). Dem steht eine rasche Abnahme des Inkohlungsgrades gegen die Hangendschichten gegenüber. Der Inkohlungsgradient, ermittelt aus der Bohrung und den Daten des unter der Bohrung liegenden Flözhorizontes (Gesamtteufenintervall ca. 400 m), liegt bei 0,25 % R_m /km.

Inkohlungskarte der ausbeißenden Schichten

Die Inkohlungskarte des Fohnsdorf-Knüttelfelder Terziärs und seiner Nebenbecken (Abb. 6) zeigt, daß das Auftreten des Glanzbraunkohlenstadiums ($R_m > 0,4$ %) auf die Feeberger Mulden sowie den Ausbissbereich der

liegenden Schichten des Karpats am Nord- und Südwestrand des Hauptbeckens beschränkt ist (die Werte vom Südwestrand werden wegen fortgeschrittener Oxydation der kohligen Partikel mit Vorbehalt präsentiert). In den hangenden karpatischen Schichten, dem Unterbaden und dem Seckauer Becken bleiben die Reflexionswerte unter 0,35 % R_m und weisen damit ins Weichbraunkohlen- oder gering inkohlte Mattbraunkohlenstadium.

4.5.3. Deutung des Inkohlungsbildes

Anhand eines schematischen Inkohlungsprofils durch Feeberger Mulden, Fohnsdorf-Knüttelfelder und Seckauer Becken (Abb. 7) sollen einige Charakteristika des Inkohlungsbildes diskutiert werden.

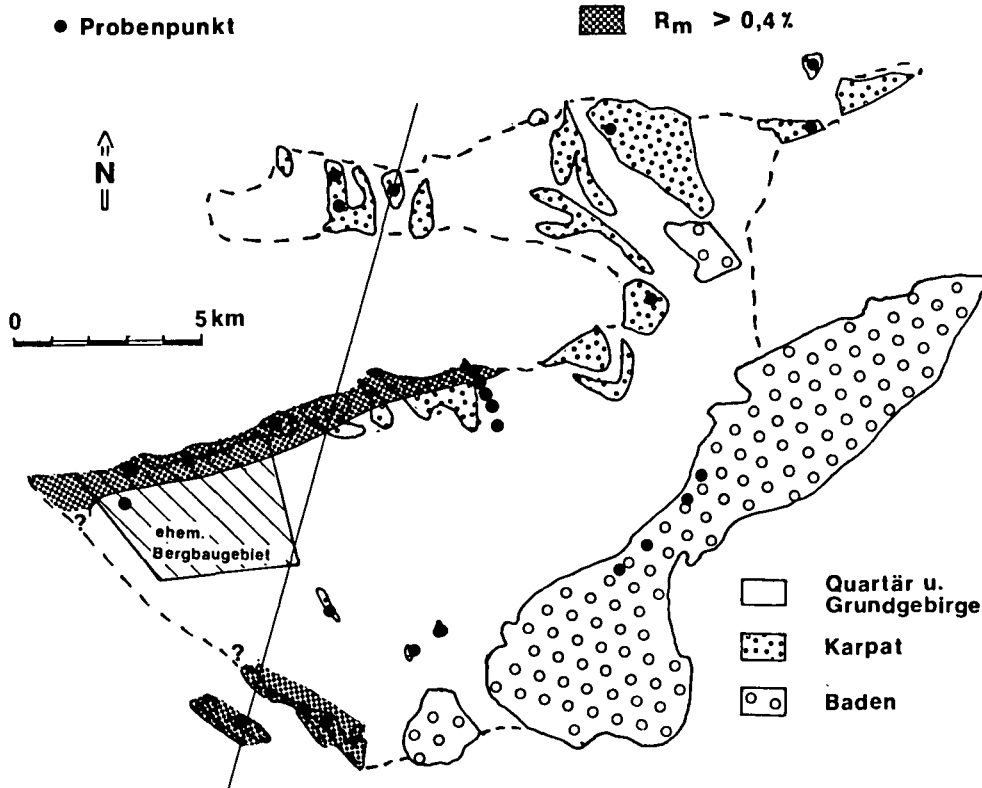


Abb. 6.
Inkohlungskarte (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion; R_m) des Fohnsdorf-Knüttelfelder und des Seckauer Beckens.

SSW

NNE

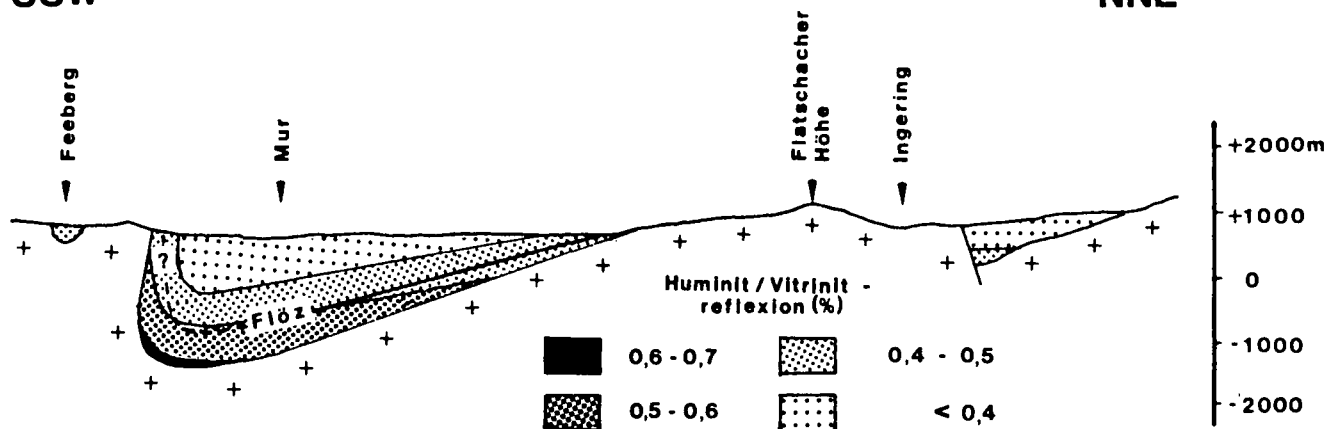


Abb. 7.

Schematisches Inkohlungsprofil (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion) durch Feeberger Mulden, Fohnsdorf-Knüttelfelder und Seckauer Becken. Lage des Profils siehe Abb. 6.

Alter der Inkohlung

Die Linien gleicher Inkohlung (Isoreflexionen) verlaufen ungefähr parallel zum Einfallen der Sedimente. Die Inkohlung ist daher im wesentlichen älter als die jüngstalpide (genaues Alter?) Einengungstektonik. Ein Andauern der Inkohlung bis in die Frühphase der Faltung ist wegen des spitzwinkligen Schnittes von Schichteinfallen und Isoreflexionen nicht auszuschließen, aber unwahrscheinlich, weil diese durch die von K. METZ (1973, S. 23) beschriebene synsedimentäre Absenkungstektonik während des Karpatiens bzw. die dadurch bedingte Zunahme der Mächtigkeit gegen die Beckenmitte hin erklärt werden kann. Die von W. PETRASCHECK (1947, S. 432f) und W.E. PETRASCHECK (1954) beobachtete Spannungsdoppelbrechung wurde daher den bereits inkohlten Kohlen nachträglich aufgebracht.

