

MITTEILUNGEN

DER ABTEILUNG FÜR
GEOLOGIE, PALÄONTOLOGIE UND BERGBAU
AM LANDESMUSEUM JOANNEUM



Fritz EBNER & Walter GRÄF

500 Millionen Jahre Steiermark

Führer durch die Schausammlung der Abteilung
für Geologie, Paläontologie und Bergbau
am Landesmuseum Joanneum

Die Herausgabe des vorliegenden Führers konnte
nur dank der großzügigen Unterstützung durch
Frau Dr. Margarete Freisling realisiert werden.

Eigentümer und Verleger: Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum, Raubergasse 10, A-8010 Graz.

Autoren: Univ.-Prof. Dr. Fritz EBNER, Montanuniversität Leoben, Institut für Geowissenschaften, A-8700 Leoben.
Univ.-Prof. Dr. Walter GRÄF, Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum, A-8010 Graz.

Fotos: BILD- und TONARCHIV(11), F. EBNER(3), J. FLACK(32), W. POSTL(1), ZENTRUM FÜR ELEKTRONENMIKROSKOPIE(1).

Graphik: J. FLACK(20), GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT(1), M. A. MATHIAS(13), H. W. TÜRK(2).

Satz: T. SCHMID

Layout: J. FLACK

Farblithos: REPROTEAM(31), J. FLACK(17)

Druck: Steiermärkische Landesdruckerei, Graz-5213-86*

Fritz EBNER & Walter GRÄF

500 Millionen Jahre Steiermark

Führer durch die Schausammlung der Abteilung
für Geologie, Paläontologie und Bergbau
am Landesmuseum Joanneum

Inhalt

Vorwort.....	3
Geologie und Paläontologie - Geschichte der Erde und des Lebens	5
Leitfossilien der Erdgeschichte	13
Geologische Kräfte - Gestalter unserer Erde.....	28
Der geologische Werdegang der Steiermark.....	44
Das Schaubergwerk.....	70
Erläuterungen von Begriffen der Bergmannssprache.....	71
Kleiner Führer durch die Schausammlung.....	73
Verzeichnis der Schaeinheiten.....	77

Die im Text in Klammern angegebenen Zahlen weisen auf die entsprechenden Exponate der Schausammlung hin. Ein Verzeichnis der Schaeinheiten sowie einen Raumplan finden Sie auf den Seiten 76-79.



Vorwort

Ein klar ausgesprochener Auftrag zur Forschung und Lehre bestimmte von Anfang an die Entwicklung des Inner-österreichischen Nationalmuseums, das nicht nur Sammlung und Ausstellungsgebäude, sondern vor allem auch Bildungsanstalt sein sollte und das sich bald zu Ehren seines Stifters **Joanneum** nannte. Vor diesem Hintergrund hatten die naturwissenschaftlichen Abteilungen des Joanneums einen gewaltigen Startvorteil gegenüber der Masse jener Museen, die einfach aus dem Bedürfnis heraus entstanden waren, Gegenstände zusammenzutragen und zu bewahren und die ihre Aufgabe gegenüber der Öffentlichkeit vielfach im Aufbau von Raritäten- und Abnormitätenkabinetten sahen.

Was die Erdwissenschaften betrifft, so war das Joanneum lange Zeit hindurch ihre alleinige Heimstätte in der Steiermark und darüber hinaus, da entsprechende Institute in der wiedererstandenen Grazer Universität erst in den späten 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts gegründet wurden. Zu dieser Zeit hatte die Lehrkanzel und spätere Abteilung für Mineralogie am Joanneum samt den damals integrierten Fächern Geologie und Paläontologie schon eine



Die Schausammlung um 1911 und heute (links)

mehr als 50jährige Entwicklung hinter sich. Es ist somit nicht verwunderlich, daß die Frühgeschichte der geologischen Erforschung der Steiermark und die Geschichte der Grazer geologischen Schule zunächst von der Entwicklung am Joanneum gesteuert und von den hier tätigen Wissenschaftlern geprägt wurde. Oder anders ausgedrückt, die Gründung des Joanneums markiert den eigentlichen Beginn einer gezielten geologischen Erforschung der Steiermark! Mathias ANKER, der hier im Jahre 1818 den berühmten Friedrich MOHS als Professor der Mineralogie abgelöst hatte, konnte bereits 1829 den Entwurf einer geologischen Karte der Steiermark vorlegen. Es war dies nicht nur die erste geologische Karte des Landes, sondern eine der ersten geologischen Gebietskarten der Welt überhaupt!

Als sich im Jahre 1892, einem allgemeinen Entwicklungstrend folgend, auch am Joanneum die Geologie/Paläontologie von der Mineralogie löste und als selbständige Abteilung entstand, geschah dies zu einer Zeit, als die Einheit der Naturwissenschaften endgültig verloren und aufgegeben worden war und an die Stelle der universell interessierten, gebildeten und begabten Chirurgen/Wundärzte/Mineralogen/Geologen/Paläontologen/Zoologen/Botaniker in jeweils nur einer Person - ich nenne aus der Sicht des Joanneums etwa ANKER, AICHHORN, UNGER - zunehmend Spezialisten zu treten begannen. Gegenwärtig vollzieht sich weltweit die Trennung der Paläontologie als Biowissenschaft von den eigentlichen Geowissenschaften. Die Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau versucht die Einheit - mit einer Spange selbst zu den Montanwissenschaften - für ihren Bereich zu wahren; was jedoch bedeutet, daß drei volle Fachrichtungen zu betreuen sind, wobei die Paläontologie, als Paläozoologie und Paläobotanik gesehen, für sich wieder ein echtes Doppelfach darstellt.

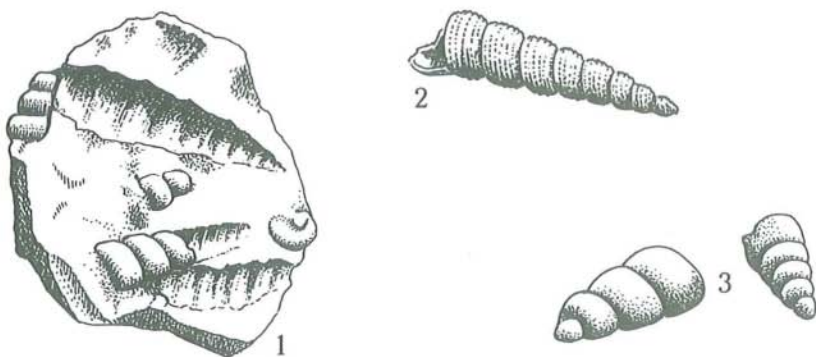
Geologie und Paläontologie - Geschichte der Erde und des Lebens

Die **Geologie (25)** ist die Wissenschaft von der Zusammensetzung, dem Bau und der Geschichte der Erde und von den Kräften, unter deren Wirkung sich die Entwicklung der Erdkruste vollzieht. Sie ist eine beschreibend-erklärende Naturwissenschaft, zugleich aber auch eine historische Wissenschaft, die versucht, aus den Gesteinen, ihren Lagerungs- und Umwandlungerscheinungen und ihrem Fossilinhalt ein Bild von der Geschichte der Erde zu entwerfen.

Nach ihren speziellen Zielsetzungen gliedert sich die Geologie in die Teilgebiete Allgemeine Geologie, Historische Geologie, Regionale Geologie und Angewandte Geologie.

Die **Paläontologie (24)** ist die Lehre von der Entwicklung der Lebewelt in der Erdgeschichte. Sie gliedert sich in die Paläozoologie und die Paläobotanik und ist damit streng genommen eine biologische Wissenschaft.

Geologie und Paläontologie sind bemüht, die Entwicklungsgeschichte der Erde und des Lebens aufzuhellen und darzulegen. Wie jede Geschichtsforschung, so sind auch die Erdwissenschaften zunächst auf das Vorhandensein von Urkunden angewiesen, deren Inhalt eine Aussage über einen gewissen Zeitabschnitt oder Zeitpunkt in der Vergangenheit zulassen. Die wichtigsten dieser Urkunden sind die Fossilien (24), körperliche Überreste, Abdrücke oder Lebensspuren (Fährten (22), Fraßspuren, Wohnbauten) vorzeitlicher Organismen.



Verschiedene Möglichkeiten der fossilen Erhaltung von schalentragenden Tieren: Abdruck (1), Schalenerhaltung (2) und Steinkern (3).



Fährte eines Landsauriers (Chirotherium) im Buntsandstein, Untertrias Thüringen/DDR.

Vieles überliefern uns die Gesteine aber auch unmittelbar, direkt, durch ihre Zusammensetzung, ihr Gefüge, die Eigenart ihrer Lagerung.

Soweit es sich bei den Gesteinen um schichtige Sedimentgesteine handelt, erkannte man schon frühzeitig, daß sie überwiegend am Meeresboden entstanden waren und sich dabei Schicht für Schicht, Bank für Bank übereinander gelegt haben. Bei einer derartigen Entstehungsweise ist es verständlich, daß die unten liegenden Gesteinsplatten die ältesten, die darübergelagerten schrittweise jünger sein müssen. Dies ist auch der Inhalt des grundlegenden **Lagerungsgesetzes (24)**, das der dänische Arzt und Naturforscher Nikolaus Steno 1669 erstmals erkannt und formuliert hatte.

Was nun das Alter der Schichten betrifft, glaubte man lange, aus der Gesteinsbeschaffenheit selbst Schlüsse ziehen zu können. Das kommt etwa in dem leider auch heute noch in österreichischen Schulbüchern üblichen Begriff "Urgestein" zum Ausdruck. Man nahm an, daß gewisse **Leitgesteine** für bestimmte geologische Zeiteinheiten bezeich-

nend seien. Auf diesem Weg stellte der berühmte Abraham Gottlob WERNER an der Wende des 18. zum 19. Jahrhunderts aus seinen Erfahrungen in Mitteldeutschland eine Gliederung auf, die er als allgemeingültig ansah. Bald erkannte man jedoch, daß sämtliche Schichtgesteine mit allen pétrographischen, d.h., ihre Zusammensetzung und Struktur betreffenden Besonderheiten, grundsätzlich in allen geologischen Epochen entstehen können und daß der Gesteinscharakter somit kaum von zeitlichen, sondern vorwiegend von örtlichen Bedingungen abhängt. So entstehen zur gleichen Zeit in verschiedenen Milieus - etwa im Meer, an der Küste, in Seen, Flüssen oder am Festland - ganz unterschiedliche Ablagerungen. Wir sprechen heute in diesem Zusammenhang von unterschiedlicher Fazies, nach obigem Beispiel sonach von mariner, litoraler, limnischer, fluviatiler oder terrestrischer Fazies. Diese unterschiedlichen Ablagerungsräume werden aber auch durch ganz spezifische Tier- und Pflanzenreste charakterisiert (**Faziesfossilien, 29,30,31**).

Es bedeutete daher einen gewaltigen Fortschritt, als William SMITH um 1800 bei Vermessungsarbeiten in Südengland feststellte, daß den verschiedenen aufeinanderfolgenden Schichten ganz bestimmte Versteinerungen eigentümlich sind und daß demnach jede Zeit ihre charakteristischen Faunen besitzen. Er wurde damit zum Begründer jener Disziplin innerhalb der Geologie, die den Zeitfaktor in die geologischen Überlegungen einbezieht und den Wert der Fossilien als Zeitmarken betont. Wir bezeichnen diese "Lehre von der Aufeinanderfolge der Schichten" als **Stratigraphie (24)**. Mit William SMITH war damit der rein auf den Gesteinsunterschieden basierenden Petrostratigraphie die auf Organismen begründete Biostratigraphie gegenübergestellt worden. Damit war es erstmals möglich, das uns heute auf der Erdkruste überall entgegentretende räumliche Übereinander der Gesteine in ein zeitliches Nacheinander rückzuführen und Schichtvergleiche auch über weite Distanzen vorzunehmen.

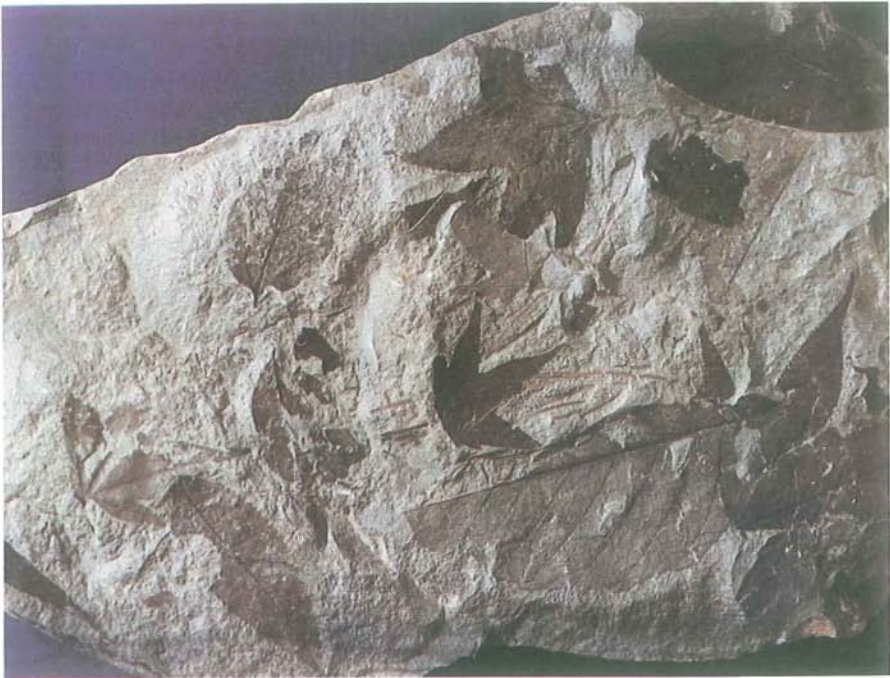
Dabei stellen jene Fossilien die besten Zeitmarken dar, die häufig vorkommen, eine weite Verbreitung über die Erdoberfläche haben, aber nur während kurzer Zeitperioden innerhalb der Erdgeschichte auftreten. Wir nennen derartige Fossilien **Leitfossilien (24,27,28,32)**. Die Altersbestimmungen, die wir mit ihrer Hilfe durchführen können, sind selbstverständlich nur relativ; die Gliederung sagt dann etwa, daß die Schicht mit dem Fossil b jünger ist als der Horizont mit dem Fossil a, andererseits aber älter, als die

darüberliegenden Bänke mit dem Fossil c. Da es in der Erdgeschichte vor allem darauf ankommt, die Reihenfolge einzelner Ereignisse festzuhalten, ist diese Aussage zunächst völlig ausreichend. Auch dort, wo die Biostratigraphie ihre praktische Anwendung findet, wie etwa bei der Aufsuchung und Verfolgung von Lagerstätten der Erze, Kohlen, Salze, des Erdöls usw., spielt das absolute Alter nach Jahreszahlen keinerlei Rolle. Auch hier genügt es, die relative Altersstellung des Horizontes zu ermitteln, an den diese Bodenschätze gebunden sind.

Die zuverlässigste und zugleich modernste Methode zur **Altersbestimmung** der geologischen Zeiträume und zur Feststellung des Alters der jeweiligen Gesteine ist die Messung des radioaktiven Zerfalls bestimmter Elemente in den einzelnen Gesteinen. Mit dieser Methode können wir überdies noch in Zeiten zurückblicken, für die uns sonst aufgrund des völligen Fehlens organischer Reste eine natürliche Grenze gesetzt wäre. Es ist damit außerdem möglich, auch das Alter jener Gesteine festzulegen, die sich nicht als Absatzgesteine gebildet haben und in denen daher schon rein entstehungsmäßig keinerlei organische Reste zu finden sind. Es ist dies die große Masse der Eruptivgesteine, die sich unmittelbar aus dem glutflüssigen Magma gebildet haben.

Mit Hilfe der verschiedenen Methoden der geologischen Zeitrechnung, von denen hier die zwei wichtigsten genannt wurden, gelang es mit zunehmender Exaktheit, das Geschehen der geologischen Vergangenheit übersichtlich zu ordnen. Schon frühzeitig wurden die Gesteinsfolgen in Formationen eingeteilt, worunter Gesteinsfolgen verstanden werden, die sich von den darüber und darunter liegenden durch besondere Merkmale petrographischer, paläontologischer und tektonischer Art unterscheiden. Entsprechend der Raum- und Zeitbezogenheit geologischer Forschung umreißt der Formationsbegriff allerdings auch den Zeitraum, in dem diese Gesteinsfolge entstand. Mit Hilfe des Fossilinhaltes konnte man die Schichtfolgen zeitlich ordnen und in eine erdgeschichtliche Zeittafel, die **Formationstabelle (28,32)** eingliedern. Dabei wurden die Formationen zu Erdzeitaltern zusammengefaßt und andererseits in Abteilungen, Stufen und Zonen unterteilt. Aufgrund der größeren Fundhäufigkeit, der höheren stammesgeschichtlichen Entwicklungsgeschwindigkeit und der damit jeweils kürzeren Lebensdauer der einzelnen Arten, Gattungen usw. basiert die Erdzeitgliederung in erster Linie auf tierischen Fossilien. Auf dieser Grundlage werden - ähnlich wie in der Menschheitsgeschichte - drei

Millionen Jahre	ZEIT TABELLE		Trilobiten	Graptolithen	Brachiopoden	Ammoniten	Muscheln	Schnecken	Säugetiere
2	Erdneuzeit Känozoikum	Quartär							
		Tertiär							
70	Erdmittelalter Mesozoikum	Kreide							
140		Jura							
180		Trias							
225		Perm							
270	Erdaltertum Paläozoikum	Karbon							
350		Devon							
400		Silur							
460		Ordovicium							
520		Kambrium							
600	Präkambrium								



Fossile Pflanzen aus dem Tertiär, Pannon, Gniebing/Steiermark

große **Erdzeitalter** oder Ären unterschieden: das Paläozoikum oder Erdaltertum (Zeitalter der Wirbellosen), das Mesozoikum oder Mittelalter der Erde (Zeitalter der Reptilien) und das Känozoikum oder Neozoikum, die Erdneuzeit (Zeitalter der Säugetiere).

Es ist ein bekanntes Phänomen, daß die pflanzliche Entwicklung der tierischen vorausseilt und daß sich die großen **Faunenschnitte** in der Erdgeschichte mit den **Florenschnitten** (32) nicht decken. Damit stimmt auch die auf Pflanzenfossilien beruhende Gliederung der Erdgeschichte nicht mit der auf tierischen Fossilien basierenden überein. Nach den Hauptepochen der Pflanzenentwicklung unterscheidet man ein Paläophytikum (Entfaltung der höheren Sporenpflanzen), ein Mesophytikum (Entfaltung der Nacktsamer) und ein Neophytikum oder Känophytikum (Entfaltung der Bedecktsamer).

Schließlich läßt sich die Gliederung der geologischen Vorzeit aber auch auf bedeutende erdgeschichtliche Ereignisse begründen, z.B. auf die großen Gebirgsbildungsphasen. Wir kommen auch damit zu klar umrissenen, jedoch wieder

anders begrenzten Einheiten: Kaledonische Ära, Variscische Ära, Alpidische Ära.

Die Formationstabelle machte im Zuge der geologischen Forschung einen starken Wandel durch, der sich deutlich in ihren Namen widerspiegelt. So gibt es zwar eine Tertiär- und Quartärformation, aber schon lange keine Primär- und Sekundärformation mehr. Eine Reihe von Namen sind von Landschaften entlehnt (z.B. Kambrium, Devon, Perm, Jura), andere von Volksstämmen (Ordovizium, Silur), wieder andere entstammen dem Bergbau (Karbon-Steinkohlenformation, Rotliegendes, Zechstein), je nachdem, wo und weshalb die betreffende Formation zuerst für die Geologie Bedeutung gewann. Dieser Wandel bedeutet zugleich aber auch eine stete Verfeinerung; die letzte bestand schließlich darin, daß sich mit Hilfe der radioaktiven Zeitrechnung auch das absolute Alter der Formationen errechnen ließ, womit die Formationstabelle erst zu einem vollgültigen historischen Dokument wurde.

Wenn wir nun einen kurzen Streifzug durch die Erdgeschichte antreten, so wollen wir damit erst zu dem Zeitpunkt beginnen, als reichere Funde von Organismenresten eine entwicklungsgeschichtliche Ausdeutung dieser Organismen erlauben. Es sind dies die letzten 600 Millionen Jahre der Erdgeschichte seit dem Eintritt in das Paläozoikum. Wir müssen uns allerdings dessen bewußt bleiben, daß wir damit erst in das letzte Viertel jener gewaltigen Zeitspanne hineinleuchten, aus der vereinzelt Funde schlaglichtartig bereits die Existenz ungleich älteren organischen Lebens auf der Erde nachweisen. Und wir müssen überdies lernen, **zeitliche Dimensionen** als Realität zu akzeptieren, die, wie es der deutsche Paläontologe H.K.ERBEN treffend ausdrückte, "ebenso außerhalb der Sphäre der durch unsere Sinne und persönlichen Erfahrungen erfassbaren Dimensionen bleiben wie etwa das Ångström (= 1/10,000.000 mm) als extrem kleine und das astronomische Lichtjahr (= $9,46 \times 10^6$ km = 9,46 Billionen km) als überwältigend große Einheit".

Ein sehr einprägsames Gedankenspiel, um die gewaltigen Zeiträume der Erdgeschichte und der Entwicklung des Lebens zumindest den Relationen nach vorstellbar zu machen, ist folgendes:

Setzen wir in der **Geologischen Uhr** (27) das Alter der Erde - ca. 5000 Millionen Jahre - einer vollen Umrundung des Stundenzeigers einer Uhr - 12 Stunden - gleich, so entsprechen einer Stunde ca. 400 Mill. Jahre, einer Minute 6,6 Mill. Jahre und einer Sekunde 110.000 Jahre.



00:00:00 = vor 5000 Millionen
Jahren
10:25:00 = vor 600 Millionen
Jahren
11:25:00 = vor 225 Millionen
Jahren
11:50:00 = vor 70 Millionen
Jahren
11:59:59 = vor 40.000 Jahren

Entstehung der Erde

Beginn des Paläozoikums
(Erdaltertums)

Beginn des Mesozoikums
(Erdmittelalters)

Beginn des Känozoikums
(Erdneuzeit)

Der Homo sapiens, der
vernunftbegabte Mensch,
übernimmt die Herrschaft

Leitfossilien der Erdgeschichte

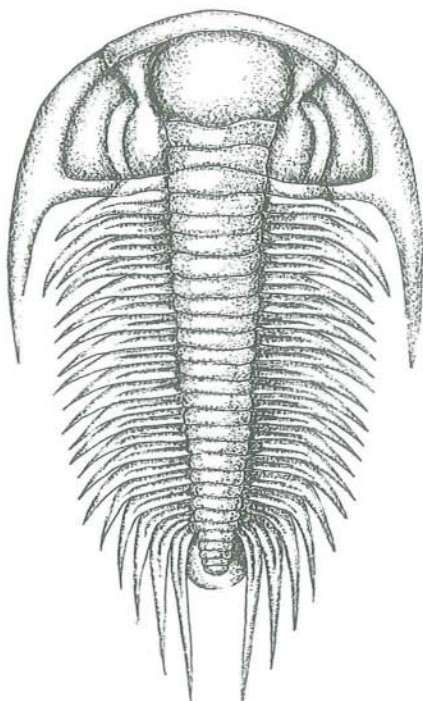
Paläozoikum - Erdaltertum (27,28,32,33-46)

Die Untergrenze des **Paläozoikums** (Erdaltertum 600-225 Mill.J.) legt man i.allg. an die Unterkante der ersten fossilreichen Schichten. Die Tatsache, daß zu Beginn des Kambriums, als der tiefsten der paläozoischen Formationen, die Lebewelt schon reich entfaltet war, führte notwendigerweise zu dem Schluß, daß die Entstehung des Lebens schon im Präkambrium zu suchen ist. Deshalb wurde dem Paläozoikum das Eozoikum oder Proterozoikum (Frühzeit des Lebens) und das Archaeozoikum (Urzeit des Lebens) vorangestellt.

Eine der Ursachen für die mit dem **Kambrium** (27,28) so plötzlich einsetzende Fossilhäufigkeit ist darin zu suchen, daß den Organismen in vorkambrischer Zeit feste und damit erhaltungsfähige Hartteile noch fehlten.

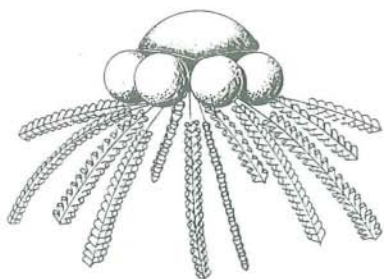
Die Tierwelt des Kambriums unterscheidet sich stark von unserer heutigen. So fehlen nicht nur die Landtiere völlig, sondern auch marine Wirbeltiere. Alles Tier- und Pflanzenleben spielte sich im Meer ab. Die Hauptmasse der Fossilien stellen neben den heute stark zurücktretenden Brachiopoden (28,34,35), das sind muschelähnliche Armfüßer, vor allem die asselartigen Trilobiten (32,34,35), die mit mehr als 250 bekannten Gattungen die weitaus wichtigsten Leitfossilien dieser Zeit darstellen.

Auch im folgenden **Ordoviciu**m bildeten Trilobiten und Brachiopoden die Hauptmasse der Organismen (28,34,35). Erstmals treten uns auch Korallen (34,35) und die gleich



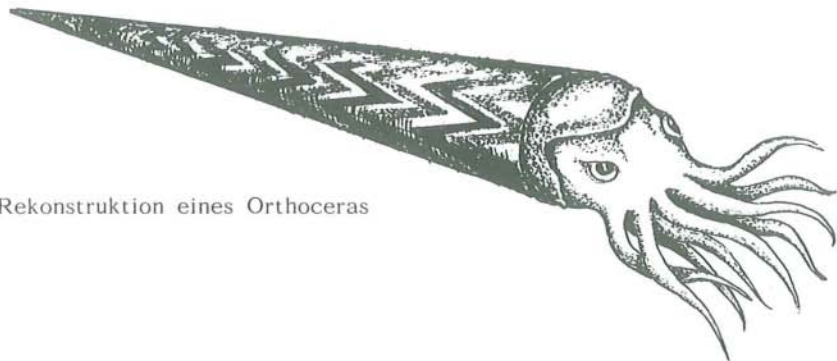
Trilobit (Paradoxides) aus dem Kambrium

Tangen der heutigen Meere passiv driftenden Graptolithen (28,34,35) entgegen. Es ist dies eine Gruppe polypenähnlicher, koloniebildender Tiere, die lange Zeit völlig rätselhaft war. Was uns erhalten ist, sind kleine, meist nur wenige cm lange, zarte Skelettelemente, deren Gestalt bald an feine Laubsägeblätter erinnert, bald wieder Keilschriftzeichen ähnelt. Charakteristische und relativ schnell ablaufende Formänderungen, die offenbar einem nach gewissen Regeln ablaufenden Entwicklungstrend gehorchen, machen diese im Karbon ausgestorbene, in den Weltmeeren des Ordoviciums und Silurs aber weit verbreitete Tiergruppe zu ausgezeichneten Leitfossilien dieser Zeit.



Rekonstruktion einer
Graptolithenkolonie

Im Ordoviciun erscheinen auch die ersten Wirbeltiere, primitive, kieferlose, fischähnliche Formen, die im folgenden Silur einen kräftigen Außenpanzer entwickeln. Im übrigen ist das Silur durch eine abnehmende Bedeutung der Trilobiten charakterisiert. Häufig finden sich mit den Orthoceren geradegestreckte Vertreter der Kopffüßer (34,35). Ein ihnen nahe Verwandter, der einzige beschaltete Tintenfisch der Gegenwart, lebt heute gleichsam als "lebendes Fossil" weiter; es ist der Nautilus, das "Papierboot" oder "Perlboot" der heutigen Südsee (52)! Erstmals treten im Silur Korallenriffe in größerer Verbreitung auf. Ihre Verteilung entspricht jedoch in keiner Weise der heutigen. Da riffbauende Korallen an warme, äquatoriale Meere gebunden sind, müssen wir annehmen, daß die Kontinente damals eine



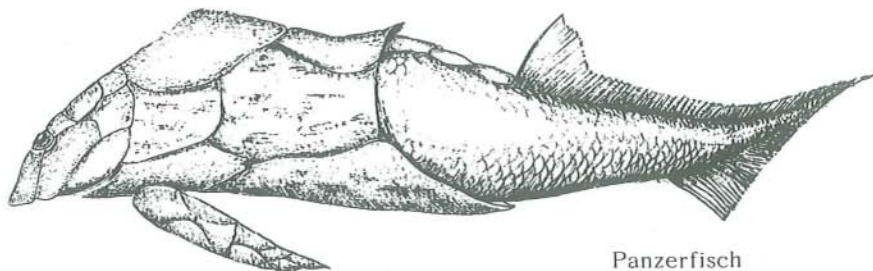
Rekonstruktion eines Orthoceras

Goniatiten und Orthoceren (Kopffüßer), Mitteldevon, Marokko ➔



andere Lage zum Äquator einnehmen als heute. Erdgeschichtlich betrachtet sind die Korallen also eine sehr alte Tierklasse, die besonders durch ihre Fähigkeit Riffe zu bauen geologisch interessant ist. Dazu kommt der Umstand, daß die Rifff Korallen durch ihre Milieuabhängigkeit sehr wertvolle und empfindliche Anzeiger bestimmter Wassertemperaturen um 25°C, bestimmter Wassertiefen von max. 100, optimal 20 m und auch eines bestimmten Salzgehaltes des Meerwassers sind. Sie liefern uns damit wertvolle Hinweise zur Rekonstruktion ehemaliger Meeresräume und ihres Küstenverlaufes. Wissenschaftliche Untersuchungen fossiler Korallenfaunen lassen aber nicht nur Rückschlüsse auf die klimatischen Verhältnisse, die Verteilung von Land und Meer, die Salinität und Temperatur des Meerwassers, den Verlauf der Riffgürtel vor Jahrmillionen zu. Forschungsergebnisse an devonischen Korallen erlauben darüberhinaus den Schluß, daß das Erdjahr zu dieser Zeit vor etwa 400 Millionen Jahren nicht so wie heute 365, sondern über 400 Tage gehabt hat.

Die Tierwelt des über dem Silur folgenden Devon ist durch das erste Auftreten von Knorpelfischen und Knochenfischen, im höheren Devon bereits von Amphibien, charakterisiert. Damit fällt in diese Zeit die Eroberung des



Panzerfisch

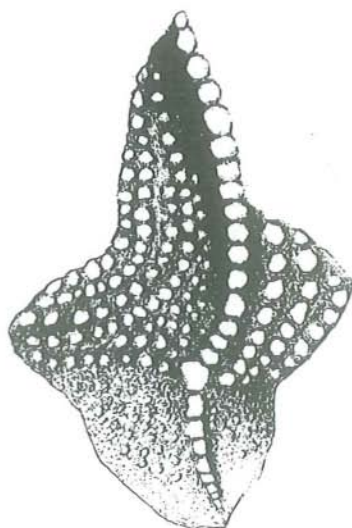
Festlandes durch die Tierwelt, nachdem die Pflanzen bereits mit den primitiven Psilophyten (Nacktpflanzen) seit dem Ordoviciu m mehr und mehr auf das Festland vorgedrungen waren. Die Hauptmasse an Fossilien stellen aber nach wie vor die bereits bekannten Gruppen wie Korallen, Brachiopoden, die mit den Spiriferen (35) wichtige Leitfossilien stellen, und auch die Cephalopoden (Kopffüßer) mit Vorläufern der im Erdmittelalter so wichtigen Ammoniten (34,35,39). Für stratigraphische Zwecke wurden mit den millimetergrossen, zäh nchenartigen Conodonten eine Gruppe von Mikrofossilien wichtig, über deren genetische Stellung und Funktion zwar kaum etwas bekannt ist, deren weltweite Verbreitung



Spirifer verneuili (Brachiopode), Devon, Baraux/Belgien

und Horizontbeständigkeit sie jedoch zu ausgezeichneten Leitfossilien macht (46).

War das Devon im großen gesehen eine Zeit der Meeresvorherrschaft, so kam es im Verlauf der nun folgenden Karbonzeit in Mitteleuropa durch gebirgsbildende Vorgänge zu einer tiefgreifenden und weiträumigen Umgestaltung der Land-Meerverteilung und damit im Zusammenhang zu einem gewaltigen Aufschwung der Pflanzenwelt, insbesondere der Landpflanzen; Bärlappgewächse, Farne und Schachtelhalme erreichten Baumgröße und wurden Anlaß zur Entwicklung gewaltiger Steinkohlenwälder (32,34, 35,45). In der Tierwelt fällt in diese Zeit das erste Auftreten von Reptilien. In den Meeresablagerungen sind als Leitfossilien vor allem Korallen, eine Gruppe der Brachiopoden,



Palmatolepis (Conodont),

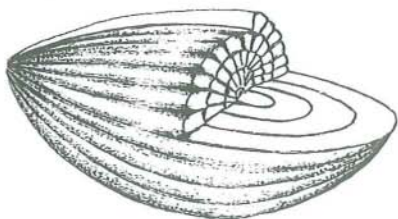
Oberdevon, Vergr. ca. 200x



Steinkohlenwaldrekonstruktion von Josef Kuwasseg nach Angaben von Franz Unger (Aquarell, Mitte 19.Jh., Neue Galerie)

nämlich die Gattung *Productus*, und erstmals die später im Perm besonders verbreiteten Großforaminiferen (Fusuliniden) (35,46), das heißt, eine Gruppe der einzelligen Protozoen (Urtierchen), bedeutungsvoll (35).

Im Perm beginnt sich die Entwicklung eines neuen Absenkungstages abzuzeichnen, aus dem später u.a. auch die Alpen entstehen sollten. Die Fauna dieser Zeit ist durch das Auftreten aberranter, das heißt fehlentwickelter, Brachiopodengattungen (korallenähnliche *Richthofenia*), die kräftige Weiterentwicklung großwüchsiger Foraminiferen (Fusulinen werden gesteinsbildend!) charakterisiert. Die Trilobiten hatten hier ihre letzten Vertreter.

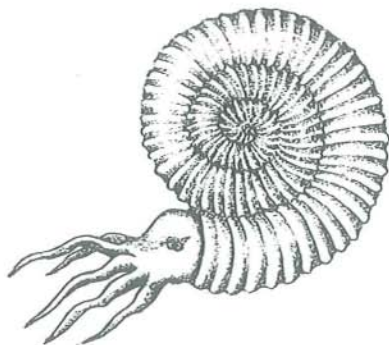


Schnitt durch eine Fusuline
(Großforaminifere)

Wird in der Tierwelt der Übergang vom Paläozoikum ins Mesozoikum, der besonders durch das starke Aufblühen der Reptilien gekennzeichnet ist, erst am Ende des Perm vollzogen, so liegt der Übergang der aus dem Karbon bekannten Vorherrschaft der Höheren Sporenpflanzen (Pteridophyten) zur Herrschaft der Nacktsamer (Gymnospermen) mitten im Perm, zwischen Rotliegendem und Zechstein (32).

Mesozoikum - Erdmittelalter (27,28,32,47-60)

Das Mesozoikum (Erdmittelalter, 225-70 Mill.Jahre) beginnt mit einer Ablagerungsfolge, die an vielen Stellen der Erde eine deutliche Dreigliederung zeigt. Diese älteste Formation des Erdmittelalters wurde daher als Trias bezeichnet. Kennzeichnend für die Lebewelt dieser Zeit ist das Erlöschen alter und das Auftreten völlig neuer oder zumindest tiefgreifend veränderter Organismengruppen. So treten bei den Korallen die Hexakorallen an die Stelle der Tetrakorallen, die Tabulaten sterben aus (47,48,53,54,56). Die im Paläozoikum herrschenden Brachiopoden (48,54,55,59) treten immer mehr gegenüber den Muscheln zurück. Bei den Kopffüßern treten die Ammoniten endgültig ihre Herrschaft an, die sie während des gesamten Mesozoikums behalten sollten. Ihre versteinerten Reste wurden oft mißdeutet, z.B. weist der Name "Schlangensteine" auf eine derartige Fehldeutung als eingerollte Schlange. Die Bezeichnung "Ammoniten" oder "Ammonshörner" leitet sich vom ägyptischen Gott Ammon ab, dessen Widderkopf mit den gewundenen Hörnern zu einem Vergleich anregte. Eine bemerkenswerte, für die systematische und zeitliche Gliederung gleich wesentliche Eigenschaft der Ammonitenschale ist die Ausbil-



Ammoniten: Schnitt durch ein Gehäuse und Rekonstruktion



dung einer sogenannten Lobenlinie. Wir verstehen darunter die Anwachsline der Kammerscheidewände an die äußere Gehäusewand. Trotz der Formenvielfalt dieser Lobenlinie können wir grundsätzlich 3 Typen unterscheiden, die auch in stammesgeschichtlicher Hinsicht eine Entwicklungsreihe darstellen (47,48,52,55,56,58,59).