Inkohlungsgradient – Paläogeothermie

○ Unterbaden

An der Basis des nach H. POLESNY (1970, S. 76) und E. WORSCH (1972, S. 118) ungefähr 1000 m mächtigen Unterbadens werden Inkohlungswerte von ca. 0,3 % R_m gemessen. Dies läßt (auch wenn die Mächtigkeit überschätzt worden sein sollte; H. POLESNY, 1970, S. 76 wies auf die Schwierigkeiten der Mächtigkeitsabschätzung in den unverfestigten Schottern hin) auf einen kleinen (0,10–0,15 % R_m /km) Inkohlungsgradienten schließen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die Sinterbänke von Maria Buch nach E. WORSCH (1972, S. 131) und G. GNJEZDA (1989, S. 56) Ausfällungen kalter (!) Kluftwässer sind.

○ Karpat

Im Bereich des ehemaligen Bergbaues wurde der Inkohlungsgradient mit ca. 0,25 % R_m /km bestimmt. Unter Einbeziehung der Reflexionswerte der hangendsten karpatischen Schichten im zentralen Becken reduziert sich der Inkohlungsgradient auf ca. 0,15–0,20 % R_m /km, wobei dieser Wert wegen des größeren Teufenintervalles besser abgesichert ist.

Unter Annahme eines ähnlichen Inkohlungsgradienten im Seckauer Becken und eines maximalen Tiefganges von Fohnsdorf-Knüttelfelder und Seckauer Becken von ca. 2100 bzw. 1000 m (K. METZ et al., 1980, Tab. 2) sollte im Beckentief des Fohnsdorf-Knüttelfelder Beckens mit Reflexionswerten um 0,65 % R_m das Flammkohlen-, im Seckauer Becken mit Reflexionswerten über 0,4 % R_m das Glanzbraunkohlenstadium erreicht werden (Abb. 7).

Die Inkohlungsgradienten sind sowohl im Karpat als auch im Unterbaden deutlich geringer als im Tamsweiger Tertiärbecken. Der Inkohlungsgradient, zumindest des Karpats, weist aber trotzdem auf einen gering erhöhten geothermischen Gradienten hin (vgl. Kap. 4.2.3. bzw. P. ROBERT, 1980, S. 404ff.).

Paläogeographie

Der Inkohlungsgrad wird vor allem durch die Inkohlungstemperatur gesteuert. Diese hängt vom geothermischen Gradienten und der Überlagerungsmächtigkeit ab. Setzt man voraus, daß der paläogeothermische Gradient in einem begrenzten Raum, wie dem Fohnsdorf-Knüttelfelder Tertiär und seinen Nebenbecken, annähernd konstant war, so kann aus den Inkohlungsdaten auf die ehemaligen Überlagerungsmächtigkeiten geschlossen werden. Damit ergeben sich neue Verhältnisse hinsichtlich der ursprünglichen Begrenzung der Tertiärablagerungen.

Mächtigkeitsverhältnisse – Unterbaden

Obwohl die Reflexionsdaten an der Basis des Unterbadens ungefähr gleich (niedrig) sind, deutet das megaskopische Erscheinungsbild der Kohlen auf eine Inkohlungszunahme von Westen nach Osten. Dies läßt darauf schließen, daß das Unterbaden im Osten des Hauptbeckens mächtiger als im Westen war.

Feeberger Mulden

H. POLESNY (1970, S. 202) vermutete, daß die Feeberger Mulden ständig oder wenigstens zeitweise vom Hauptbecken isoliert waren, weil am Südwestrand des Hauptbeckens Karbonate in Randfazies anstehen. K. METZ (1973, S. 22f.) sah in den Feeberger Mulden die direkte Fortsetzung des Fohnsdorfer Flözes. Die Feeberger Mulden sollten aber bald nach der Kohlenbildung vom Hauptbecken getrennt worden sein, weshalb es bei bescheidener Absenkung mit beschränkter Sedimentation blieb. In den randfaziellen Karbonaten des Südwestrandes sieht K. METZ das noch ältere Liegendste der Hauptmulde.

Die Inkohlungsdaten belegen, daß Kohlen der Feeberger Mulden ähnlich hoch inkohlte sind wie die Kohlen des Fohnsdorfer Flözhorizontes. Das deutet auf ähnlich große Überlagerungsmächtigkeiten in beiden Bereichen hin. Die Trennung sollte daher erst durch die Einengungstektonik erfolgt sein.

Nordrand des Hauptbeckens

Das Fohnsdorf-Knüttelfelder Becken steht im Nordosten durch einen schmalen Korridor mit dem Seckauer Becken in Verbindung. Im Nordwesten werden die Becken durch einen die höchsten Tertiäraufschlüsse im Fohnsdorfer Becken bis zu 700 m überragenden Kristallinrücken getrennt.

Die Mächtigkeit der karpatischen Hangendschichten über dem Flözhorizont beträgt im zentralen Becken ca. 1500 m (H. POLESNY, 1970, S. 47). Im Bereich des Flözausbisses bei Fohnsdorf sollte sie (unter der durch die Sedimentschüttung aus dem Süden – W.E. PETRASCHECK, 1929, S. 93; H. POLESNY, 1970, S. 64 – begründeten Annahme, daß die Mächtigkeit des Unterbadens gegen Norden nicht zugenommen hat) mindestens 750 m betragen haben. Aus der beträchtlichen Mächtigkeit der Hangendschichten am Nordrand und der weitgehend ungestörten Auflage des Tertiärs auf dem Grundgebirge folgt, daß die Hangendschichten einst bedeutend weiter den Rücken hinauf gereicht haben müssen, der Haupt- und Seckauer Becken trennt. Aus geometrischen Gründen ist es sogar wahrscheinlich, daß die Hangendschichten des Hauptbeckens über diesen Rücken hinweg mit jenen des Seckauer Beckens in Verbindung gestanden sind. Auf ähnliche Charakteristika der Hangendschichten beider Becken verwies H. POLESNY (1970, S. 50f). Ein einheitliches Sedimentationsbecken für die älteren Schichten verbietet sich dagegen aus faziellen Gründen und weil die Hangendschichten im Norden des Hauptbeckens über das Grundgebirge transgredierte (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 150).

Während der Sedimentation der karpatischen Hangendschichten könnten aber die Feeberger Mulden und

das Seckauer Becken mit dem Hauptbecken in Verbindung gestanden sein.

Zusammenfassung

Das Tertiär des Fohnsdorf-Knüttelfelder Beckens umfaßt ca. 2000 m Karpat und ca. 1000 m Unterbaden. Die Inkohlung reicht vom Weichbraunkohlen- zum Flammkohlenstadium, sie ist im wesentlichen älter als die Einmuldung. Der hohe Inkohlungsgrad in den liegenden Schichten wird auf die große, ca. 3000 m mächtige Überlagerung und einen gering erhöhten geothermischen Gradienten zurückgeführt.