Eine andere Gruppe von Tieren, die bereits die paläozoischen Meere bevölkert hatte und auch in den heutigen noch vertreten ist, trat in den Meeren der Trias mit besonderer Formenvielfalt auf. Es sind dies die zu den Stachelhäutern zählenden Crinoiden, überaus grazile Versteinerungen, die ihren Namen "Seelilien" (5,47,55,59) mit vollem Recht führen. Sie traten oft in solcher Masse auf, daß ihre fossilen Reste gesteinsbildend sind.

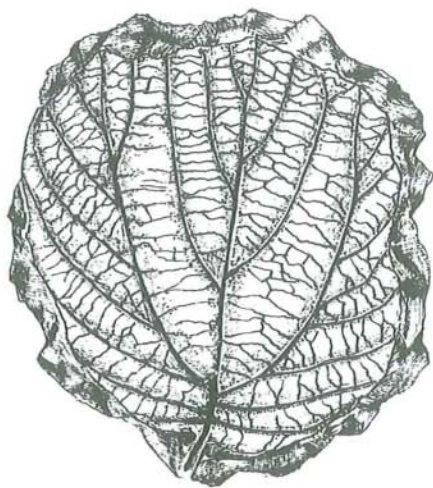
Unter den Wirbeltieren entfalten die Reptilien eine rasche Formenfülle, zum ersten Mal traten auf den Hinterbeinen schreitende Dinosaurier auf. Auch die ersten Säugetiere stammen aus dieser Zeit. In der folgenden Jurazeit zeigen die Wirbeltiere weiterhin große Fortschritte. Im Meer und auf dem Lande herrschten die Reptilien in z.T. gewaltig großen Arten, einzelne Gruppen, wie die Pterosaurier (Flugsaurier), eroberten als erste unter den Wirbeltieren in dieser Zeit den Luftraum. Als Konkurrent tritt hier jedoch mit dem berühmten Urvogel Archaeopteryx auch schon der erste echte Vogel auf (1,2,3,4,7).



Archaeopteryx (Urvogel)

Für stratigraphische Zwecke wichtiger, da auch viel häufiger, sind jedoch die Wirbellosen. Hier finden sich besonders die Mollusken in großer Formenvielfalt, eine besondere Blütezeit erlebten die Ammoniten. Sie zeichnen sich durch rasche Fortentwicklung, Kurzlebigkeit ihrer Arten und Gattungen und weltweite Verbreitung aus. Sie stellen somit für diese Zeit ideale Leitfossilien dar und erlauben eine Gliederung der Jurazeit in 32 Ammonitenzonen (47,48, 54,58).

Über den Ablagerungen des Jura folgt als letzte Formation des Mesozoikums die Kreide. Biologisch bedeutet die Kreide das Ende des Mesozoikums. Sie ist gekennzeichnet durch das Aussterben zahlreicher Organismengruppen und das erste sichere Auftreten von Blütenpflanzen. Bereits in der unteren Kreide erscheinen die ersten Bedecktsamer (Angiospermen), die seither der Flora das Gepräge geben. Es endet damit innerhalb der Kreide das Mesophytikum und es beginnt das Känophytikum (32).

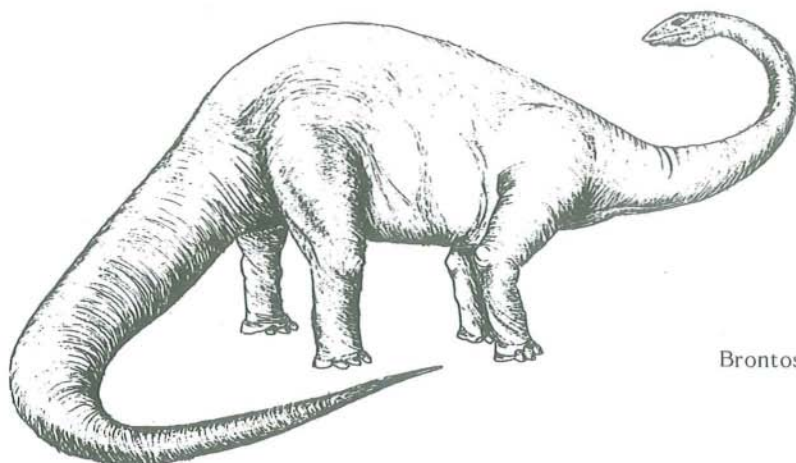


Credneria-Blatt, Kreide

Unter den weiterhin wichtigen Ammoniten kommt es ähnlich wie bei den Brachiopoden zu Ende des Paläozoikums, zu zahlreichen Fehl- und Rückentwicklungen, sowohl hinsichtlich der Gehäuseform und des Gehäusebaues (Kreideceratiten), wie auch hinsichtlich der Größe (Pachydiscus sappenradensis mit 2,5 m Ø, Baculites). Die mit den Ammoniten am Ende der Kreidezeit aussterbenden Belemniten haben in der Oberkreide große Bedeutung als Leitfossilien. Ähnliches gilt für eine Muschelgruppe mit abnorm ungleichklappigen Schalen, die Rudisten (Hippurites) (56) und für eine zweite, sehr dickschalige, Muschelgattung, die Inoceramen. In den Hippuritenriffen, die sich in den Oberkreideablagerungen der Ostalpen häufig finden, sitzen die Individuen oft wie Orgelpfeifen nebeneinander. Unter den Schnecken sind u.a. die dickschaligen Gattungen Actaeonella (56) und Nerinea (56) von Bedeutung.

Bei den Wirbeltieren entfalten sich die Reptilien gewaltig. Insbesondere die Landsaurier entwickelten kurz

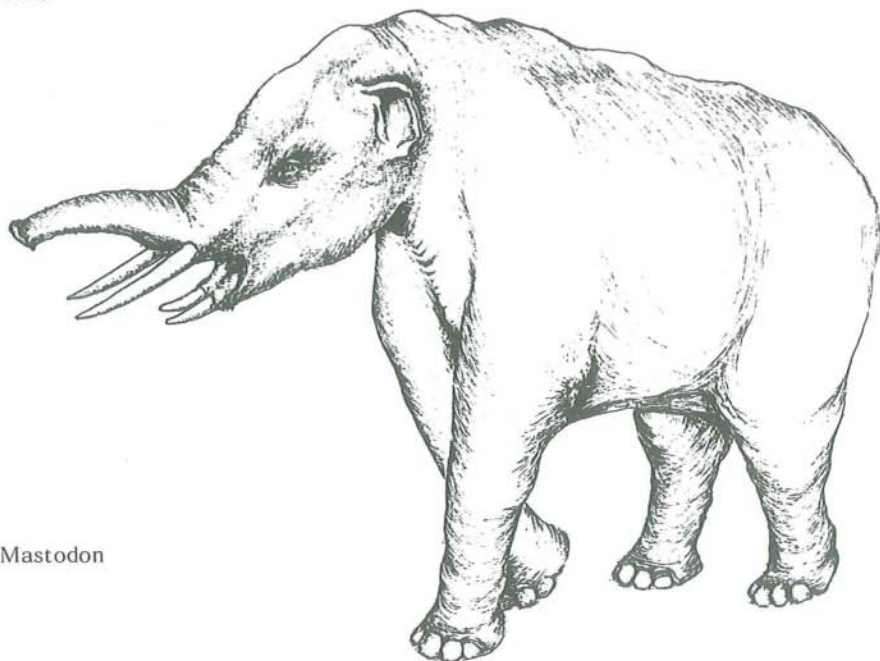
vor ihrem Aussterben am Ende der Kreidezeit ihre mächtigsten Formen (Tyrannosaurus 13 m lang; Brontosaurus 30 m) (2).



Brontosaurus

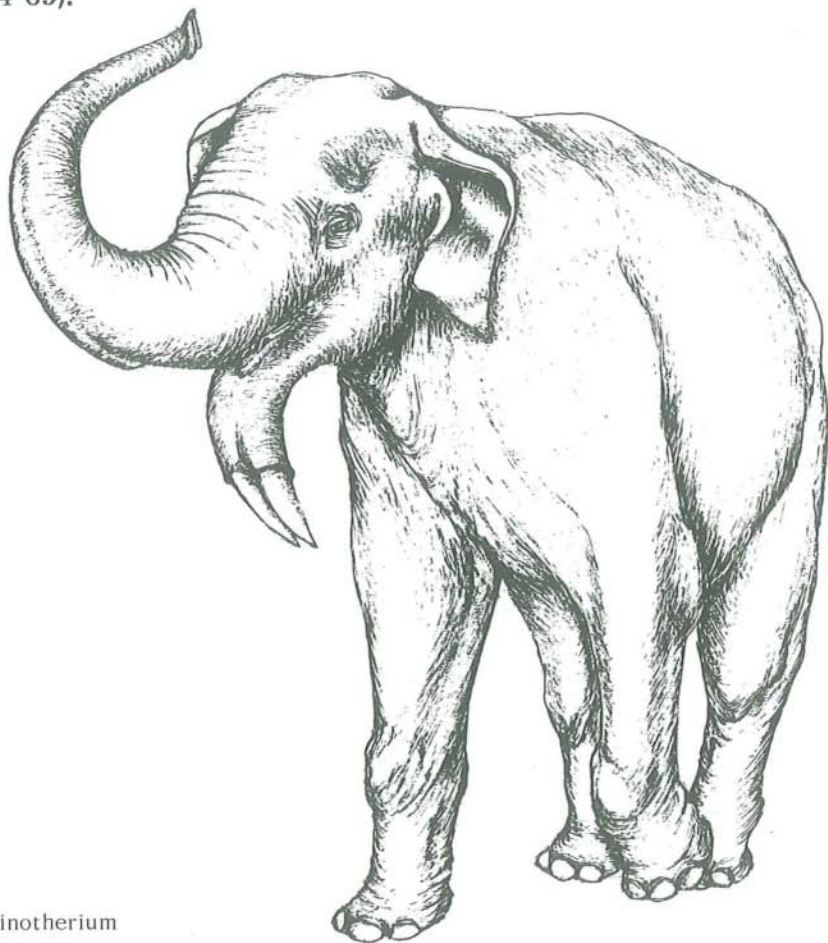
Känozoikum - Erdneuzeit (27,28,32,61-85)

Mit dem Tertiär treten wir in die Neuzeit der Erdgeschichte, in das Känozoikum (70 Mill.Jahre vor heute) ein.



Mastodon

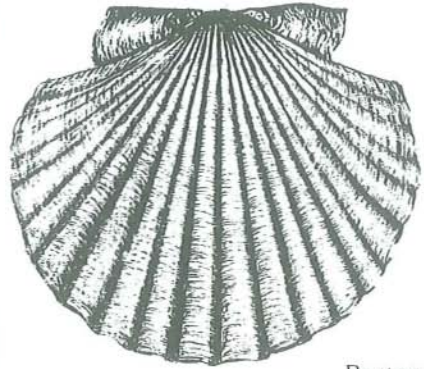
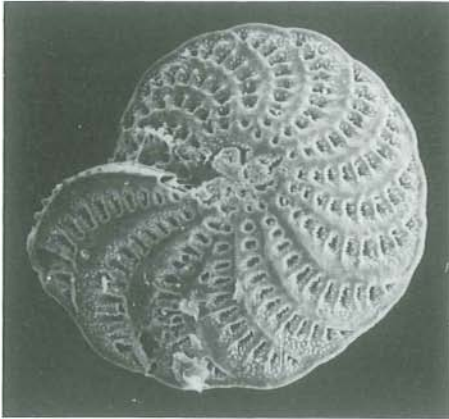
In der Entwicklung der Lebewelt treten neue Züge hervor. Der große Einschnitt in der Geschichte der Tierwelt steht an der Schwelle zum Känozoikum. Es ist die reiche und geradezu explosive Entwicklung der Säugetiere im Tertiär, welche damit den Platz der schwindenden und teilweise ausgestorbenen Reptilien einnehmen (z.B. Entwicklungsreihe der Urrüsseltiere - Mastodon, Dinotherium (28,63,65,66, 74-85).



Dinotherium

In den Meeresablagerungen stellen die Protozoen mit den Foraminiferen, wie schon mehrmals in der Erdgeschichte, wieder wichtige Leitfossilien (69). Wie im Perm die Fusulinen werden jetzt die Nummuliten, eine andere Gruppe von Großforaminiferen, sogar gesteinsbildend; die auch als "Münzen- oder Linsensteine" bezeichneten, münzen-

förmigen Nummuliten erreichen Größen bis 12 cm, was, mit Rücksicht darauf, daß es sich um einzellige Organismen handelt, besonders bemerkenswert erscheint. Von noch größerer Bedeutung sind allerdings zahlreiche Gattungen und Arten von Kleinforaminiferen; stellen ihre winzigen Gehäu-



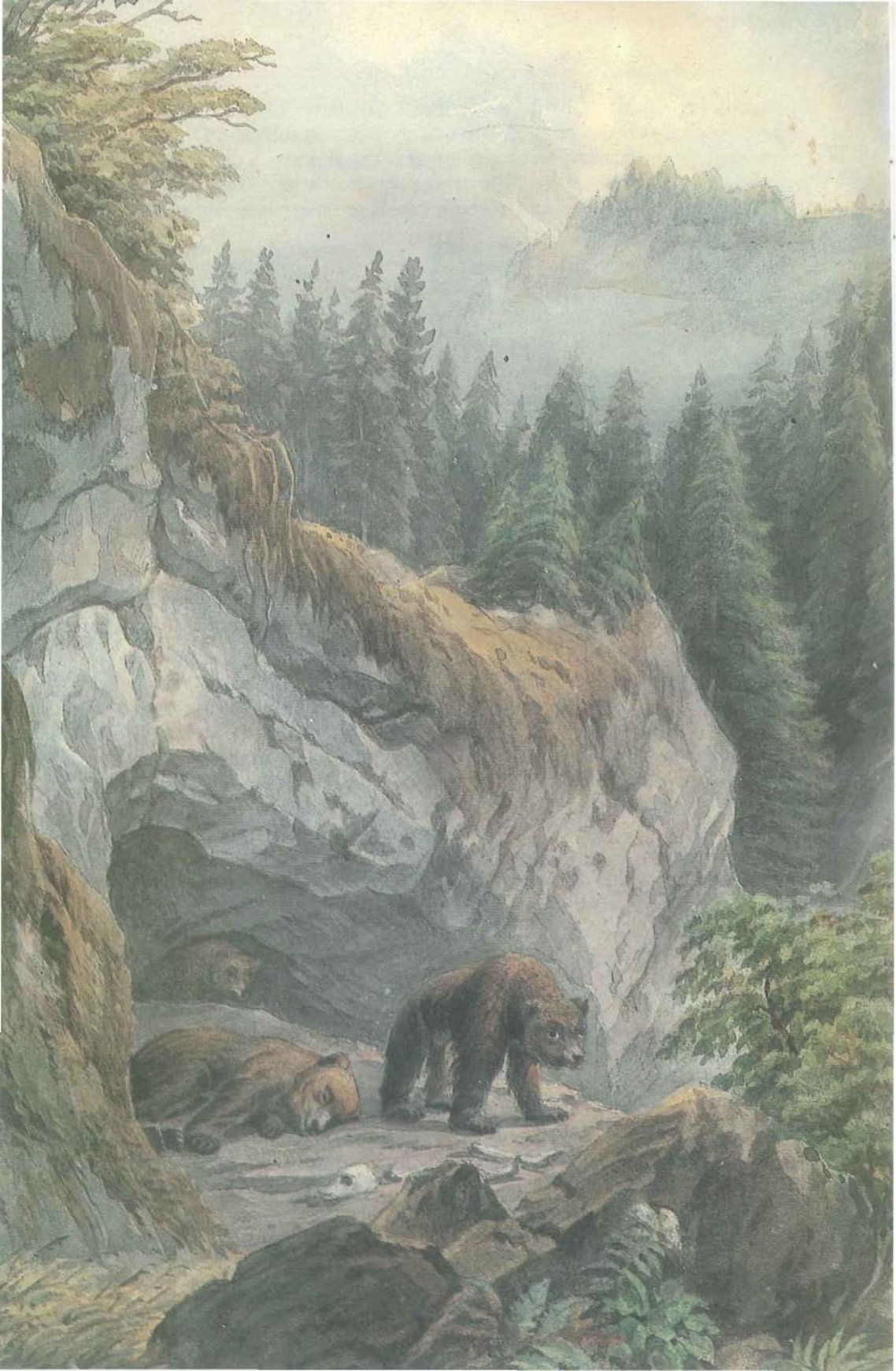
Pecten

Elphidium (Foraminifere), Jungtertiär, Steinbruch Weißenegg, Vergr.ca. 50x

se doch wichtigste Zeitmarken etwa für die Erdölgeologie dar, da sie auch noch in den Bohrkernen oder im Bohrschlamm gefunden werden können. Unter den Mollusken treten Muscheln und Schnecken hinsichtlich ihrer Häufigkeit und ihres Leitwertes für die Stratigraphie an die Stelle der ausgestorbenen Ammoniten. Von den Stachelhäutern sind die Seeigel häufig. Fische bzw. ihre Reste, wie z.B. Hai-fischzähne, stellen häufige Funde dar (66,70).

Die letzte erdgeschichtliche Formation, das Quartär (27,28,32,87-103), nimmt in mehrfacher Hinsicht eine gewisse Sonderstellung ein. Einmal ist sie mit rd. 2 Mill. Jahren Dauer die weitaus kürzeste und zum anderen erhielt sie durch die Spuren einer weltweiten Vereisung ihr besonderes Gepräge. Temperaturen, die allgemein gesehen etwa um 4°, lokal wohl bis 13° unter den heutigen Werten lagen, führten zu einer Vergletscherung, die mit rund 45 Mill. km² die etwa dreifache Flächenausdehnung gegenüber den gegenwärtigen Verhältnissen erreichte.

Es ist dies im Pleistozän (Diluvium) allerdings nicht die erste Vereisung in der Erdgeschichte. In einem zeitlichen Abstand von jeweils mehreren hundert Millionen Jahren treten uns drei große, erdumfassende Vereisungsepochen entgegen.





Mammut (Gemälde von Franz Roubal 1952)

Die Tierwelt war dem Klima angepaßt: In den Steppen herrschte das Mammut, der Steppenelefant und das wollhaarige Nashorn. In den Höhlen Höhlenbär und Höhlenlöwe (87-90,93-99).

Eine besondere Bedeutung erreicht das Quartär schließlich auch dadurch, daß in seinen Schichten erstmals Überreste des modernen Menschen auftreten. In weit größerer Zahl als menschliche Skeletteile sind die aus Stein und Knochen gefertigten Werkzeuge erhalten, sodaß erstmals menschliche Kulturstufen zur Einteilung einer erdgeschichtlichen Epoche verwendet werden können (100).