4.6. Trofaiach

Über Bau und Füllung des Trofaiacher Beckens ist nur wenig bekannt (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 165f.; L. WEBER & A. WEISS, 1983, S. 123ff.; A. TOLLMAN, 1985, S. 603). Geringmächtige, in Zahl und Position nicht genau fixierte Kohlenflöze treten auf. Ein Kohlenschurf im östlichen Becken (Laintal) traf Glanzbraunkohlen, der ehemalige Kohlenbergbau Gimplach (2 km W' Trofaiach) Mattbraunkohlen an. Stichhaltige Gründe für die unterschiedliche Inkohlung können zur Zeit nicht angegeben werden.

4.7. Leoben – Bruck/Mur

4.7.1. Geologie

Das Leobener Tertiär befindet sich nördlich der Stadt, von der Mur durch einen schmalen Grundgebirgsrücken getrennt. Es steht gegen Norden mit dem

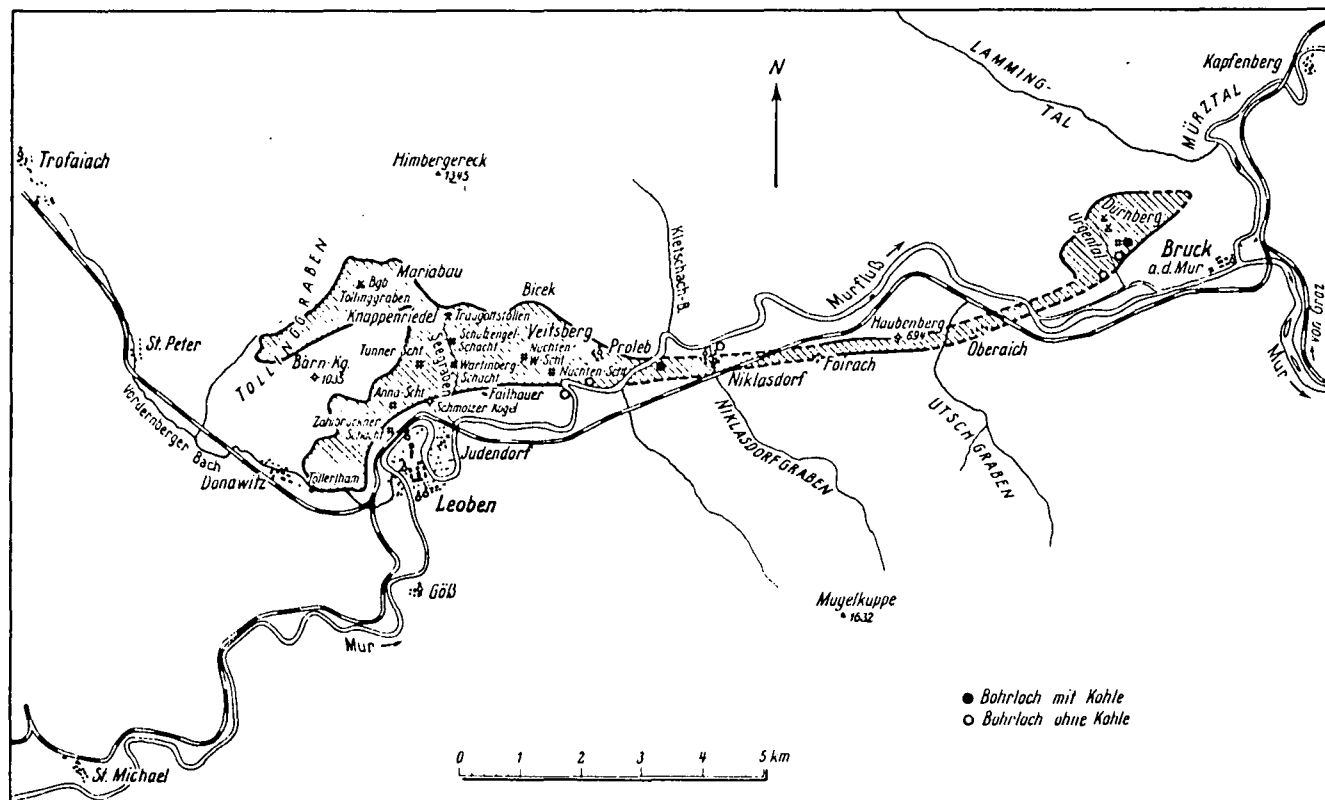


Abb. 8.
Die Tertiärmulde Leoben-Bruck/M.
Aus H. LACKENSCHWEIGER (1973, Abb. 1).

Tertiärlappen des Tollinggrabens und gegen Osten über einen schmalen, großteils von Muralluvionen überdeckten Streifen mit dem Tertiär nördlich von Bruck/Mur in Verbindung (Abb. 8).

Aufgrund früherer Bergbauaufschlüsse ist die Geologie des Leobener Beckens gut bekannt (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 160ff.; H. LACKENSCHWEIGER, 1937; L. WEBER & A. WEISS, 1983, S. 116ff.).

Schichtfolge

Über Schiefer der Norischen Decke der Grauwackenzone folgen lokal ausgebildete, bis zu 50 m mächtige Basisbildungen und der bis zu 20 m mächtige Flözhorizont. Dieser wird von einer schwächtigen Brandschieferlage und bis zu 170 m mächtigen Sandsteinen und Tonschiefern überlagert. Darüber folgen mit Diskordanz (H. LACKENSCHWEIGER, 1937, S. 213) Hauptkonglomerat, Hangendsandstein und Hangendkonglomerat, die bereits in das untere Badenien gestellt werden (H.W. FLÜGEL & F. NEUBAUER, 1984, Tab. 2).

Tektonik

Das Leobener Tertiär bildet ähnlich wie andere Becken der Norischen Senke eine asymmetrische, z.T. nordvergent überkippte Mulde. Der flach gelagerte Nordschenkel steht in über 1000 m Seehöhe mit dem Tertiär des Tollinggrabens in Verbindung. Die Südbegrenzung bildet der „Seegrabener Bruch“ mit einer Sprunghöhe von über 360 m (W. SCHMIDT, 1920, S. 554), an dem das Flöz mitgeschleppt wird. In der südlichen Aufrichtungszone und im Muldentiefsten kommen Stauchungen des Flözes vor, welche zu starken tektonischen Mächtigkeitsschwankungen führen. Das Alter der Tektonik wurde von A. WINKLER-HERMANN (1951, S. 505) als attisch (Wende Sarmatien/Pannonien) eingestuft, wobei einzelne Störungen bereits während der Steirischen Phase (Karpatrien/Badenien) angelegt worden sein sollen. Störungszonen mit größeren Sprunghöhen treten auch an der Verbindung zur und in der Tollinggrabener Mulde auf. Während die Kohlen entlang des „Seegrabener Bruchs“ trotz stärkster tektonischer Beanspruchung kompakt sind (W.E. PETRASCHECK, 1935, S. 629; 1940), sind die Kohlen entlang der Störungszonen im Tollinggraben immer zerrieben (H. LACKENSCHWEIGER, 1937, S. 212).

Schichtfolge und Tektonik im Tertiär von Bruck/Mur sind mit jener im Leobener Vorkommen nahezu ident (W. PETRASCHECK, 1924/25, S. 164f.; L. WEBER & A. WEISS, 1983, S. 126).

4.7.2. Inkohlung

Der Inkohlungsgrad nimmt im Leobener Flözhorizont von den hochgelegenen Feldesteilen (Grenze Matt-/Glanzbraunkohlenstadium) zum Muldentiefsten (hoch inkohltes Glanzbraunkohlenstadium) hin zu. Die Zunahme der Huminit/Vitrinit-Reflexion beträgt ca. 0,2 % R_m /km, die Abnahme der hygroskopischen Feuchtigkeit ca. 10 %/km (R.F. SACHSENHOFER, 1988a, Abb. 10). Eine ähnliche Zunahme des Inkohlungsgrades mit der Teufe im Brucker Flözhorizont wird durch die untersuchten Kohlen angedeutet.

Die Inkohlungsuntersuchungen bezüglich der Hangendschichten mußten sich auf die anstehenden grobklastischen Gesteine des Unterbadens beschränken. In diesen ist kohliges Material äußerst selten und zudem häufig oxydiert. Es können daher nur die Inkohlungsdaten von 2 Proben des Leobener Tertiärs vorgestellt

werden, die allerdings wegen fortgeschrittener Verwitterung große Unsicherheiten aufweisen. Die Reflexionsdaten dieser Proben weisen (unter Vorbehalt) auf gering inkohltes Glanzbraunkohlenstadium.

4.7.3. Deutung des Inkohlungsbildes

W.E. PETRASCHECK (1935, 1940) leitete aus der Beobachtung, daß die Kohlen im Muldentiefsten und entlang des „Seegrabener Bruchs“ plastisch verformt wurden und trotz im Mikrobild erkennbarer Teilbewegungen völlig hart und fest sind, nachdeformative Inkohlung ab. Die Kohlen sollten daher frühestens im Unterbadien, wahrscheinlich aber später, zu ihrer heutigen Reife gelangt sein. Die Inkohlung ist damit wohl jünger als der Beginn der Einmuldung. Wegen des Fehlens gesicherter Inkohlungsdaten aus den Hangendschichten bleibt unklar, ob die Inkohlung syn- oder posttektonisch in bezug auf die Einmuldung ist. Zumindest die Störungen an der Verbindung zur Tollinggrabener Mulde, an der die Kohlen zerrieben sind, sollten jünger als die Inkohlung sein. Damit zusammenhängend können keine gesicherten Angaben über den Inkohlungsgradienten und die paläogeothermischen Verhältnisse getroffen werden. Die Vermutung von M. & R. TEICHMÜLLER (1978, S. 53), wonach der hohe Inkohlungsgrad auf deutlich erhöhte paläogeothermische Gradienten zurückzuführen sei, ist allerdings aus folgendem Grund naheliegend:

Sollte der Inkohlungsgradient ähnlich gering wie im Fohnsdorf-Knüttelfelder Tertiär sein, müßte die Schichtmächtigkeit zur Zeit der Inkohlung ca. 2000 m betragen haben. Die heutige Schichtmächtigkeit umfaßt aber nur ca. 350 m (250 m Karpas und 100 m Baden). Auch wenn man die tiefe Einmuldung des Tertiärs (Höhendifferenz zwischen den höchsten und tiefsten Tertiäraufschlüssen über 750 m) berücksichtigt und Erosion eines Großteils der ursprünglichen Mächtigkeit des Badens angenommen wird, erscheinen 2000 m u.a. deshalb unrealistisch, weil

- a) bedeutende Lineamente, an denen das Leobener Becken im Badenien über 1500 m tief abgesunken sein könnte, und
 - b) Hinweise für eine anschließende starke Heraushebung des Raumes Leoben – Bruck/Mur
- fehlen (vgl. W. SCHMIDT, 1920). Der hohe Inkohlungsgrad ist daher vermutlich mit höheren Inkohlungsgradienten bei entsprechend kleinerer Überlagerungsmächtigkeit zu erklären.

4.8. Aflenz

Das Aflenzer Becken ist dem Müritzal im Norden vorgelagert. Es streicht in WSW–ENE-Richtung als schmale Wanne über eine Entfernung von 18 km. Die Beckenfüllung mit Grundkonglomeraten, einer Flözzone mit drei Flözen, Hangendsandsteinen und abdeckenden groben Schottern umfaßt mindestens 250 m (A. TOLLMANN, 1985, S. 604f.). Die Sedimente des Aflenzer Beckens nehmen insofern eine Sonderstellung ein, als eine Fauna auf Badenien-Alter bereits des Liegendflözes hinweist (E. THENIUS, 1949, S. 753ff.; H. ZAPPE, 1956, S. 74).

Im Bergbau Göriach am Ostende der Mulde wurde eine Weichbraunkohle abgebaut (H_2O_{af} : 35–40 %,

C_{wat} : ca. 67 %; W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 171; L. WEBER & A. WEISS, 1983, Tab. 86). Die Reflexionswerte des Huminites dieser Kohlen bleiben ebenso wie jene von Treibhölzern aus den hangenden Schichten, die im Westen des Beckens aufgesammelt wurden, unter 0,35 % R_m (Tab. 1).

4.9. Unteres Mürztal

Das Tertiär des unteren Mürztales bildet im Raum Kapfenberg beckenartige Weitungen. Über die Geologie dieses Tertiärbeckens ist trotz früheren Bergbaues bei Parschlug (5 km N' Kapfenberg) wenig bekannt (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 166f; A. WINKLER-HERMADEN, 1951, S. 502; A. TOLLMANN, 1985, S. 605f). Die Südbegrenzung bildet die Trofaiach-Linie, an der das Miozän z.T. saiger gestellt und verkippt ist (J. NIEVOLL, 1985a, S. 651). In der Bohrung Sölsnitz, nahe dem Südrand, wurde das Tertiär in einer Mächtigkeit von 375 m angetroffen. Die Bohrung ist wegen reichlicher Ölzufüsse von besonderem Interesse (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 167).

Die Kohlen von Winkl (NW' Kapfenberg) und Parschlug sind mit Reflexionswerten von 0,4–0,5 % R_m Glanzbraunkohlen. Inkohlte Treibhölzer vom Südrand des Beckens zwischen Kapfenberg und Kindberg sind dagegen als Weich- und Mattbraunkohlen deutlich geringer inkohlt.

Hinweise dafür, daß die Glanzbraunkohlen-führenden Schichten um ca. 750–1000 m tiefer versenkt worden sein sollten als die Schichten des Beckensüdrandes, fehlen. Die z.T. hohe Inkohlung wird daher – mit Vorbehalt – ähnlich wie im Tertiär von Leoben-Bruck/Mur mit einem erhöhten paläogeothermischen Gradienten begründet.