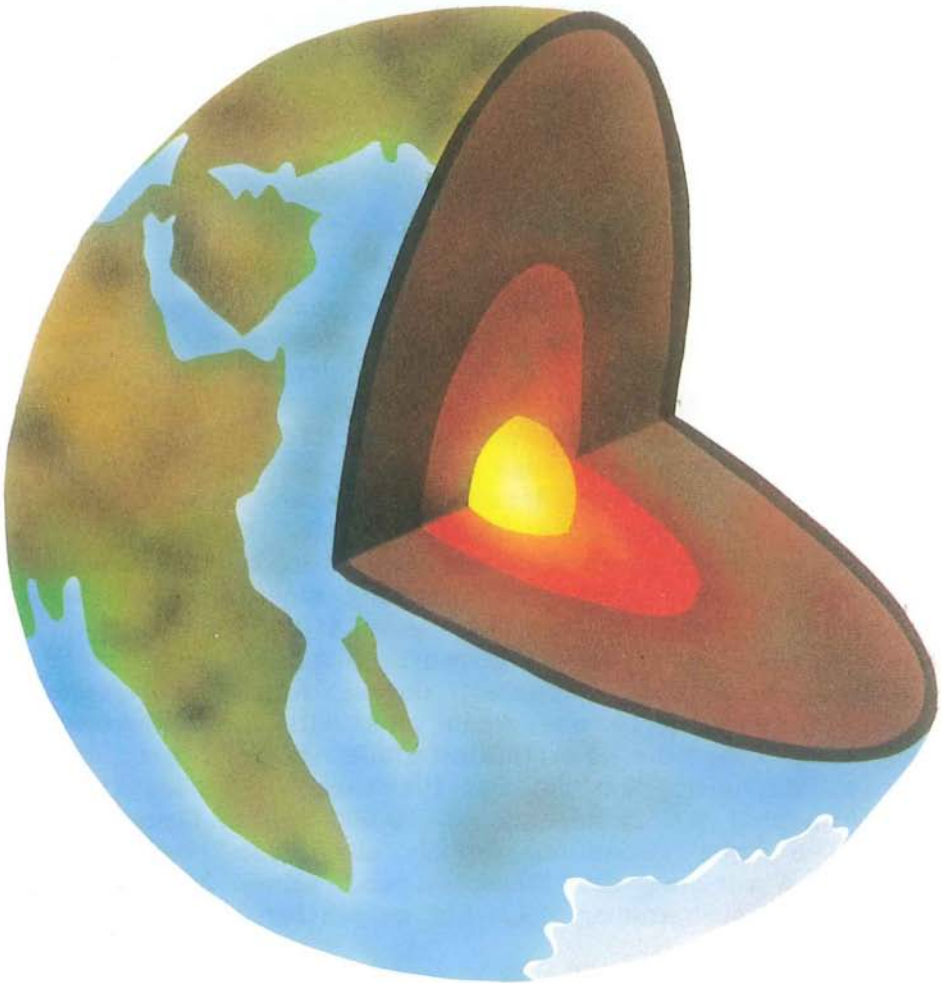
Je näher wir der Gegenwart kommen, desto mehr Einzelheiten werden erkennbar; daraus folgt andererseits auch eine gesteigerte und wenn man will überbewertende Bedeutung, die die Formationstabelle insbesondere dem letzten Abschnitt, dem auf das Pleistozän folgenden Holozän (Alluvium) mit seinen nur rd. 10.000 Jahren Dauer beimißt. Die hohe Bedeutung jedoch, die diese Nacheiszeit für den Werdegang des Menschen und seiner Kultur hat, läßt diese Überbetonung doch als gerechtfertigt erscheinen (101-103).

← Höhlenbären (Aquarell von Adolf Mayer 1869)

Geologische Kräfte - Gestalter unserer Erde

Die Kräfte, die auch heute noch die Erdkruste ständig verändern, entstammen entweder der Erde selbst (**endogene Kräfte**) oder wirken von außen her (**exogene Kräfte**) auf sie ein. Der Motor für die endogenen Kräfte ist im schalenförmigen Aufbau unserer Erde begründet, das exogene Geschehen wird durch atmosphärische Einflüsse gesteuert.

Schalenbau der Erde (10)



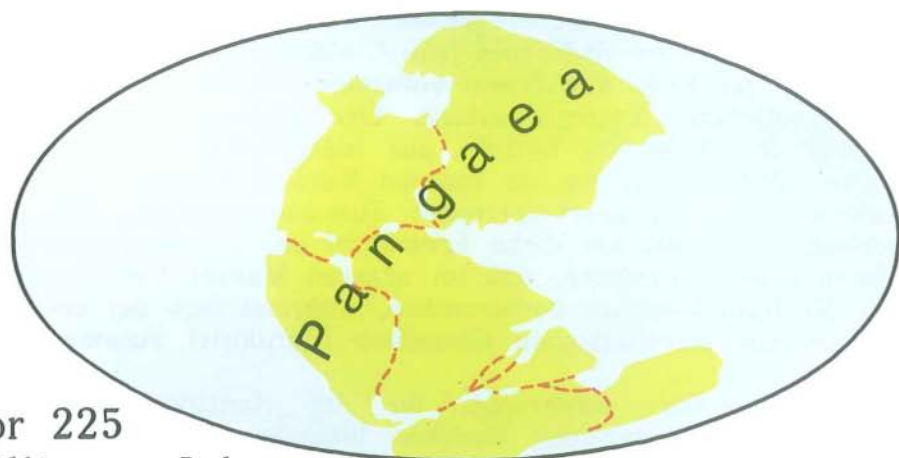
Die unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit von Erdbebenwellen im Erdkörper deutet auf einen schalenförmigen Bau der Erde mit Zonen verschiedener Dichte und unterschiedlichem Aggregatzustand. Der **Erdkern** mit einem Radius von 2900 km besteht aus metallischem Eisen und Nickel (Nife-Kern), die im inneren Kern in festem und im äußeren Kern in geschmolzenem Zustand vorliegen. Daran schließt der 2800 km dicke **Erdmantel** an. Geophysikalische Daten lassen vermuten, daß im unteren Mantel Metalloxide und Hochdrucksilikate vorherrschen, während sich der obere Mantel aus ultrabasischen Gesteinen (Peridotit) zusammensetzt.

Die **äußere Erdkruste**, die im Kontinentalbereich 30 - 50 km, unter den Ozeanen hingegen nur einige km dick ist, gliedert sich materialmäßig in die Unterkruste (ozeanische Kruste) mit Silizium/Magnesium reichen Gesteinen (Sima) und die spezifisch leichtere Oberkruste (kontinentale Kruste) mit Silizium/Aluminium reichen Gesteinen (Sial).

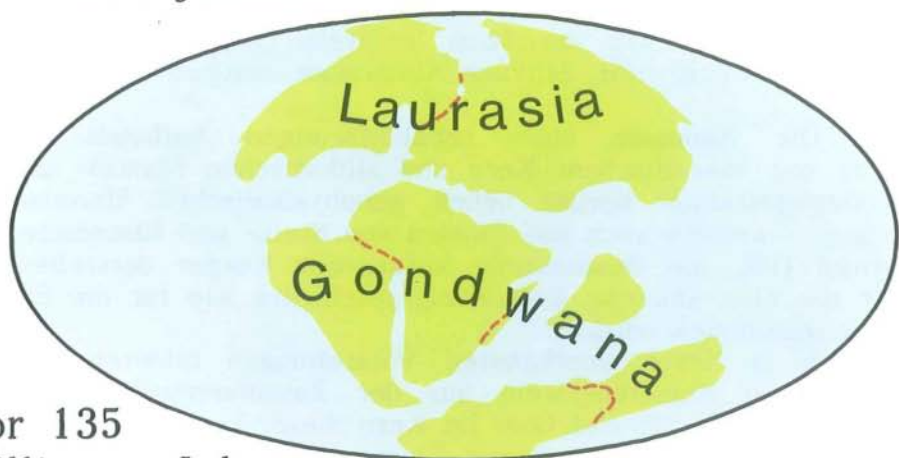
Die Annahme eines schalenförmigen Aufbaues der Erde mit metallischem Kern und silikatischen Mantel- und Krustengesteinen beruht neben geophysikalischen Untersuchungen weiters auch auf Funden von **Stein- und Eisenmeteoriten (10)**, die Bestandteile kosmischer Körper darstellen, für die eine ähnliche Entstehungsgeschichte wie für die Erde angenommen wird.

Nach heute anerkannten Vorstellungen bildeten sich **Sonne und Planetensystem** aus der Zusammenballung von kosmischem Staub und Gas. Im Kern dieser kosmischen Wolke zogen sich die leichteren Elemente, hauptsächlich Wasserstoff und Helium, zur langsam erhitzenden Ursonne zusammen. Im äußeren Wirbelsystem kondensierten die schwereren Elemente und verdichteten zu Planeten. Bei der Abkühlung der Urplaneten erfolgte infolge der unterschiedlichen Dichte der Materie durch Aussaigerungsvorgänge die Anlage des Schalenbaues der Planeten.

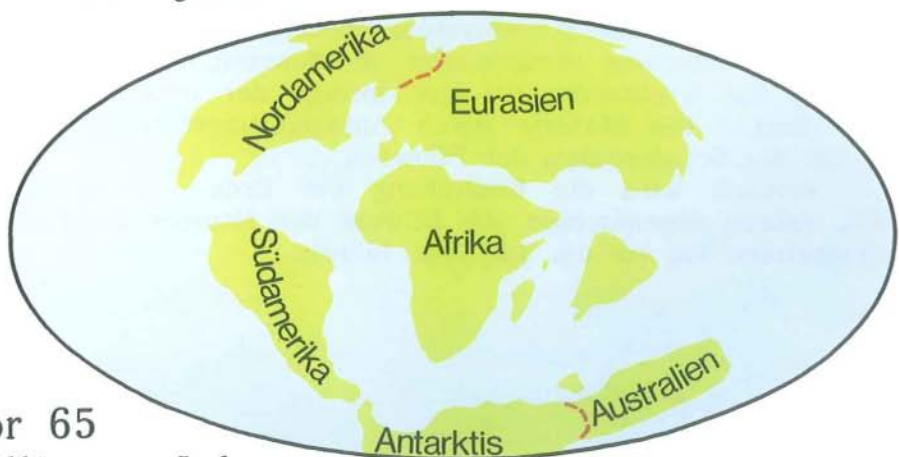
Zeitlich wird die Entstehung der Erde vor rd. 4,6 Mrd. Jahren angenommen, die Bildung der ältesten Erd-Krustengesteine lag vor ca. 3,8 Mrd. Jahren.



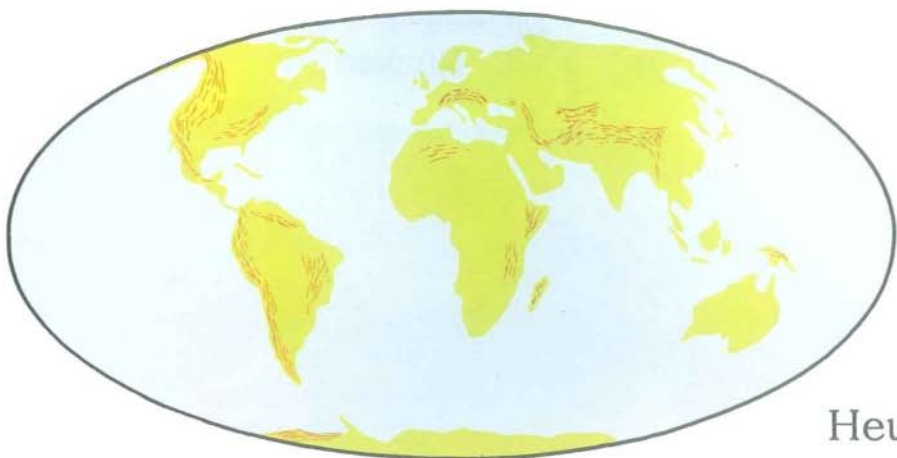
Vor 225
Millionen Jahren



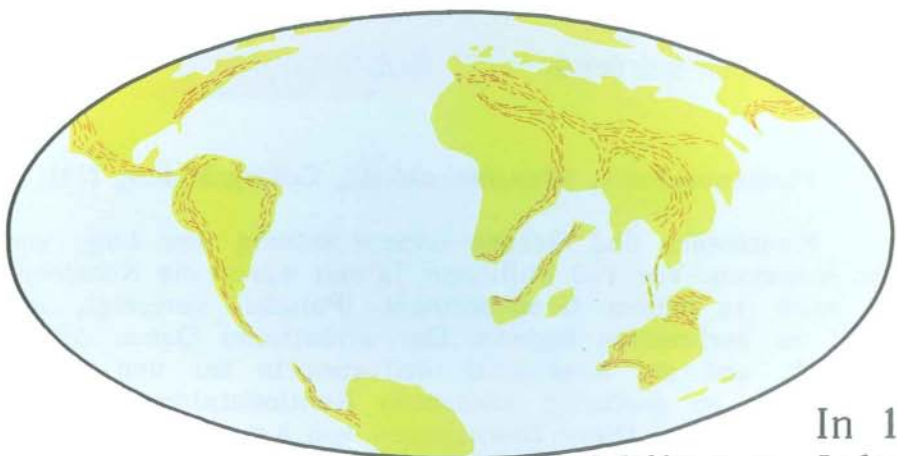
Vor 135
Millionen Jahren



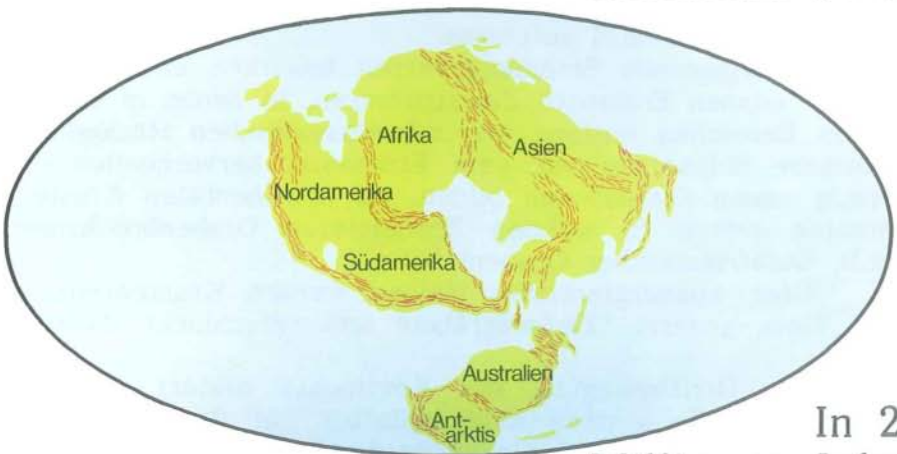
Vor 65
Millionen Jahren



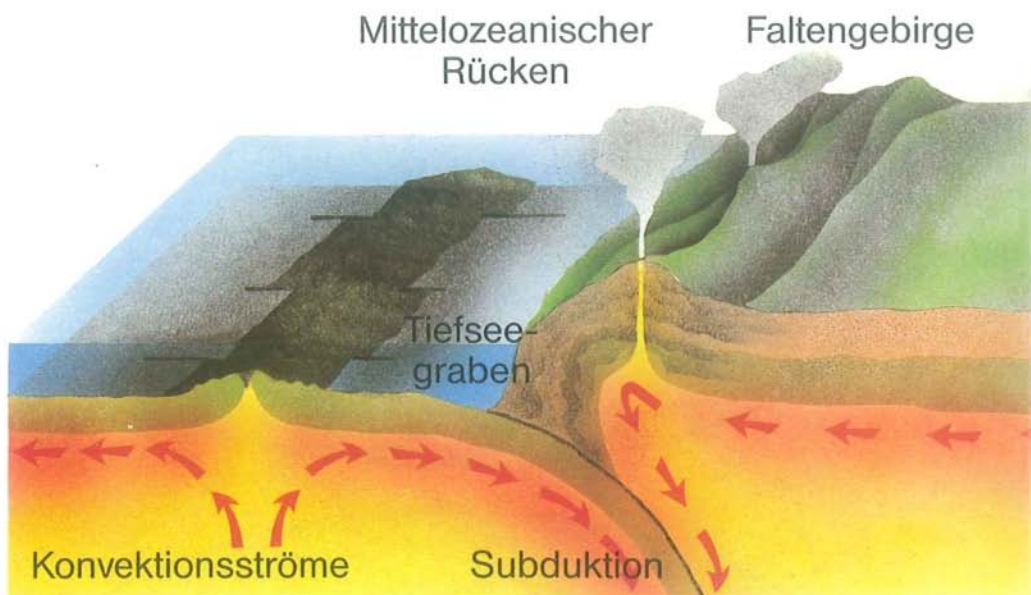
Heute



In 100
Millionen Jahren



In 250
Millionen Jahren



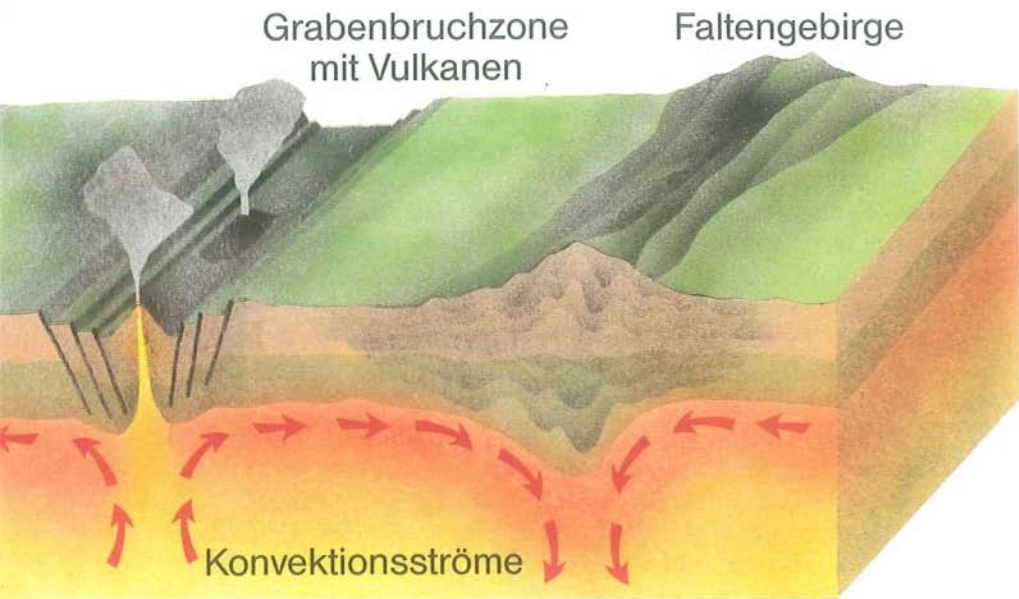
Plattentektonik, Kontinentaldrift, Gebirgsbildung (11)

Kontinente und Ozeane ändern ständig ihre Lage und ihr Aussehen. Vor 170 Millionen Jahren waren die Kontinente noch zu einem Großkontinent (Pangäa) vereinigt, der dann zu zerbrechen begann. Der atlantische Ozean öffnete sich, und die Kontinente drifteten in der von Alfred WEGENER so großartig erkannten **Kontinentaldrift** in ihre heutige Position. Diese Bewegungen von Krustenplatten werden so lange andauern, als durch Temperatur- und Dichteunterschiede in Gang gehaltene Materieströme (**Konvektionszellen**) im Erdmantel auftreten.

Divergierende Strömungswalzen bewirken dabei in der relativ dünnen Erdkruste Zerrstrukturen, in denen in ozeanischen Bereichen entlang der **mittelozeanischen Rücken** basaltische Schmelzen aus dem Erdmantel hervorquellen und stetig neuen Ozeanboden bilden. Im kontinentalen Krustenbereich treten in solchen Zerrgebieten **Grabenbruchzonen** (z.B. Ostafrikanischer Graben) auf.

Über konvergierenden Walzen werden Krustenteile in die Tiefe gezerzt (**Tiefseegräben**) und verschluckt (**Subduktion**).

Die Driftbewegung der Kontinente erklärt sich dadurch, daß die starren Krustenplatten auf den Strömungswalzen passiv wie auf einem Förderband mit Geschwindig-



keiten bis zu 9 cm/Jahr (= 90 km/1 Mill.Jahre) befördert werden (**Plattentektonik**).

Dramatische Ereignisse treten dort ein, wo zwei driftende Krustenplatten miteinander kollidieren. Sind beide Platten gleich schwer, verkeilen sie sich ineinander, bei ungleicher Schwere wird eine Platte schräg unter die andere gepreßt - verschluckt - und in der Tiefe aufgeschmolzen. Zwischen den sich dabei annähernden starren Krustenplatten werden in beiden Fällen die dazwischen abgelagerten Sedimente wie von zwei gewaltigen Planierdrahten zu einem **Gebirge** aufgefaltet.

Neben dem Phänomen der Gebirgsbildung und der Kontinentaldrift können aber auch Erdbeben und Vulkanismus mit dem Modell der Plattentektonik erklärt werden.

Erdbeben, Vulkanismus (11,13)

Erdbeben sind Erschütterungen der Erdkruste, die dann entstehen, wenn Krustenschollen auf eine Beanspruchung nicht plastisch, sondern durch Bruch reagieren. Nach dem Modell der Plattentektonik (11) konzentrieren sich die Erdbebengebiete an ganz bestimmten geotektonischen Zonen, die meist gleichzeitig auch die Hauptvulkangebiete der Erde sind:

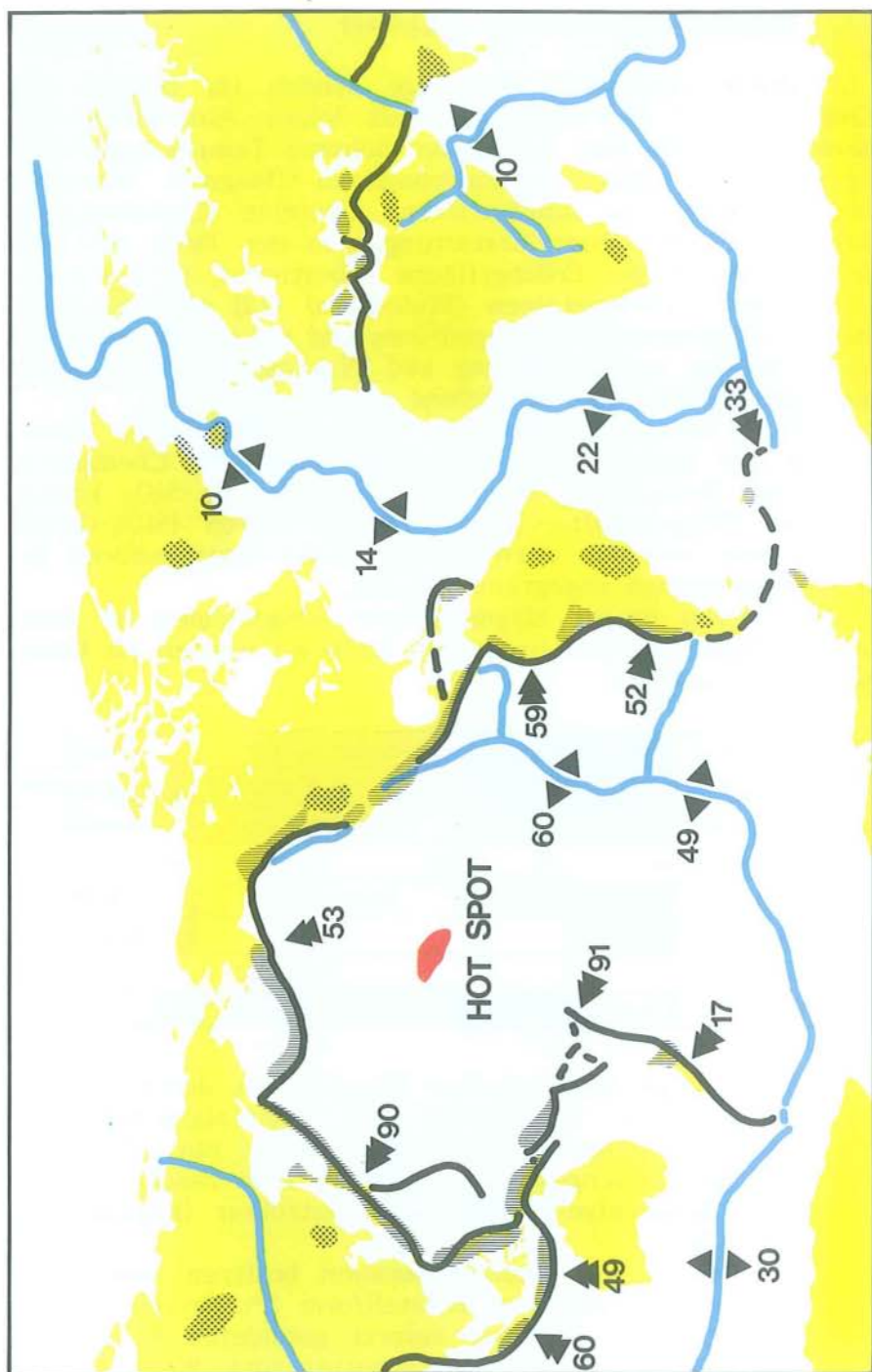
- **Zerrgebiete der Erdkruste** (Mittelozeanische Rücken, Grabenbruchzonen). Entlang der mittelozeanischen Rücken werden die Auswirkungen der hier ständig neuen Ozeanboden schaffenden vulkanischen Ereignisse nur dort ober-tags sichtbar, wo sich die Schwelle über das Meeresniveau erhebt (z.B. Island).
- **Verschluckungs-(Subduktions-)Zonen**, wo eine schwerere Krustenplatte unter eine leichtere in die Tiefe gepreßt wird (z.B. Westküste Südamerikas, Inselbögen entlang der Ostpazifischen Tiefseegräben). Das in die Tiefe gesogene Krustenmaterial wird hier aufgeschmolzen und speist so die Vulkane der Küstengebirge oder Inselbögen.
- in jungen **Faltengebirgszonen**, wo in den Erdmantel eintauchende spezifisch leichtere Krustenteile (Gebirgswurzel) für isostatische Ausgleichsbewegungen sorgen. Diese Heraushebung erfolgt entlang tiefreichender Bruchlinien, die auch Aufstiegsbahnen für Gesteinsschmelzen darstellen, die Vulkane im Vor- und Rückland des Gebirges speisen.

Über stationären Wärmedomen (**Hot Spots**) im Mantel werden durch lokale Aufschmelzungsherde die Vulkane vom Typus Hawaii gespeist. Diese entstehen in den driften-den Krustenplatten stets direkt über den Hot Spots und erlöschen, wenn sie über deren Einflußbereich hinweggedrifu-tet sind.

Das Phänomen der **Plateau-Basalte** (Columbia Plateau, Parana Becken, Dekkan/Indien) kann mit dem Modell der Plattentektonik noch nicht zufriedenstellend erklärt werden.

Die beiden letztgenannten Vulkantypen sind nicht an Plattengrenzen der Erdkruste gebunden und daher nicht mit großräumigen Erdbeben verknüpft.

-  Mittelozeanische Rücken, Grabenbruchzonen
-  Richtung der Plattenbewegungen
-  Basaltvulkanismus (Plateau-Basalte), Flachbeben
-  Verschluckungszonen
-  Richtung der abtauchenden Platten
-  Andesitvulkanismus, Flach- und Tiefbeben
- 30** Geschwindigkeit in mm/Jahr



Magmatische Gesteine (12,14,18)

Durch thermische Vorgänge können im Bereich der Erdkruste und des oberen Mantels lokale Aufschmelzungs-herde auftreten. Aus diesen, bei höheren Temperaturen völli- g flüssigen, Silikatgesteinsschmelzen (**Magma**) entstehen bei Abkühlung die magmatischen Gesteine (Erstarrungsge- steine). Der Ort ihrer Erstarrung - in der Tiefe der Erd- kruste oder an der Erdoberfläche - bestimmt, ob diese Ge- steine den Tiefengesteinen (Plutoniten) (12) oder Ergußge- steinen (Vulkaniten) (14) zugeordnet und die damit verbunde- nen Vorgänge der Erstarrung und Platznahme als **Plutonis- mus** oder **Vulkanismus** bezeichnet werden.

Eine weitere Möglichkeit zur systematischen Unter- teilung der magmatischen Gesteine bietet ihr Chemismus. Bei einer Betrachtung des Gesamtgehaltes an SiO_2 können basische (SiO_2 -Gehalt $< 56\%$) von den sauren (SiO_2 -Gehalt $> 65\%$) bzw. von den dazwischenliegenden intermediären Er- starrungsgesteinen abgegrenzt werden.

Die von einem Magmenkörper ausgehenden, in Spal- ten des Nebengesteins erstarrten Gesteine werden als **Gang- gesteine** bezeichnet.

Tiefengesteine	Peridotit	Gabbro	Syenit/Diorit	Granit
Alte	Erguß- gesteine	Pikrit	Diabas	Orthophyr/Porphyr
Junge		Pikrit	Basalt	Trachyt/Andesit
Quarzgehalt %	38	45	52	65
Chemismus	ultrabasisch	basisch	intermediär	sauer
Wichtige Mineralien	Olivin	Feldspat		
Gesteinsfarbe	dunkel			hell

Das Gefüge magmatischer Gesteine ist durch die Ge- schwindigkeit und Reihenfolge der Mineralabscheidungen bestimmt. Eine langsame Erstarrung erzeugt ein vollkristal- lines Gefüge (Tiefengesteine), während eine rasche Erstar- rung eine feinkörnige-glasige Gesteinsstruktur (Ergußgestei- ne) hervorruft.

Die zuerst gebildeten Mineralien besitzen eine meist große und gut ausgebildete Kristallform (Porphyrimineralien, Einsprenglinge), die in einer zuletzt gebildeten feinkristal- linen - glasigen Grundmasse eingebettet sind. Weitere typi- sche Gefügemerkmale der Vulkanite sind die entsprechend

der Fließbewegung der Gesteinsschmelze (Lava) eingeregelter tafeligen Kristalle (Fließgefüge) und durch Entgasung bedingte Blasenzüge und Hohlräume, die oft durch sekundäre Mineralbildungen (Mandelsteine, Mineraldrusen) erfüllt sind.

Bei Vulkanexplosionen werden die Gesteinsschmelzen oft in feinste Partikel zerrissen, die weit von ihrem Ausbruchsort entfernt als **Tuffe**, oder mit anderem Gesteinsmaterial zu Tuffiten vermengt, wiederum abgelagert werden. Lavafetzen, die bei der Eruption in der Luft durch Rotation eine kugelige Gestalt erhalten, werden als Bomben, aus dem Schlotbereich des Vulkans mitgerissene Gesteinsbrocken als Auswürflinge bezeichnet.

Bei den Vulkaniten wird neben dem Chemismus/Mineralbestand auch noch ihr Alter für eine systematische Gliederung verwendet. Die "jungen" Ergußgesteine entstammen der Erdneuzeit, die "alten" Ergußgesteine dem Erdaltertum und Mittelalter.

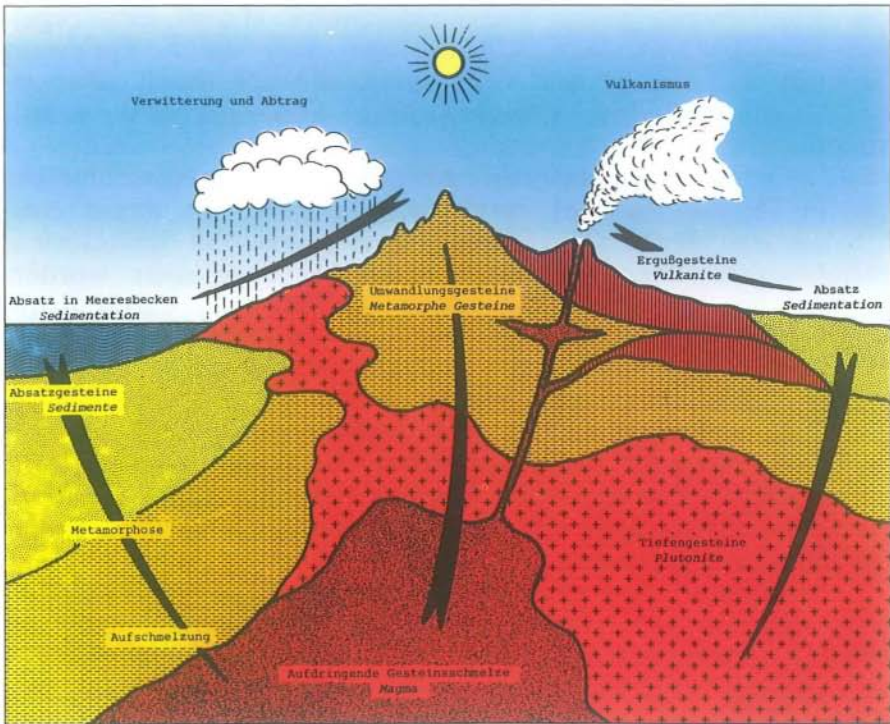
Eng mit dem Chemismus des Magmas verknüpft ist auch die Art der **Vulkaneruption**. Von den sauren, sehr zähen Gesteinsschmelzen neigen die wasserreichen Schmelzen zu Explosiveruptionen, bei denen abwechselnd Lava und Asche (Tuff) gefördert wird und Schicht- oder Stratovulkane (z.B. Vesuv) aufgebaut werden (13). Bei wasserarmen, sauren Schmelzen tritt eine Erstarrung oft schon im Bereich des Schlotes oder direkt über der Eruptionsstelle ein. Quell-, Stau- und Stoßkuppen sind die typischen Vulkanbauten dieses Magmentyps.

Basische Laven sind hingegen dünnflüssig, sie neigen zu ruhigem Ausfließen und speisen oft viele Kilometer lange Lavaströme. Sie bauen aus einer Vielzahl übereinanderliegender Lavadecken die Schildvulkane (z.B. Hawaii) oder die großen Plataubasaltgebiete der Erde (z.B. Dekkan/Indien) auf.

Kreislauf der Gesteine (18)

Neben magmatischen Gesteinen treten in der Erdkruste aber auch noch andere Gesteinsgruppen auf, die dem engen Zusammenwirken endogener und exogener Kräfte entstammen. Das Ineinandergreifen der einzelnen Kräftegruppen wird im Kreislauf der Gesteine veranschaulicht.

Bereits bestehende Gesteine erfahren unter der Einwirkung von Wasser, Eis, Wind, Frost und Sonnenbestrahlung



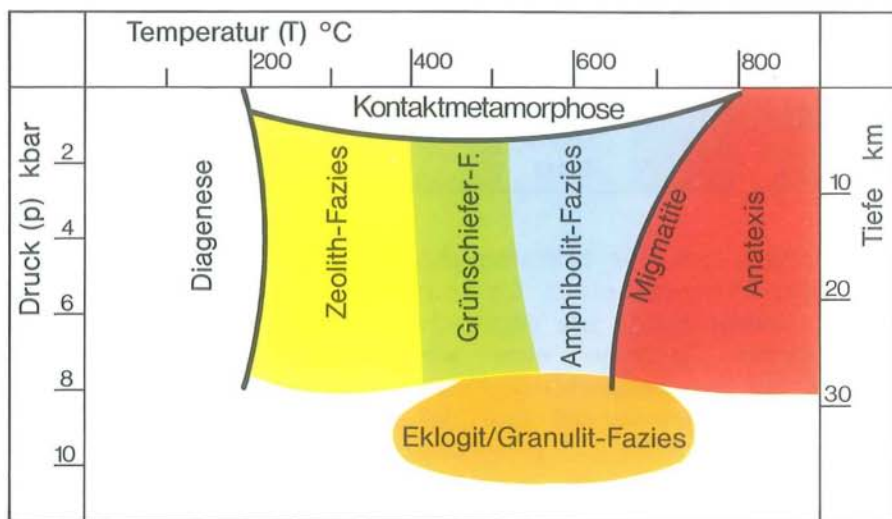
eine Zermürbung (**Verwitterung**) (20,21). Dadurch entsteht an Ort und Stelle oder nach kurzem, durch die Schwerkraft bedingtem, Transport eckiges Block- und Schuttmaterial. Bei Weitertransport durch fließendes Wasser werden die Kanten nicht nur gerundet, sondern die Einzelkomponenten schließlich zu Kies-, Sand-, Silt- und Tonmaterial zerkleinert (21). Verkittung der Einzelkomponenten miteinander und Setzungserscheinungen lassen aus diesen zunächst noch unverfestigten Lockerablagerungen Festgesteine entstehen, die je nach Komponentengröße und -form als Brekzien, Konglomerate, Sand-, Silt- oder Tonsteine bezeichnet werden (19).