4.10. Oberes Mürztal

Die Tertiärablagerung gliedert sich in einen vorwiegend tonig-feinklastischen, stellenweise kohlenführenden Teil und einen oberen, aus groben Blockschottern bestehenden (H.P. CORNELIUS, 1938, S. 131). Im südwestlichsten Abschnitt wurde die Beckenfüllung zu einer asymmetrischen Mulde mit einem nach Norden überschlagenden Südschenkel verformt (W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 167ff.). Gegen Nordosten ist die Überkipfung nicht mehr nachzuweisen (J. NIEVOLL, 1985b, S. 272 und mündl. Mitt.). Im Raum Krieglach erreicht die Beckenfüllung mit ca. 900 m (706,5 m im Bohrloch 4, KG Freßnitz, plus 180 m an der Nordflanke des Mürztals; J. NIEVOLL, 1985b, S. 271) die größte Mächtigkeit. Kohle wurde früher südlich von Wartberg im überkippten Südschenkel (Grundflöz) und östlich von Krieglach im Tal der Kurzen Illach abgebaut. Die Kohlen der an der Oberfläche anstehenden Schichten sind Weichbraunkohlen ($R_m < 0,35$ %) von z.T. schwarzer (Wartberg), meist aber brauner Farbe. Höher inkohlt sollten wegen der größeren Überlagerungsmächtigkeiten die Kohlen des Beckentiefs bei Krieglach sein. Das Bohrprotokoll des Bohrlochs 4, KG Freßnitz (Kopie im Landesmuseum Joanneum, Graz) verzeichnet in ca. 640 m Tiefe „Braunkohlen“. Dieser Terminus wird im Gegensatz zu „Schwarzkohle“, die in derselben Bohrung in geringerer Teufe angetroffen wurde, und zu „Glanzkohle“ verwendet. Unter „Braun-

kohlen“ sind daher vermutlich braun gefärbte Weichoder Mattbraunkohlen zu verstehen. Deren Auftreten unter einer mindestens 820 m (640 m plus 180 m, s.o.) mächtigen Überlagerung läßt auf einen kleinen bis durchschnittlichen, sicher aber nicht deutlich erhöhten Inkohlungsgradienten schließen.

4.11. Waldheimat

Nordöstlich von St. Kathrein und bei Ratten finden sich kohlenführende Tertiärablagerungen in Höhen von 900 bis 1100 m. Die bis 180 m mächtige Beckenfüllung gliedert sich in eine kohlenführende, sandig-tonige Serie (Karpas?) und diskordant darüber auflagernde (badenische?) Blockschotter. Nach W. PETRASCHECK (1924/29, S. 173 und 186) lieferte das Grundflöz eine Weichbraunkohle mit einem Wassergehalt (grubenfeucht) von mehr als 40 % und einem geringen Kohlenstoffgehalt (C_{wat} : 64–67 %). Die Reflexionswerte bleiben unter 0,35 % R_m .

4.12. Hart/Gloggnitz

In der flächenmäßig kleinen Tertiärmulde von Hart wurde noch nach dem Zweiten Weltkrieg ein isoklinal verfaltetes Kohlenflöz abgebaut. Aufmerksamkeit erregte, daß im selben Flöz vergelte „Glanzkohle“ und „xylitische Braunkohle“ angetroffen wurde. W. PETRASCHECK (1924/29, S. 177) erklärte dies durch unterschiedliche Verortungsbedingungen. Die Kohlen unterschiedlicher Vergelung unterscheiden sich weder im Wassergehalt der grubenfeuchten Kohle (H_2O_{af} : ca. 30 %) noch im Kohlenstoffgehalt (C_{wat} : ca. 67 %; W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 186). Der im Vergleich zu Kohlen mit ähnlichem Kohlenstoffgehalt (Waldheimat, Göriach) geringe Wassergehalt erklärt sich vermutlich durch die intensive tektonische Beanspruchung.

5. Diskussion

Aus der im einzelnen sehr unterschiedlichen geologischen Geschichte der Becken der Norischen Senke resultiert ein komplexes Inkohlungsbild, wobei das Alter der Inkohlung in bezug auf die Tektonik in verschiedenen Becken durchaus unterschiedlich sein kann. Die Zeitdauer der Inkohlung dürfte dennoch in allen Becken ähnlich gewesen sein, eine exakte Erfassung der Dauer der Inkohlung gelingt jedoch nicht. Unsicherheiten, die dadurch bei der paläogeothermischen Interpretation entstehen, müssen in Kauf genommen werden; auf die Angabe von Zahlenwerten für die paläogeographischen Gradienten wird daher verzichtet.

Das komplexe Inkohlungsbild kommt u.a. in einem Inkohlungslängsprofil durch die Norische Senke zum Ausdruck (Abb. 9).

Ein Inkohlungstrend ist auf den ersten Blick nicht zu erkennen. Es ist aber bemerkenswert, daß im Westteil das Flammkohlen-, im Ostteil lediglich das Mattbraunkohlenstadium erreicht wird. Ein ähnlicher, jedoch besser ausgeprägter Inkohlungstrend kennzeichnet das der Norischen Senke im Norden vorgelagerte Ennstal-tertiär (tektonische Position siehe Abb. 1), weshalb auf dieses kurz eingegangen werden soll.

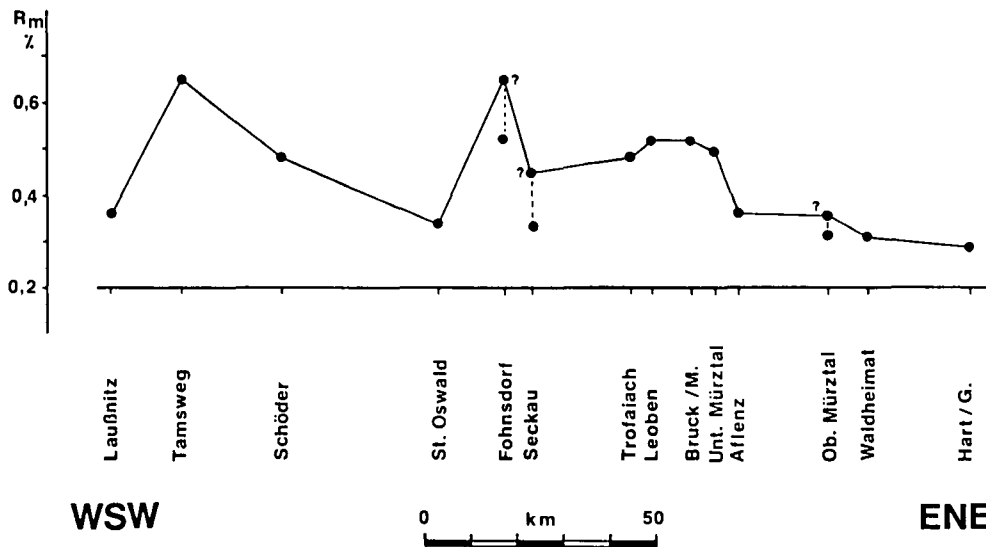


Abb. 9.
Inkohlungs-längsprofil (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion; R_m) durch die Norische Senke.
Für jedes Becken ist der größte Meßwert aufgetragen. Mit Fragezeichen markierte Werte wurden aus geologischen Überlegungen abgeleitet.

Das Ennstalertiär gelangte vermutlich im höheren Oligozän bis tiefsten Miozän zur Ablagerung (A. TOLLMANN, 1985, S. 612). Spärliche Reste dieser einst wohl ausgedehnten Ablagerungen blieben, an Störungen eingeklemmt, entlang der oberen Enns erhalten (A. WINKLER-HERMADEN, 1928, 1950, 1951). Der Inkohlungsgrad dieser Vorkommen nimmt von Westen (Wagrain) nach Osten (Hieflau) kontinuierlich vom Flammkohlen- zum Weichbraunkohlenstadium ab (Abb. 10).

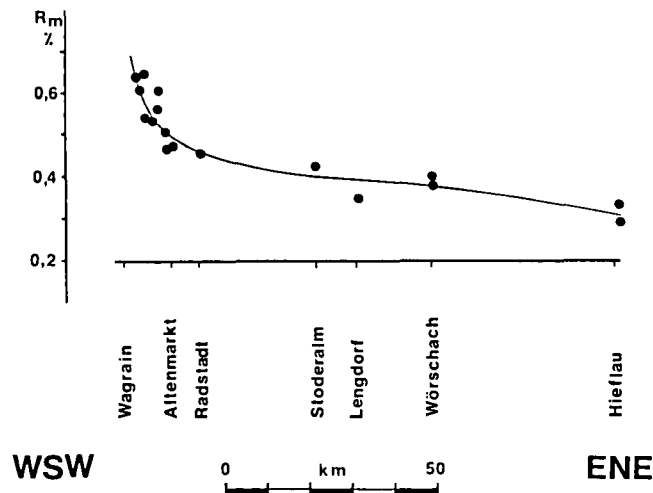


Abb. 10.
Inkohlungs-längsprofil (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion; R_m) durch das Ennstalertiär.
Umgezeichnet nach R.F. SACHSENHOFER (1988b, Abb. 4).

Sowohl in der Norischen Senke als auch im Ennstal-tertiär wird also in den westlichen, dem Penninikum des Tauernfensters bzw. seinem unterostalpinen Rahmen am nächsten liegenden Becken das Steinkohlenstadium erreicht. Wir wissen, daß dies im Tamsweger Tertiär auf einem stark erhöhten paläogeothermischen Gradienten beruht und nehmen – da eine Sedimentmächtigkeit von über 3000 m äußerst unwahrscheinlich ist – gleiches für das Wagrain Becken des Ennstales an. Ein Zusammenhang zwischen hohem Inkohlungsgrad und Metamorphose bzw. Aufstieg des Penninikums ist daher wahrscheinlich.

Das bis ins Jungtertiär dauernde Abklingen der jungalpidischen Metamorphose wird durch Rb/Sr-Alter von Glimmermineralen (W. FRANK et al., 1987 cum lit.)

und Apatit-Spaltspurenalter (G. GRUNDMANN & G. MORTEANI, 1985; H. STAUFENBERG, 1987) belegt. Die im Oligozän einsetzende Heraushebung des Penninikums (A. TOLLMANN, 1966, S. 110) dürfte im tiefen Miozän eine besondere Verstärkung erfahren haben (W. FRISCH, 1976, S. 389; R.A. CLIFF et al., 1985, S. 413). Sie erfolgte so rasch, daß der Wärmetransport durch die aufsteigenden warmen Gesteinsmassen zu einer Aufdomung der Isothermen und damit zu einem erhöhten geothermischen Gradienten über dem aufsteigenden Penninikum geführt hat (E.R. OXBURGH & P.C. ENGLAND, 1980, S. 389; Abb. 11). Dieser erhöhte geothermische Gradient bewirkte nach Meinung des Verfassers die hohe Inkohlung der Becken in der Nachbarschaft des Tauernfensters.

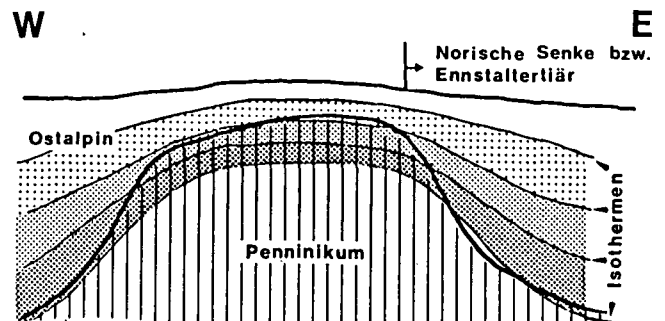


Abb. 11.
Schematisches Profil durch das (künftige) „Tauernfenster“ zur Zeit des Miozäns.
Der rasche Aufstieg des „warmen“ Penninikums bedingt eine Aufdomung der Isothermen und damit einen erhöhten geothermischen Gradienten über dem und in Nachbarschaft des „Tauernfensters“. Die Position der Norischen Senke bzw. des Ennstalertiärs östlich des „Tauernfensters“ in einem Bereich gegen Osten abnehmender geothermischer Gradienten wird angedeutet.

Im Ennstalertiär wird die Verminderung des Inkohlungsgrades gegen Osten vor allem auf – mit der Entfernung zum Tauernfenster – abnehmende paläogeothermische Gradienten zurückgeführt, der Einfluß unterschiedlicher Schichtmächtigkeiten ist anhand der spärlichen Sedimentreste nicht zu erfassen (R.F. SACHSENHOFER, 1988b).

In der Norischen Senke dürfte im Miozän der geothermische Gradient gleichfalls mit der Entfernung vom künftigen Tauernfenster kleiner geworden sein. (Abnahme des Inkohlungsgradienten zwischen Tamsweger

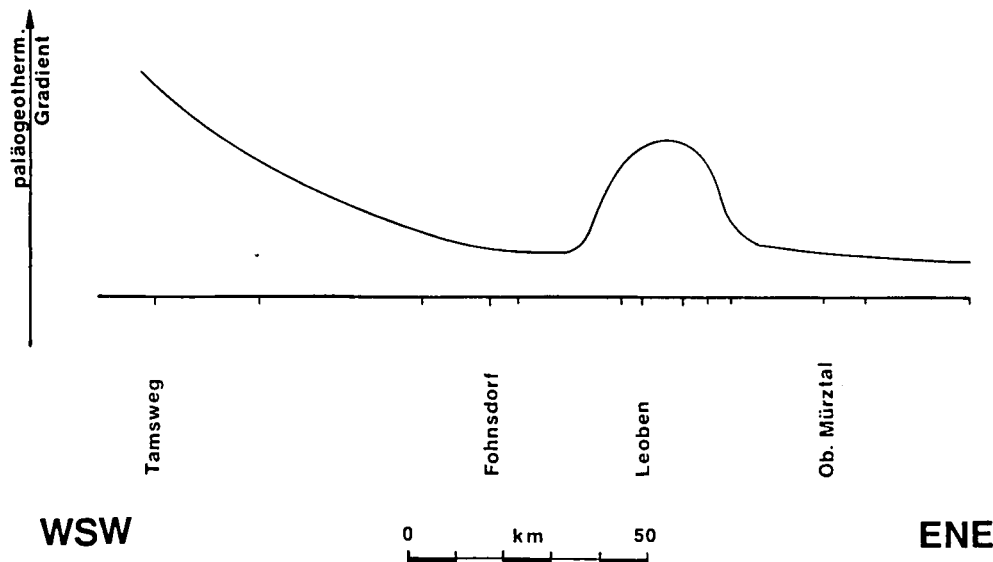


Abb. 12.
Hypothetische Verteilung der geothermischen Gradienten im Bereich der Norischen Senke während der Inkohlung im oberen Miozän.

und Fohnsdorf-Knittelfelder Becken, vermutlich kleiner Inkohlungsgradient im oberen Mürztal). Die Verminderung des Inkohlungsgrades gegen Osten erfolgt in der Norischen Senke aber im Gegensatz zum Ennstalertiär nicht kontinuierlich. Dies ist zum Teil mit den unterschiedlichen Schichtmächtigkeiten in den einzelnen Becken zu begründen.