Ihre genetische Zusammenfassung in der Gruppe der Trümmergesteine (**mechanische, klastische Sedimente**, 18,19, 21) verdanken sie einerseits einer mechanisch erfolgten "Zertrümmerung" eines vorhandenen Gesteins und andererseits dem Mechanismus des Transportes und Wiederabsatzes (Sedimentation). Der Ort des Absatzes kann in den verschiedensten Bereichen vom Festland bis in Hochseebereiche liegen; als Transportmedien kommen Schwerkraft, Wind, Wasser oder Eis in Frage (20,21).

Eine andere weit verbreitete Sedimentgesteinsgruppe sind die **chemischen Sedimente (18,19)**, bei denen gelöste Mineralstoffe aus dem Wasser abgeschieden werden. Bei diesen nach strengen chemischen Gesetzen ablaufenden Fällungsprozessen werden als wesentlichste Sedimenttypen Kalk, Dolomit, Salz und Gips in gesteinsbildenden Mengen abgesetzt.

Auf die Anreicherung tierischer oder pflanzlicher Organismenreste gehen die **organischen Sedimente (18,19)** zurück. Korallen-, Algen- und Muschelkalke, Kieselgesteine (Radiolarite, Lydite) oder aber auch Torf- und Kohlevorkommen gehören dieser Gruppe an.

Erhöhte Temperatur- (T) und Druckeinwirkungen (p), wie sie im Laufe der Erdgeschichte durch die enorme Sedimentüberdeckung oder in tektonisch aktiven Zonen der Erdkruste bei Gebirgsbildungen immer wieder auftreten können, bewirken eine Umwandlung (**Metamorphose, 18,19**) der Gesteine. Bei diesem Vorgang entstehen, angepaßt an die jeweiligen pT-Verhältnisse, im festen Aggregatzustand Mineralneubildungen, die ein Ausgangsgestein unter gleichbleibendem Gesamtchemismus in ein metamorphes Gestein überführen. Nach den jeweils auftretenden typischen Mineralien werden bei der Metamorphose heute folgende Teilbereiche (Metamorphosefazies) unterschieden. Bei Temperaturen wenig unter 200°C und 2-4 Kilobar (1 Kilobar entspricht etwa 3,5 km Gesteinsauflast) Druck schließt an den Bereich der Gesteinsdiagenese (= Gesteinsverfestigung) die Zeolithfazies,



ab 400-410°C die Grünschieferfazies, zwischen 520-550°C und 750°C die Almandin-Amphibolit-Fazies und oberhalb 700-750°C die Granulit- und Eklogit-Fazies an. Neben dieser Einteilung werden aber auch noch die Begriffe Epi-, Meso- und Katazone als Kennzeichnung der Metamorphosebereiche verwendet.

Derartige Metamorphosevorgänge treten bevorzugt in Gebirgsbildungszonen (**Regionalmetamorphose**) auf, wo neben Temperaturerhöhungen auch gerichteter Druck (Stress) vorliegt, der im Gestein eine parallele Einregelung der blättchenförmigen Mineralien bewirkt. Dieses Gefüge ist auch ausschlaggebend für die häufige Benennung der metamorphen Gesteine als kristalline Schiefer.

Ein Sonderfall der Metamorphose ist die **Kontaktmetamorphose**, bei der Gesteinsschmelzen für die Zufuhr der zur Gesteinsumwandlung notwendigen erhöhten Temperaturen sorgen.

Einige metamorphe Umwandlungsreihen (19) sind in der Tabelle dargestellt. Sind magmatische Gesteine das Ausgangsprodukt der Metamorphite, so werden sie durch die Vorsilbe "Ortho"- von den aus Sedimentgesteinen hervorgehenden "Para"-Gesteinen unterschieden.

Sedimentäres Ausgangsgestein	Kalk/ Dolomit	Mergel	Ton- schiefer	Feldspat- Sandstein	Quarz- Sandstein	Stärke der Metamorphose
Metamorphe Gesteine	Marmor	Grün- schiefer	Phyllit			Grünschiefer- Fazies
		Amphibolit	Glimmer- schiefer	Gneis	Quarzit	Amphibolit- Fazies
		Eklogit	Granulit	Migmatit		Eklogit/Granu- lit-F. Anatexis
Magmatisches Ausgangs- gestein		Gabbro/ Basalt		Granit/ Rhyolith		

Gehen bei der Metamorphose die pT-Bedingungen über den Schmelzpunkt eines Gesteins hinaus, wobei Wasser bei diesen Verhältnissen als aggressives Lösungsmittel für kiesel-säurereiche Gesteine eine wesentliche Rolle spielt, so kommt es zu Teilmobilisationen bzw. einem Aufschmelzen des Gesteins (**Anatexis**) und der Bildung eines an Ort und Stelle entstandenen sogenannten palingenen Magmas. Auch dieses Magma kann in andere Krustenteile wandern und zu magmatischen Gesteinen (12,14,19) erstarren.

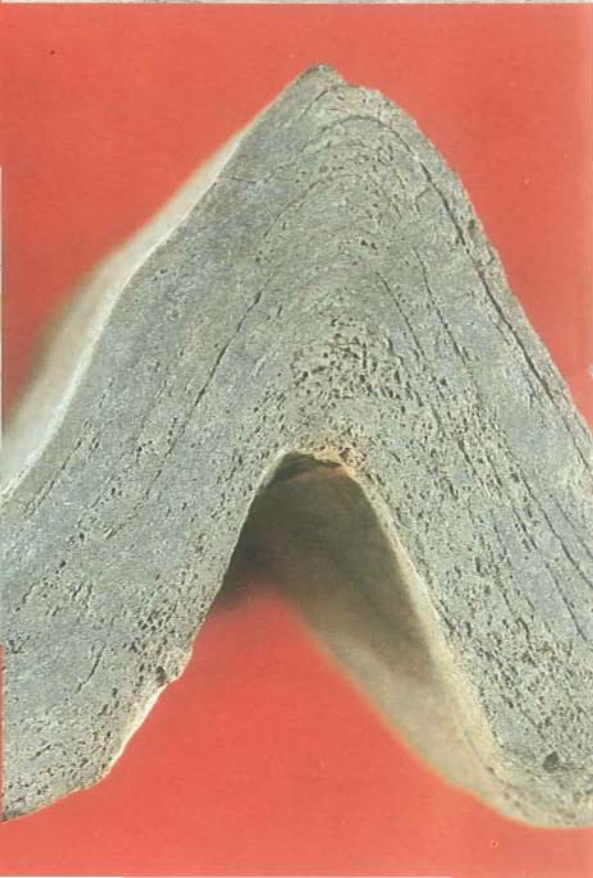
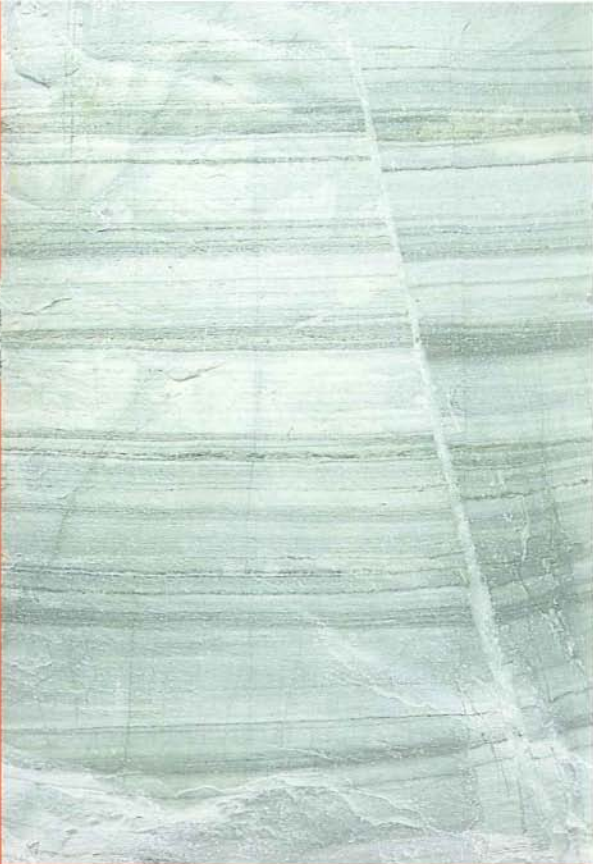
Die eben geschilderten Prozesse zeigen, daß im Kreislauf der Gesteine eine immerwährende Materialwanderung und Umformung vor sich geht, wobei in jeder beliebigen Richtung aus jeder Gesteinsgroßgruppe (Sedimentgestein, metamorphes Gestein oder magmatisches Gestein) eine beliebig andere Gruppe durch die Einwirkung exogener wie auch endogener Kräfte entstehen kann.

Lagerstätten (17)

Auch alle Lagerstätten lassen sich zwanglos in den Kreislauf der Gesteine einordnen. Darin stehen alle **magmatischen Lagerstätten** in ursächlichem Zusammenhang mit dem Magma. Beim Aufdringen von Gesteinsschmelzen setzen sich als Erstausscheidungen spezifisch schwerere Erzkomponenten (Chrom-Nickelerze) ab. Nach der endgültigen Erstarrung des Magmenkörpers bleiben noch heiße wässrige Lösungen übrig, die das Gestein durchschwärmen und in Abhängigkeit von ihrer Abkühlungstemperatur räumlich getrennte Erzlager bilden (hydrothermale Lagerstätten). Aber auch aus vulkanischen Exhalationen können durch die austretenden Gase Lagerstätten (z.B. Schwefel) gebildet werden (vulkanische Lagerstätten).



Braunkohlentagbau Oberdorf bei Voitsberg, Steiermark, 1986



Sedimentäre Lagerstätten entstehen durch Mineralkonzentrationen in Absatzgesteinen. Entsprechend der Einteilung der Sedimentgesteine können mehrere Typen von Lagerstätten unterschieden werden. Die Verwitterungslagerstätten haben ihren Ursprung in der Anreicherung von Verwitterungsresten (Bauxit, Kaolin, Manganerze, Brauneisenerze). Chemische Fällungsreaktionen, z.B. bei der Eindunstung von Wasser, verdanken Salz- und Gipsvorkommen oder Metall-Sulfid-Lagerstätten im Gefolge vulkanischer Exhalationen ihre Entstehung. Anreicherungen organischer Substanzen sind Ausgangspunkt für organogene Lagerstätten (Kohle, Erdöl, Kieselgur, Guano etc.).

In **metamorphen Lagerstätten** gehen die Stoffanreicherungen auf metamorphe Prozesse zurück (z.B. Graphit).

Tektonik (22,23)

Die bei Gebirgsbildungen auftretenden Kräfte rufen eine Deformation (Tektonik) der Gesteine hervor. **Gesteinsfalten** mit Sätteln und Mulden und über fremden Untergrund geschobene Gesteinsdecken sind dabei Ausdruck bruchloser Verformung. Dieser steht die bruchhafte Verformung mit **Verwerfungen** (Störungen, Brüchen) gegenüber, die meist auf Ausweitung (Dehnung) zurückgeführt wird. Der Deformationsstil ist dabei vom Kleinstbereich (Korngefüge, mm-Bereich) bis in den Großbereich (Gebirge) gleich. Falten und Decken sind das typische tektonische Inventar von Einingungsgebirgen (**alpinotype Gebirge**). Zusätzlich können hier bei gerichtetem Druck auch noch Schieferungsflächen angelegt oder das Gestein bei hohen Temperaturen im plastischen Bereich zu Fließfalten deformiert werden. In Zerrgebieten der Erdkruste entstehen dagegen Gebirge, die durch Bruchstrukturen dominiert sind (**germanotype Gebirge**).

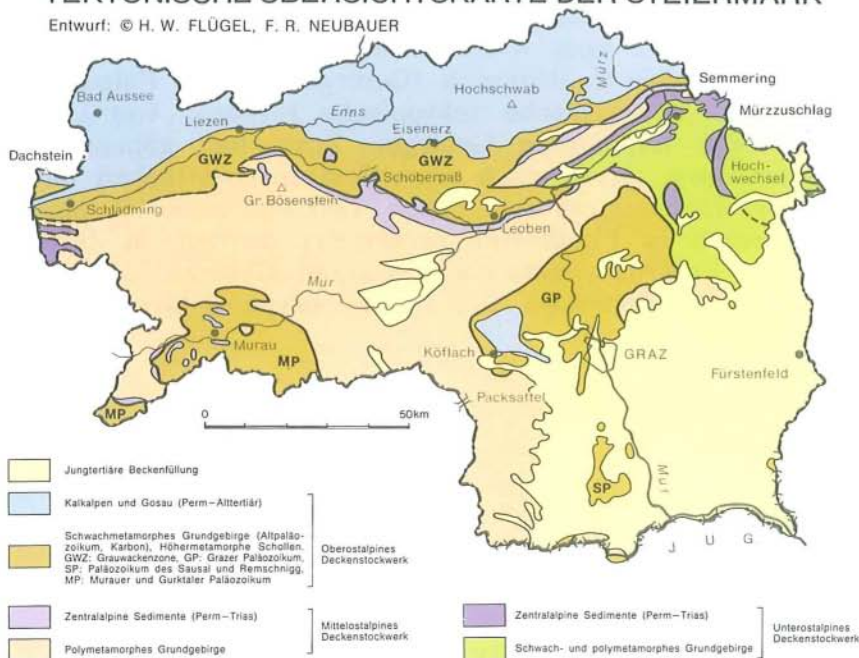
Der geologische Werdegang der Steiermark

Ausschlaggebend für die heutige komplizierte Anordnung der geologischen Baueinheiten (33) waren Gebirgsbildungen, die zwischen der mittleren Kreidezeit und dem ausklingenden Tertiär die Alpen schufen. Bei dieser **alpidischen Gebirgsbildung** wurde durch Annäherung der europäischen und afrikanischen Kontinentalplatten das ursprünglich dazwischen abgelagerte Material zusammengepreßt, in Form von Gesteinsdecken übereinandergeschoben, verfaltet und weit nach Norden transportiert. Daher liegen in der Steiermark mit Ausnahme der jungtertiären und quartären Einheiten keine Gesteine mehr dort, wo sie ursprünglich gebildet wurden.

Da ein Großteil der Steiermark den Alpen angehört, gliedert sie sich in ihrem geologischen Aufbau zwanglos in den Großbau der Alpen ein, wenn aus regionalen Gründen auch manche Zonen nicht vorhanden sind oder durch den intensiven Deckenbau erst in größerer Tiefe vermutet werden. So auch die tiefste Alpeinheit, das sogenannte Pen-

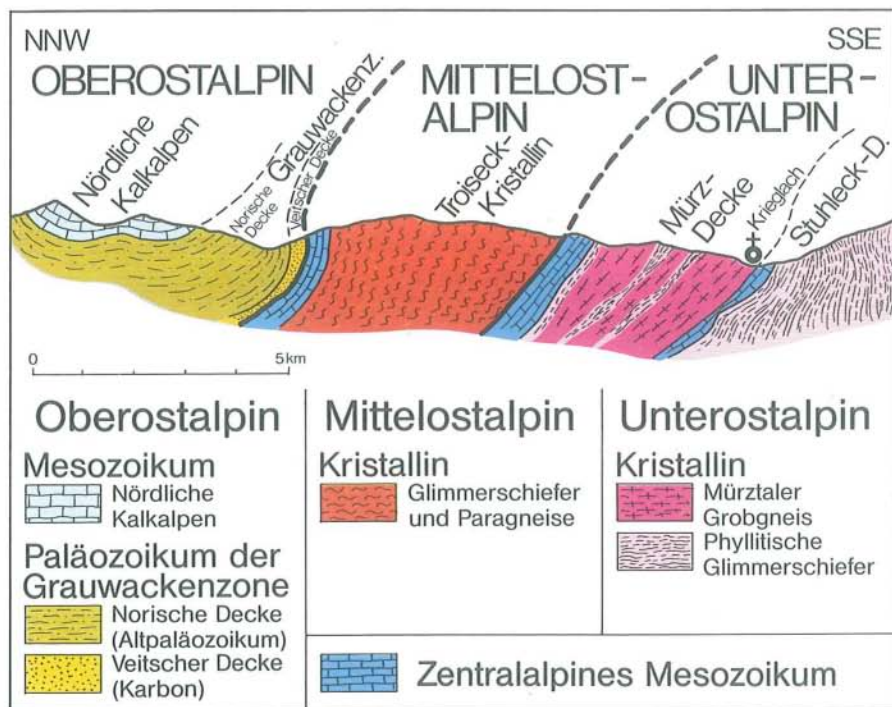
TEKTONISCHE ÜBERSICHTSKARTE DER STEIERMARK

Entwurf: © H. W. FLÜGEL, F. R. NEUBAUER



ninikum, das in Österreich nur in den "tektonischen Fenstern" des Engadin, der Hohen Tauern und Rechnitzer Schieferinsel zutage tritt. Darüber liegen dann kompliziert verfaltet die drei großen Ostalpen-Deckensysteme (Unter-, Mittel-, Oberostalpin), die in der Steiermark auch obertags angetroffen werden.

Die nördlichsten Landesteile werden von den **Kalkalpen (49-56)** eingenommen, die sich aus Sedimentgesteinen des Erdmittelalters aufbauen. Südlich davon folgt in einem schmalen Streifen die paläozoische **Grauwackenzone (43,44)**, an die dann die **Zentralalpen** anschließen. Diese setzen sich aus mehreren, in ihrem Gesteinsbestand unterschiedlichen, Großdecken zusammen. Die Zentralalpenanteile des Berglandes von Graz (39-42), Turrach (45), Murau/Neumarkt, des Sausal und Remschnigg bestehen aus nicht oder nur gering metamorphen paläozoischen Gesteinen. Sie gehören gemeinsam mit der Grauwackenzone und den Kalkalpen der höchsten tektonischen Alpeneinheit, dem **Oberostalpin**, an. Darunter tritt eine als **mittelostalpine Decke** bezeichnete Ein-



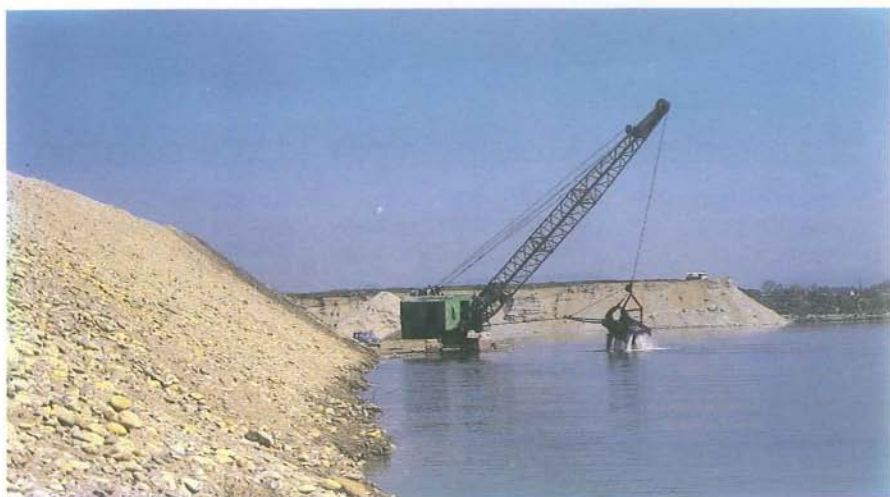
Ein Nord-Süd-Profil durch das Mürztal zeigt alle am Aufbau der Steiermark beteiligten Deckeneinheiten.

heit zutage, die sich aus zu kristallinen Schiefen umgeformten paläozoischen Gesteinen zusammensetzt. Zu dieser Einheit gehören die Gebirgszüge der Niederen Tauern, Seetaler Alpen, Kor-, Glein-, Stubalpe, das Rennfeld und das Kristallin von St. Radegund (36,38). Am Ostabfall der Alpen taucht im Joglland eine weitere, noch tiefere Einheit paläozoisch metamorpher Gesteine (Unterostalpin) auf (37).