Im Fohnsdorf-Knittelfelder Becken wird wegen seiner überaus mächtigen Füllung trotz kleinerem Inkohlungsgradienten ein ähnlicher Inkohlungsgrad wie im Tamsweger Becken erreicht. Der hohe Inkohlungsgrad des Seckauer Beckens ist gleichfalls mit dem z.T. großen Tiefgang des Beckens zu erklären. Die Mächtigkeit des Laubnitz-Tertiärs muß dagegen gering (200–300 m) gewesen sein, da es ansonsten auf Grund seiner Tauernfenster-nahen Position und den hohen paläogeothermischen Gradienten in dessen Umgebung höher inkohlt sein sollte.

Zum Teil dürfte es auf einem lokal erhöhten geothermischen Gradienten im Raum Leoben – Bruck/Mur (vgl. Kap. 4.7.3.) beruhen, der wahrscheinlich auch die hohe Inkohlung des östlichen Trofaiacher Beckens und des unteren Mürztals bedingt hat.

Zusammenfassend stellen sich die paläogeothermischen Verhältnisse in der Norischen Senke während des höheren Miozäns folgendermaßen dar (Abb. 12): Am Ostrand des Tauernfensters herrschten wegen des raschen Aufstieges des Penninikums stark erhöhte geothermische Gradienten, die gegen Osten deutlich abgenommen haben. Im Raum Leoben – Bruck/Mur war der geothermische Gradient lokal erhöht. Der Grund dafür ist noch unbekannt.

Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse provozieren neue Fragen:

- I) Läßt das Inkohlungsbild des eozän-oligozänen Innaltertiärs einen erhöhten paläogeothermischen Gradienten am Nordrand des Tauernfensters erkennen?
- II) Steht die Zunahme des Inkohlungsgrades von der östlichen Norischen Senke in Richtung auf das Penninikum am Alpenostrand (nach W. PETRASCHECK, 1924/29, S. 180, sind die karpatischen Kohlen der Buckligen Welt Glanzbraunkohlen) im Zusammenhang mit dessen Metamorphose und Aufstieg?

Untersuchungen zur Klärung dieser Fragen werden zur Zeit am Institut für Geowissenschaften (Geologie) der Montanuniversität Leoben durchgeführt.

Dank

Vorliegende Arbeit wurde durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften finanziell unterstützt.

Die Wassergehaltsbestimmungen wurden an Geräten des Instituts für Wärmetechnik und Industrieofenbau der Montanuniversität Leoben (Vorstand: O. Univ.-Prof. Dr. Ch. GOD) durchgeführt.

Der Verfasser dankt O. Univ.-Prof. Dr. H.F. HOLZER und Ao. Univ.-Prof. Dr. F. EBNER für die freundliche Durchsicht des Manuskriptes.

An dieser Stelle sei auch Frau Dr. M. HEINRICH sowie den Herren Dr. G. GNJEZDA, Dr. J. NIEVOLL und Dr. H. POLESNY für ihre Unterstützung und anregende Diskussionen gedankt.

Literatur

- CLIFF, R.A., REX, D.C. & DROOP G.T.R.: Alpine metamorphism in the south-east Tauern Window, Austria: 2. Rates of heating, cooling and uplift. – J. Metam. Geol., **3**, 403–415, 6 Abb., 4 Tab., Oxford 1985.
- CORNELIUS, H.P.: Über Tertiär und Quartär im Mürztal oberhalb Kindberg und seinen Nachbartälern. – Jb. Geol. B.-A., **88**, 103–145, 5 Abb., Wien 1938.
- EXNER, Ch.: Beitrag zur Kenntnis der jungen Hebung der östlichen Hohen Tauern. – Mitt. Geogr. Ges. Wien, **91**, 186–196, 1 Kte., Wien 1949.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Steiermark. Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1 : 200.000. – 127 S., 28 Abb., 5 Tab., 1 geol. Kte., Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- FRANK, W., KRALIK, M., SCHARBERT, S. & THÖNI, M.: Geochronological Data from the Eastern Alps. – In: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (Hrsg.): Geodynamics of the Eastern Alps, 272–281, 3 Taf., Wien (Österr. Bundesverlag) 1987.
- FRISCH, W.: Ein Modell zur alpidischen Evolution und Orogenese des Tauernfensters. – Geol. Rdsch., **65**, 375–393, 3 Abb., Stuttgart 1976.
- GNJEZDA, G.: Tektonische und geothermische Untersuchungen im Raum Fohnsdorf – Judenburg/Steiermark. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 242 S., zahlr. Abb., Tab. u. Beil., Wien 1989.
- GRUNDMANN, G. & MORTEANI, G.: The Young Uplift and Thermal History of the Central Eastern Alps (Austria/Italy), Evidence from Apatite Fission Track Ages. – Jb. Geol. B.-A., **128**, 197–216, 13 Abb., 2 Taf., Wien 1985.
- GÜNTHER, G. & TICHY, G.: Kohlevorkommen und -schurfbaue im Bundesland Salzburg. – Mitt. Ges. Salzbg. Landeskd., **119**, 383–410, 9 Abb., Salzburg 1979.