In den Grenzzonen der oben genannten großen alpinen Deckeneinheiten wurden vielfach noch mesozoische Sedimentgesteine (Zentralalpines Mesozoikum) eingefaltet.

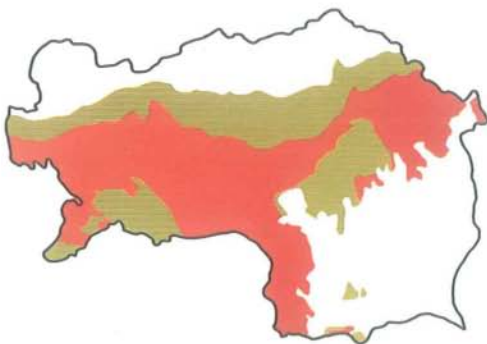
Nach Osten werden die genannten Alpeinheiten von tertiären Sedimenten (Alter 2-20 Millionen Jahre) überlagert (61-85). Diese bildeten sich, als die Ost- und Weststeiermark zumindest zeitweise von einer reich gegliederten Meeresbucht eingenommen wurde. Gleichzeitig fanden im Alpenbereich aber auch noch die letzten tektonischen Bewegungen statt. Dabei wurde im Rückland des Alpen-Karpaten-Bogens in der Tiefe Gesteinsmaterial aufgeschmolzen, das, an die Erdoberfläche heraufgepreßt, die Vulkane des oststeirischen Raumes speiste. Entlang großer störungsbedingter Senkungszonen bildeten sich in dieser Zeit aber auch die inneralpinen Tertiärbecken (besonders entlang der Mur-Mürz-Furche).

Als jüngste geologische Großeinheit (86-99) sind zuletzt noch die Lockerablagerungen entlang des heutigen Gewässernetzes zu erwähnen. Diese entstammen einerseits dem Wechsel der eiszeitlichen Kalt- und Warmzeiten, andererseits der Transportkraft der heutigen Gewässer.



Naßbaggerung in Eiszeitschottern des Grazer Feldes.

Paläozoikum - Erdaltertum

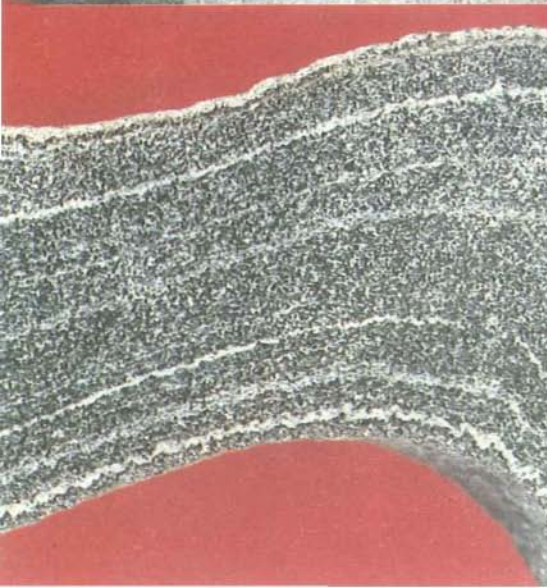


Die ältesten Altersangaben von steirischen Gesteinen, radiometrische Daten an Gesteinen des Gleinalpen-Autobahntunnels, zeigen mit ca. 500 Millionen Jahren, daß mit einer gesicherten Rekonstruktion des geologischen Werdeganges der Steiermark erst mit dem Beginn des Erdaltertums begonnen werden kann.

Paläozoische Gesteine finden sich in der Steiermark in der Grauwackenzone und den Zentralalpen. All diese Vorkommen wurden nicht nur von der alpidischen Gebirgsbildung, sondern zusätzlich auch noch von der im Jungpaläozoikum ablaufenden **variscischen Gebirgsbildung** betroffen. Dabei wurden im älteren Karbon jene Gesteine, die heute der unter- und mittelostalpinen Decke der Zentralalpen angehören, zu kristallinen Schiefern umgeformt. Die paläozoischen Schichten des Oberostalpins (Grauwackenzone, Bergland von Graz, Murau/Neumarkt, Sausal, Remschnigg) liegen dagegen noch in nicht oder nur gering metamorphem Zustand vor und lassen aufgrund ihres Fossilinhaltes Rückschlüsse auf ihren marinen Bildungsraum zu.

In den Zentralalpen tritt die in weitere Teildeckensysteme gegliederte **unterostalpine Deckeneinheit** (37) in den Fischbacher Alpen und im Joglland auf. Der Gesteinsbestand setzt sich überwiegend aus paläozoischen Sedimenten zusammen, die bei der variscischen Gebirgsbildung zu Glimmerschiefern umgeformt wurden und in die weiters im jüngsten Karbon granitische Schmelzen eindrangen, die zum Mürztaler Grobgneis erstarrten.

Bei der jüngeren alpidischen Gebirgsbildung wurden diese Gesteine abermals, allerdings von geringeren Metamorphoseereignissen, betroffen. Mit dieser ging örtlich auch eine Magnesiazufuhr vor sich, die besonders entlang von Be-



wegungsbahnen die kristallinen Schiefer zu Talk und Weißschiefer umwandelte (Bergbau Rabenwald bei Anger). Die tektonischen Grenzflächen zum Mittelostalpin wie auch die internen tektonischen Trennfugen innerhalb der unterostalpinen Decke werden durch zentralalpine Mesozoikumsvorkommen mit Dolomiten, Kalken, Rauchwacken und Quarziten markiert. Am eindrucksvollsten sind diese Gesteine im Semmeringgebiet aufgeschlossen.

Der größte Anteil der Zentralalpen wird durch die **mittelostalpine Decke (36,38)** eingenommen, der die Niederen Tauern, Seetaler Alpen, Kor-, Stub-, Gleinalpe, das Rennfeld, der Nordabfall des Troiseck-Floning-Zuges, das Radegunder Kristallgebiet und die Basis des Remschnigg angehören. Im Gesteinsbestand dominieren in diesen Berggruppen paläozoische Sedimente und Vulkanite, die während der variscischen Gebirgsbildung zu metamorphen (kristallinen) Gesteinen umgeformt wurden. So wurden tonig sandige Gesteine zu Glimmerschiefern und Gneisen, basische Vulkanite (Diabase, Diabastuffe) zu Amphiboliten und Kalke zu Marmoren.

Die variscische Gebirgsbildung war aber auch mit Deckenbewegungen verbunden. Dabei wurde damals die einen etwas höheren Metamorphosegrad besitzende Koriden-Einheit (Koralpe, Pack, Teile der Seetaler Alpen) der Muriden-Einheit (Niedere Tauern, Gleinalpe, Stubalpe, Rennfeld) aufgeschoben. Viele Millionen Jahre später wurden dann beide Einheiten bei der alpidischen Gebirgsbildung gemeinsam in den Rahmen der mittelostalpinen Decke eingebaut, in ihre heutige Position geschoben und selbst noch von der oberostalpinen Decke überfahren.

Die Schichtfolge ist im gesamten **Muriden-Bereich** vergleichbar, da nicht nur die Metamorphosebedingungen ähnlich waren, sondern auch die zuvor vorliegenden Gesteinsstapel in den einzelnen Regionen einander weitestgehend entsprachen. Auffallende Schichtglieder in den sonst eher monotonen Glimmerschiefer-Gneisabfolgen sind die dunkelgrünen, oft weiß gebänderten Amphibolite, mächtige reinweiße bis rosa-grün gefärbte Marmore (Salla-, Gumpenecker-, Sölker-, Bretstein-Marmor) oder die in floristischer Hinsicht interessanten Serpentinstöcke des Kirchkogel bei Pernegg, von Kraubath, der Sunk oder des Hochgrößen.

Metamorphe Gesteine aus der Steiermark:

oben links: Eklogit, Koralpe; **oben rechts:** Stainzer Plattengneis, Koralpe

Mitte links: Sölker Marmor, Niedere Tauern

Mitte rechts: Granatglimmerschiefer, Niedere Tauern

unten links: Bänderamphibolit, Gleinalpe; **unten rechts:** Ennstaler Phyllit

Die Gesteine der **Koriden-Einheit** lassen sich ebenfalls auf sedimentäres und magmatisches Material zurückführen, das bei der variscischen Gebirgsbildung in die heute vorliegenden Glimmerschiefer, Gneise, Plattengneise, Amphibolite, Marmore und Eklogite umgewandelt wurde. Als Typusgestein der Koralpe ist wohl der auch als Bau- und Dekorstein bekannte Stainzer Plattengneis anzusprechen, über dessen Entstehung sich seit Jahrzehnten die wissenschaftlichen Gemüter erhitzen. Äußerst attraktiv und dekorativ sind durch ihre Rot-Grün-Sprenkelung die Eklogite, die allerdings nur in einigen Kleinvorkommen auftreten (36,38).

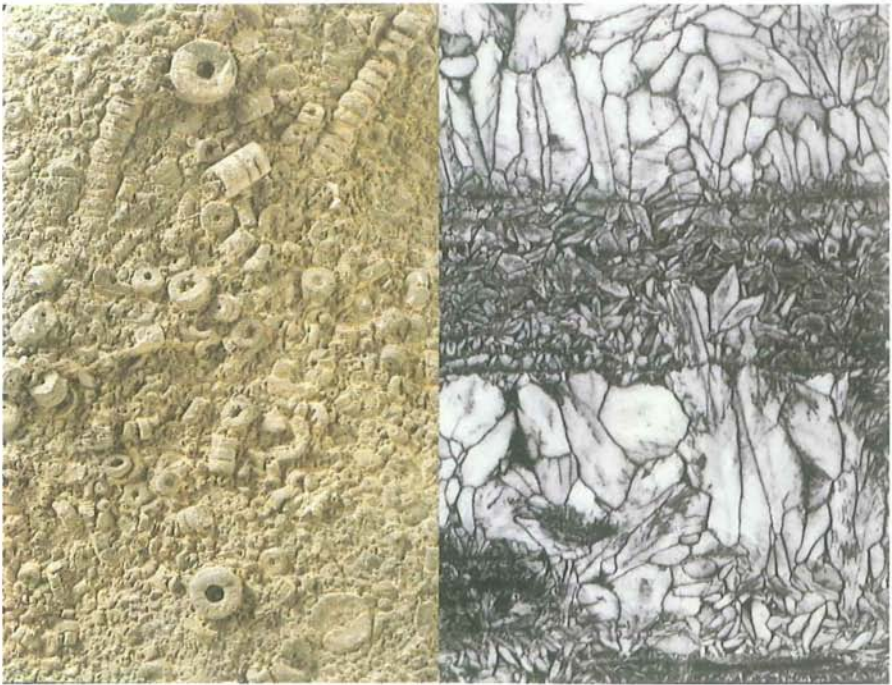
In nicht metamorphem Zustand und fossilführend ist dagegen das Paläozoikum der **oberostalpinen Decken**. Die als schmaler Streifen die Kalkalpen im Süden begleitende **Grauwackenzone** gliedert sich tektonisch in zwei Einheiten, die tiefer liegende Veitscher- und die hangende Norische Decke. Beide Decken unterscheiden sich nicht nur in Alter und Ausbildung ihrer Gesteine, sondern auch durch ihre unterschiedlichen Lagerstätten (43).

In der **Norischen Decke** (43) finden sich marine Schiefer, Kalke und vulkanische Gesteine (Porphyroide, Diabase) des Zeitraums Oberordovicium - Unterkarbon. Bedeutend sind davon besonders die sogenannten "Erzführenden Kalke", die vielerorts Eisenspatvererzungen führen. Der Erzberg als größte derartige Vererzung birgt bei einer gleichbleibenden Förderung von ca. 3 Millionen Tonnen Erz pro Jahr noch Reserven für ca. 50 Jahre.



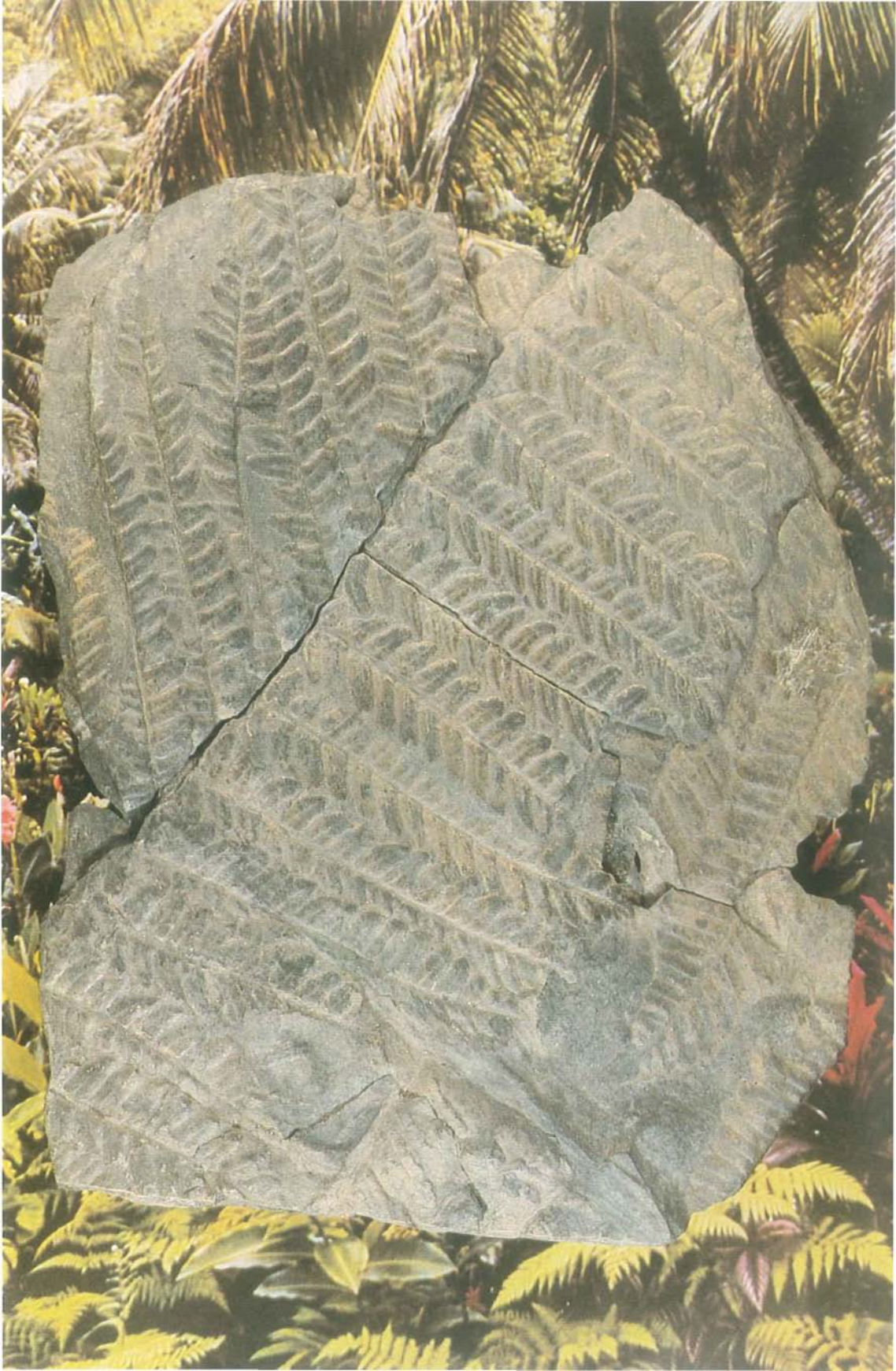
Der Steirische Erzberg

Die **Veitscher Decke (44)** setzt sich hingegen aus meist dunkel gefärbten Kalken, Schiefern und Sandsteinen des Karbons zusammen. Wirtschaftlich ist diese Zone ebenfalls durch ihre bergmännischen Nutzungen bedeutend. Graphit im Sunk bei Trieben und Kaisersberg, der Talk von Lassing und die Magnesite von Hohentauern und Oberdorf/Laming sind die derzeit genutzten Bodenschätze dieser Zone.



Crinoidendolomit, Unterkarbon, Veitsch. Pinolitmagnesit, Hohentauern.

Ähnlich dem Zeitumfang der Norischen Decke sind aber auch die nicht bzw. gering metamorphen Paläozoikums-vorkommen der Zentralalpen. Im **Bergland von Neumarkt - Murau** finden sich altpaläozoische Schiefer und Phyllite mit Einschaltungen grüngefärbter, vulkanischer Gesteine (Diabase). Mächtige Kalke entwickelten sich hier nur im Mitteldevon in Form der Murauer- und Grebenzen-Kalke, deren Alterseinstufung erst in den letzten Jahren mit Hilfe mikroskopisch kleiner, mariner Mikrofossilien geklärt werden konnte. Anders dagegen die Tonschiefer, Sandsteine und Konglomerate des **Turracher Raumes (45)**. Diese beinhalten an einigen Stellen reiche festländische Pflanzenfunde des Oberkarbons. Zwischen den Ablagerungen beider Sedimentge-



steinseinheiten erfolgte die Faltung des altpaläozoischen Meeresraumes zum variscischen Gebirge, das im Jungpaläozoikum wieder der Erosion und dem Abtrag ausgesetzt war. Der damalige Pflanzenreichtum (Bärlapp-, Farn-, Siegelbaumgewächse) war Anlaß dafür, daß sich an einigen Stellen Anthrazitlager bilden konnten, die auf der Turrach noch bis 1959 abgebaut wurden.