- HABIB, B.: Petrologie und Inkohlung der Kohle von Fohnsdorf (Stmk.). – Unveröff. Diss. Montanuniv. Leoben, 96 S., 60 Abb., 4 Tab., Leoben 1977.
- HEINRICH, M.: Zur Geologie des Jungtertiärbeckens von Tamsweg mit kristalliner Umrahmung. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 191 S., 91 Abb., 7 Beil., Wien 1976.
- HEINRICH, M.: Zur Geologie des Jungtertiärbeckens von Tamsweg mit kristalliner Umrahmung. – Jb. Geol. B.-A., **120**, 295–341, 15 Abb., 2 Phototaf., Wien 1978.
- LACKENSCHWEIGER, H.: Die Braunkohlenmulde von Leoben. – Z. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Dt. Reiche, **85**, 209–213, 3 Abb., Berlin 1937.
- METZ, K.: Beiträge zur tektonischen Baugeschichte und Position des Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärbeckens. – Mitt. Abt. Geol. etc. Landesmus. Joanneum, **33**, 4–33, 12 Abb., Graz 1973.
- METZ, K.: Bruchsysteme und Westbewegungen in den östlichen Zentralalpen. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **69**(1976), 27–47, 2 Abb., Wien 1978.
- METZ, K., SCHMIDT, Ch., SCHMÖLLER, R., STRÖBL, E., WALACH, G. & WEBER, F.: Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet Seetaler Alpen – Niedere Tauern – Eisenerzer Alpen. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **71/72**(1978/79), 213–259, 16 Abb., 2 Tab., Wien 1980.
- OXBURGH, E.R. & ENGLAND, P.C.: Heat flow and the metamorphic evolution of the Eastern Alps. – Eclogae geol. Helv., **73**, 379–398, 7 Abb., 1 Tab., Basel 1980.
- NIEVOLL, J.: Die bruchhafte Tektonik entlang der Trofaiachlinie (östliche Zentralalpen, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **127**, 643–671, 15 Abb., 13 Taf., Wien 1985a.
- NIEVOLL, J.: Bericht 1984 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär des mittleren Mürztals auf den Blättern 103 Kindberg und 104 Mürzzuschlag. – Jb. Geol. B.-A., **128**, 269–273, Wien 1985b.
- PETRASCHECK, W.: Braunkohlenlager der österreichischen Alpen. – In: W. PETRASCHECK: Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, 145–212, Abb. 62–124, Katowice 1924/29.
- PETRASCHECK, W.: Die Metamorphose der Kohle und ihr Einfluß auf die sichtbaren Bestandteile derselben. – Sitzber. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **156**, 375–444, 10 Abb., Wien 1947.
- PETRASCHECK, W.E.: Einiges über die Geröllführung im inneralpinen Miozän. – Verh. Geol. B.-A., **1929**, 89–96, 1 Abb., Wien 1929.
- PETRASCHECK, W.E.: Gefügeuntersuchungen an tektonisch beanspruchten Kohlen. – Z. dt. Geol. Ges., **87**, 622–632, Taf. 33–34, Berlin 1935.
- PETRASCHECK, W.E.: Das tektonische Gefüge alpiner Glanzbraunkohlen. – Z. dt. Geol. Ges., **92**, 441–449, 3 Abb., Taf. 17, Berlin 1940.
- PETRASCHECK, W.E.: Zur optischen Regelung tektonisch beanspruchter Kohlen. – Tscherm. miner.-petr. Mitt., **4**, 232–239, 2 Abb., Wien 1954.
- POLESNY, H.: Beitrag zur Geologie des Fohnsdorf-Knittelfelder und Seckauer Beckens. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 233 S., zahlr. Abb., 15 Beil., Wien 1970.
- ROBERT, P.: The optical evolution of kerogen and geothermal histories applied to oil and gas exploration. – In: B. DURAND (Hrsg.): Kerogen, 385–414, 6 Abb., 1 Tab., 1 Phototaf., Paris (Technip) 1980.
- ROBERT, P.: Organic Metamorphism and Geothermal History. – XXVIII, 311 S., 199 Abb., 10 Tab., 13 Phototaf., Dordrecht (Reidel) 1988.
- SACHSENHOFER, R.F.: Das Inkohlungsbild ausgewählter alpiner Kohlenreviere – zur Frage des Einflusses tektonischen Druckes auf die chemische Inkohlung. – Geol.-Paläont. Mitt. Innsbruck, **15**, 31–40, 10 Abb., Innsbruck 1988a.
- SACHSENHOFER, R.F.: Zur Inkohlung des Ennstalertiärs. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **5** Abb., 2 Tab., Wien 1988b (im Druck).
- SCHMIDT, W.: Zur Oberflächengestaltung der Umgebung Leobens. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **129**, 539–558, Wien 1920.
- SCHWINNER, R.: Über das Tertiär des Lungau. – Verh. Geol. B.-A., **1925**, 192–195, Wien 1926.
- STABER, R.: Tertiärkohlen in Oberkärnten. – Verh. Geol. B.-A., **1933**, 108–112, Wien 1933.
- STAUFENBERG, H.: Apatite Fission-Track Evidence for Postmetamorphic Uplift and Cooling History of the Eastern Tauern Window and the Surrounding Austroalpine (Central Eastern Alps, Austria). – Jb. Geol. B.-A., **130**, 571–586, 10 Abb., 1 Tab., Wien 1987.
- TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R.: Coalification studies in the Alps. – In: H. CLOOS et al. (Hrsg.): Alps, Apenninines, Hellenides, 45–55, 3 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1978.
- TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R.: The geological basis of coal formation. – In: E. STACH et al.: Coal Petrology. – 3. erw. Aufl., 5–86, Abb. 1–26, Tab. 1–4, Phototaf. 1, Berlin (Borntraeger) 1982.
- TENIUS, E.: Die Carnivoren von Göriach (Steiermark). – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **158**, 695–762, 15 Abb., 12 Tab., Wien 1949.
- TURNER, A.: Das Tertiär von Schöder. – Verh. Geol. B.-A., **1952**, 146–153, 6 Abb., Wien 1952.
- TOLLMANN, A.: Die alpidischen Gebirgsbildungs-Phasen in den Ostalpen und Westkarpaten. – Geotekt. Forsch., **21**, 156 S., 20 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1966.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. – Bd. 2, Außerzentralalpiner Anteil. – XV, 710 S., 287 Abb., 27 Tab., Wien (Deuticke) 1985.
- VINZENZ, M.: Inkohlungsstudien an Braunkohlen. – Unveröff. Ber. (VALL, P-41, 54), 40 S., 12 Abb., 5 Tab., 7 Photos, Leoben 1984.
- WEBER, L. & WEISS, A.: Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **4**, 1–317, 110 Abb., 174 Tab., Wien 1983.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Über Studien an den inneralpinen Tertiärablagerungen und über deren Beziehungen zu den Augensteinfeldern der Nordalpen. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **137**, 183–225, 6 Abb., Wien 1928.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Tertiäre Ablagerungen und junge Landformung im Bereiche des Längstales der Enns. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **159**, 255–280, 7 Abb., Wien 1950.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. – In: F.X. SCHAFFER (Hrsg.): Geologie von Österreich, 2. Aufl., 414–524, 20 Abb., Wien (Deuticke) 1951.
- WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Aichfeldes. – Mitt. Mus. Bergbau, Geol. u. Techn. Joanneum, **25**, 1–46, 4 Abb., 3 Tab., 8 Taf., Graz 1963.
- WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Murbodens. – Mitt. Abt. Geol. etc. Landesmus. Joanneum, **32**, 107–215, 7 Tab., Taf. 1–15, Graz 1972.
- ZAPFE, H.: Die geologische Altersstellung österreichischer Kohlenlagerstätten nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis. – Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **101**, 71–81, 1 Tab., Wien 1956.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 9. Februar 1989.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [132](#)

Autor(en)/Author(s): Sachsenhofer Reinhard F.

Artikel/Article: [Das Inkohlungsbild im Jungtertiär der Norischen Senke \(Östliche Zentralalpen, Österreich\) und seine paläogeothermische Deutung 489-505](#)