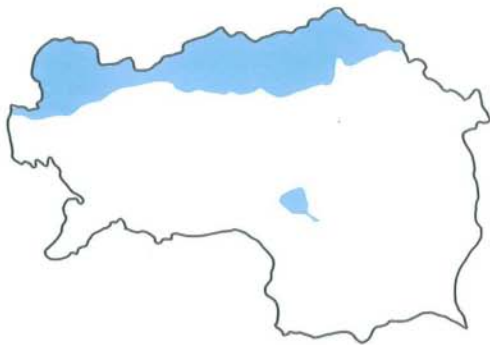
Der Reichtum an Korallen, Brachiopoden, Kopffüßern und anderen Organismengruppen macht das Grazer Bergland (39,40,41,42) zu einem der besterforschten Paläozoikumsgebiete Österreichs. In sich in einen komplizierten Decken- und Faltenbau gelegt, finden sich hier neben Kalk- und Dolomitarealen (Rannach, Plabutsch, Plesch, Hochlantsch, Schöckel) ausgedehnte Bereiche mit Schiefergesteinen (Passailer und Semriacher Becken). Die versteinerten Reste in den Kalken erzählen davon, daß im Unter- und Mitteldevon unter tropischen Klimaverhältnissen Flachmeer- und Riffkomplexe weit verbreitet waren und sich dieser Bereich dann vom Oberdevon an in einen Hochseeraum verwandelte, aus dem sich zeitweilig einige Inseln geringfügig über das Meeresniveau erhoben. Weniger von seiner Entstehungsgeschichte erzählt der Baustein des Grazer Hausberges. Im grau-weiß gebänderten Schöckelkalk (40) wurde durch tektonische Umformung und geringfügige Metamorphose nämlich das ursprüngliche Gefüge und der Fossilinhalt dieses Gesteins weitgehend zerstört.

In den eintönigen Schieferarealen gewinnen die Blei/Zink-Mineralisationen des Raumes Arzberg - Peggau - Übelbach eventuell heute wieder wirtschaftliche Bedeutung (42). Entstanden sind diese Lagerstätten im Unterdevon, als am Grund schlecht durchlüfteter Meeresbecken im Gefolge submariner, vulkanischer Ereignisse warme, metallhaltige Lösungen austraten, die zur Ausfällung von Sulfid (Bleiglanz, Zinkblende)-Erzschlämmen im Gesteinsbestand führte.

Ähnlich den fossilarmen Schieferereinheiten des Grazer Berglandes sind aber auch die südlich von Graz aus den Tertiärablagerungen auftauchenden Inselberge des Sausal und Remschnigg.



Mesozoikum - Erdmittelalter



Mesozoische Gesteine treten in der Steiermark in allen drei tektonischen GröÙeinheiten auf. In den unter-mittelostalpinen Deckeneinheiten lagern sie älteren metamorphen Gesteinen als Deckenscheider in Form des Zentralalpinen Mesozoikums auf. Die zum oberostalpinen Deckensystem gehörenden Kalkalpen sind an einigen Stellen noch sedimentär mit der Norischen Decke der Grauwackenzone verknüpft.

Nach einer gedanklichen Rückverlegung der Ostalpendecken in ihren ursprünglichen Bildungsraum ergibt sich für die Trias, als sich das Tethysmeer über dem eingeebneten variscischen Gebirgsumpf nach Norden auszuweiten beginnt, folgende Situation:

In südlichster Position entwickelt sich ein Schelfareal, in dem sich die Sedimente der Kalkalpen (Oberostalpin) bildeten. Weiter nördlich lagerten sich dann in landnäherer Position über den Metamorphiten des heutigen Unter- und Mittelostalpins die Gesteine des Zentralalpinen Mesozoikums ab. Bei der alpidischen Gebirgsbildung, als das Oberostalpin über das Unter- und Mittelostalpin hinweg in die nördlichste Position transportiert wurde, wurde das **Zentralalpine Mesozoikum** als "Deckenscheider" zwischen den einzelnen Deckensystemen eingefaltet.

Derartige Deckenscheider mit Kalken, Dolomiten, Rauchwacken und Quarziten über und zwischen den Kristallineinheiten finden sich im Bereich der Kalkspitzen (Radstätter Tauern), am Semmering, in den Fischbacher Alpen,

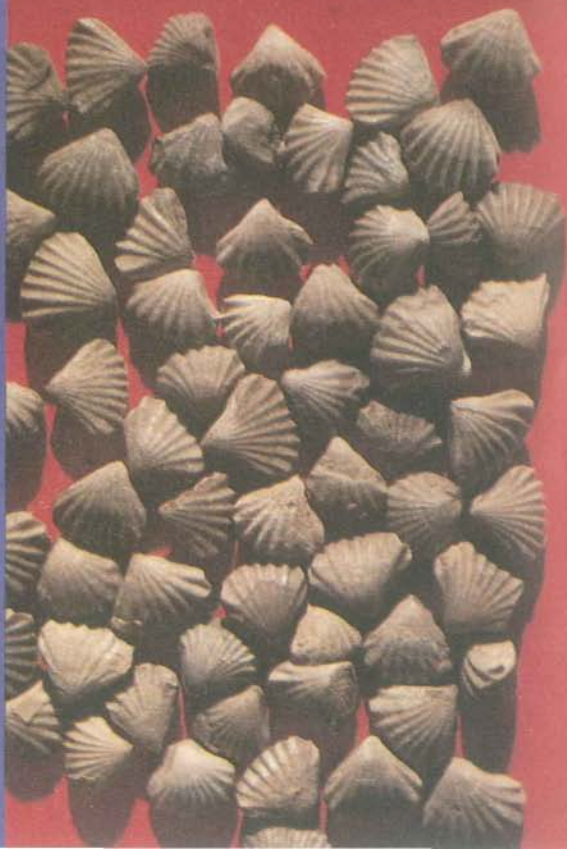
Fossilien aus dem Devon von Graz:

oben links: *Clymenia cf. speciosa* (KopffüÙer), Steinberg

oben rechts: *Favosites styriacus* (Tabulate Stockkoralle), Admonter Kogel

unten links: *Chonetes sp.* (Brachiopoden), Gaisberg

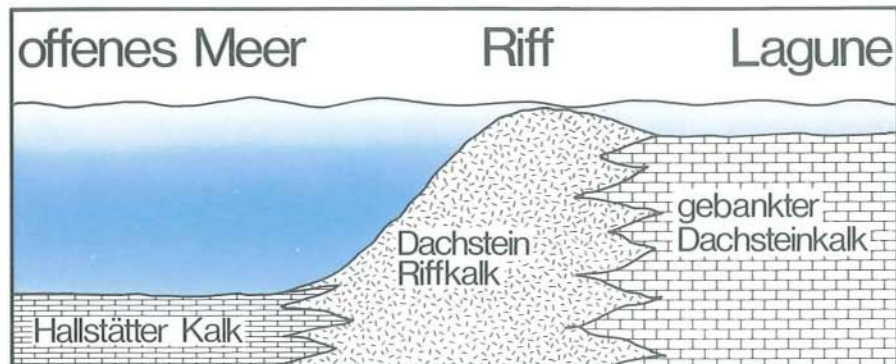
unten rechts: *Zdimir cf. hercynicus* (Brachiopoden), Thalgraben



im Wechselgebiet, entlang des Mürz- und Palten/Liesing-Tales und am N-Abfall der Gleinalpe.

Eine weitere Sonderstellung unter den steirischen mesozoischen Gesteinen nimmt die Oberkreideentwicklung von Kainach (Kainacher Gosau) ein, die direkt dem Grazer Paläozoikum auflagert (56,57).

Die einige tausend Meter mächtigen Schichtstapel der **Kalkalpen** umfassen den Zeitraum Wende Erdaltertum/Erdmittelalter-Oberkreide (50). Sie dokumentieren in Ausbildung und Fossilinhalt ihrer meist kalkigen Sedimentgesteine die Veränderungen in diesem zeitlich weit zurückliegenden Meeresraum. Zuerst das Vorstoßen eines tropischen Flachmeeres über den alten, eingeebneten Gebirgsrumpf des variscischen Gebirges. Bunt gefärbte tonig-sandige, örtlich mit Muscheln gepflasterte Werfener Schichten sind Zeugen dieses Raumes, in dem sich in abgeschnürten Pfannen durch Eindampfung des Meerwassers auch unsere dem Salzkammergut den Namen gebenden Salzlagerstätten und Gipsvorkommen bildeten (51). Der weitere Vorstoß des Meeres in der Trias- und Jurazeit sowie die Differenzierung in Tiefseebecken, Riff- und Lagunenareale spiegelt sich in unterschiedlichst ausgebildeten Kalk- und Dolomitmassen wider (50,53).



Fossilien aus den Nördlichen Kalkalpen:

oben links: *Conchodus infraliasicus* (Kuhtrittmuschel), Bad Mitterndorf

oben rechts: *Monophyllites simonyi* (Kopffüßer), Feuerkogel bei Bad Aussee

unten links: *Pinacophyllum parallelum* (Stockkoralle), Elmsee

unten rechts: *Rhynchonella greppini* (Brachiopoden), Grimming



Bei der Rekonstruktion der ehemaligen Ablagerungsräume, wie auch der zeitlichen Zuordnung der einzelnen Gesteinsschichten kommt den Fossilien eine große Bedeutung zu. Korallen und Kalkalgen sind Indexfossilien der Trias-Riffbereiche (53), die sagenumwobenen Kuhtritt- oder Dachsteinmuscheln in Ablagerungen der Obertrias deuten auf Lagunenbildungen (53,54). Die Ammoniten dagegen waren typische Hochseebewohner. Ihre aufgewundenen Kalkgehäuse werden heute oft massenhaft in rotgefärbten Trias-(Hallstätter Kalke) und Jurakalken gefunden (52,55). Gesteinsbildend können aber auch Stielglieder von Seelilien sein, wie die Hierlatzkalke aus der ältesten Jura-Zeit beweisen (55).

In der unteren Kreidezeit gestalten dann die ersten gebirgsbildenden Ereignisse diesen Meeresraum um. Das Meer wird örtlich sogar zum Festland, über dem sich dann in der Oberkreide das durch seinen Fossilreichtum bekannte, landnahe Gosaumeer ausbreitet. Schnecken (Trochactaeon, Nerinea), Muscheln (Hippurites, Inoceramus), Korallen und Pflanzenreste sind die begehrten Sammelobjekte dieser Schichten, in denen der Fossiliensammler besonders im Raum Hieflau - Gams oder im Salzkammergut ein reiches Betätigungsfeld findet (56).

Aber auch westlich von Graz, in der "Kainacher Gosaue", treten im Raum Kainach - Geistthal, besonders aber im Raum St.Bartholomä, fossilführende Oberkreide-Schichten auf. Hier lagern sie allerdings Gesteinen des Grazer Paläozoikums auf (57).

Die alpidische Gebirgsbildung (49,61) bewirkte eine mehrfache Übereinanderstapelung der mesozoischen Schichtglieder, wodurch die Kalkalpen auch intern einen recht komplizierten Decken- und Faltenbau zeigen. Wetterstein- und Dachsteinkalke der Trias sind in Bezug auf Fläche, Mächtigkeit und auch als Wandbildner die dominierenden Schichtglieder am Dachstein, Grimming, im Toten Gebirge, Gesäuse und Hochschwab. Das Zentrum in der Verbreitung massiger Oberjura-Kalke liegt in den Wänden um den Altausseer-See. Die sandig-tonigen Werfener Schichten dokumentieren sich landschaftlich in saftigen grünen Almmatten und fungieren vielfach auch als Wasserstauer unter den verkarsteten Kalkgesteinen.

oben: Dachstein-Südwand; aufgebaut aus gebankten Dachsteinkalken
unten: Unterjura-Spaltenfüllung (rötlich) in gebanktem Dachsteinkalk, Loser



Die Lebewelt des Oberkreide-(Gosau-)Meeres

In der Trias schließt an den Bildungsraum der heutigen Ostalpen - durch einen Festlandrücken getrennt - im süddeutschen Raum ein Küsten- und Flachmeergebiet an. Die Gesteinsentwicklung dieser **"Germanischen Trias"** (59) mit Konglomeraten, Sandsteinen, Flachwasserkalken und Mergeln wird nach den Hauptgesteinstypen in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper unterteilt. Auch im Jura (58) bedeckte den Süddeutschen Raum ein Binnenmeer. Die Sedimente des hier abgelagerten **"Schwarzen, Braunen und Weissen Jura"** sind aufgrund ihres Fossilreichtums zu einer unerschöpflichen Fundgrube der damaligen Lebewelt geworden (1-8,58).

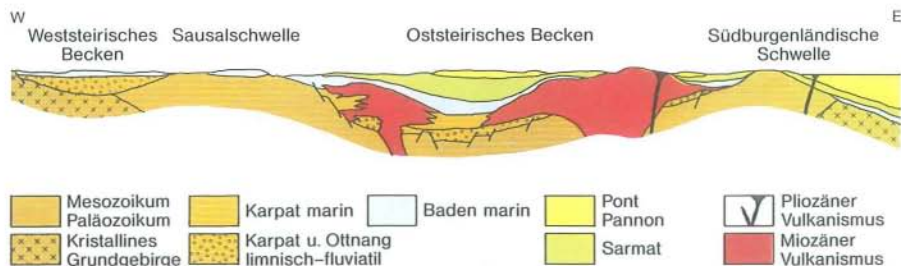
Tertiär



Das Tertiär ist im Alpenraum durch das allmähliche Abklingen der alpidischen Gebirgsbildung gekennzeichnet. Starke Hebungen bewirken im Alttertiär zunächst noch ein weiteres Abgleiten und Übereinanderschleiben der alpinen Deckeneinheiten nach Norden. Gegen Ende der karpatischen Tertiärstufe erfolgten dann in der sogenannten "Steirischen Phase" die letzten bedeutenden tektonischen Bewegungen. Der Bau der Alpen war damit, abgesehen von seiner endgültigen Heraushebung, beendet. Im Rückland des Alpen-Karpatenbogens kommt es in dieser Zeit aber noch zu magmatischen Prozessen, die u.a. die Vulkane des oststeirischen Vulkanbogens speisen.

Ablagerungen aus dem älteren Tertiär finden sich nur im Bereich von **Wörschach** und bei **Gams/Hieflau**, wo sich die Oberkreideentwicklung ohne scharfe Grenze in gesteinsmäßig ähnlicher Ausbildung bis in das Alttertiär hinein fortsetzt.

Alle bisher besprochenen Einheiten der Steiermark wurden durch die alpidische Gebirgsbildung betroffen und noch vor dem Beginn der Ablagerungen im Steirischen Becken in ihre heutige Position transportiert (61).





Im südöstlichen Vorland der Alpen, der **Steirischen Bucht**, gestaltete sich nun zunächst ein weiträumiges Senkungsfeld aus, das die Abtragsprodukte des sich heraushebenden Gebirges aufnahm. Unter tropisch-subtropischen Klimaverhältnissen bildeten sich hier entlang des Gebirgssaumes ausgedehnte Sumpfwälder, deren abgestorbene und durch Schlamm- und Schuttmassen überdeckte organische Substanz Ausgangspunkt für die Braun- und Glanzkohlenlagerstätten des Weststeirischen Reviers wurden. Innerhalb des Alpenkörpers bildeten sich zu dieser Zeit entlang von Störungen im Bereich der Mur-Mürz-Furche die Senkungszonen der **Inneralpinen Tertiärbecken** aus, die ebenfalls mit Schutt aufgefüllt wurden und ehemals wirtschaftlich bedeutende Kohlenvorkommen (Fohnsdorf) beherbergten (62,64).

Vor ca. 16 Millionen Jahren drang dann vom Südosten her ein Meer in die Steirische Bucht ein. Zum Höchststand seiner Ausbreitung reichte es bis zum Saum der Koralpe und etwa bis zur Linie Stainz - Graz (71). Der Sausal war eine brandungsumtoste Insel, der nach Osten auf Untiefen Riffkörper (70) vorgelagert waren. Inseln und Riffe schirmten eine westlich davon gelegene Lagune (71) im Raum Groß St. Florian - Pöls - Preding vor den Einflüssen des offenen Hochseebereiches ab, aus dem sich im Osten im Raum Gleichenberg feuerspeiende Vulkaninseln (Gleichenberger Kogel) erhoben, die Trachyte und Trachyandesite förderten (67,71).

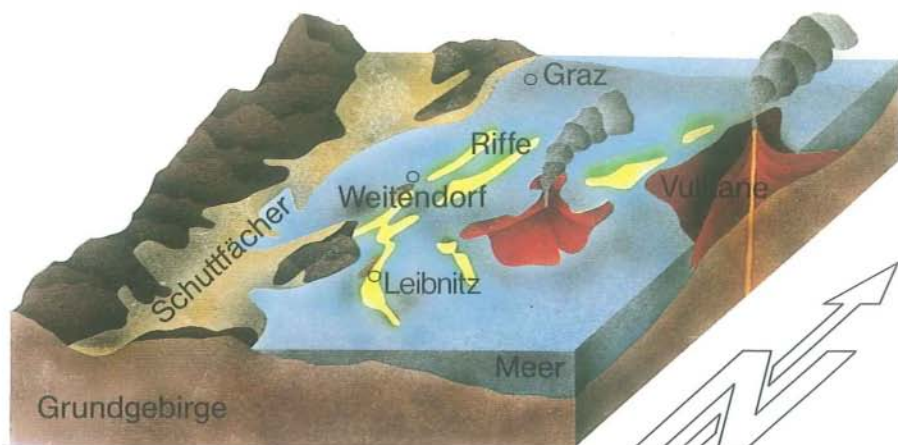
Anhand typischer Gesteine und der darin eingeschlossenen Fossilien kann heute noch die Ausbildung und Verbreitung des damaligen Meeresraumes rekonstruiert werden. Dunkle, tonige Gesteine, die stellenweise massenhaft Schnecken und Muscheln führen, sind charakteristische Ablagerungen der Lagunen, helle Kalke (Leithakalke) mit Resten von Korallen, Algen, Seeigeln und dickschaligen Muscheln die typischen Bildungen der Riffsäume (70,71).

Seit Römerzeiten waren diese gut zu bearbeitenden Fossilkalke als Baustein (73) begehrt, wie die unterirdischen Stollenanlagen bei Aflenz/Leibnitz beweisen, die Material für den Bau von Flavia Solva lieferten. Heute sind diese Riffkalke, die in einem Großbetrieb bei Retznei gebrochen werden, Rohstoff für die Zementindustrie.

Fossilien des steirischen Tertiärmeeres:

oben: Seeigel, Haifischzahn und Korallenstock aus dem Leithakalk

unten: Turmschnecken in Lagunensediment, Weitendorf

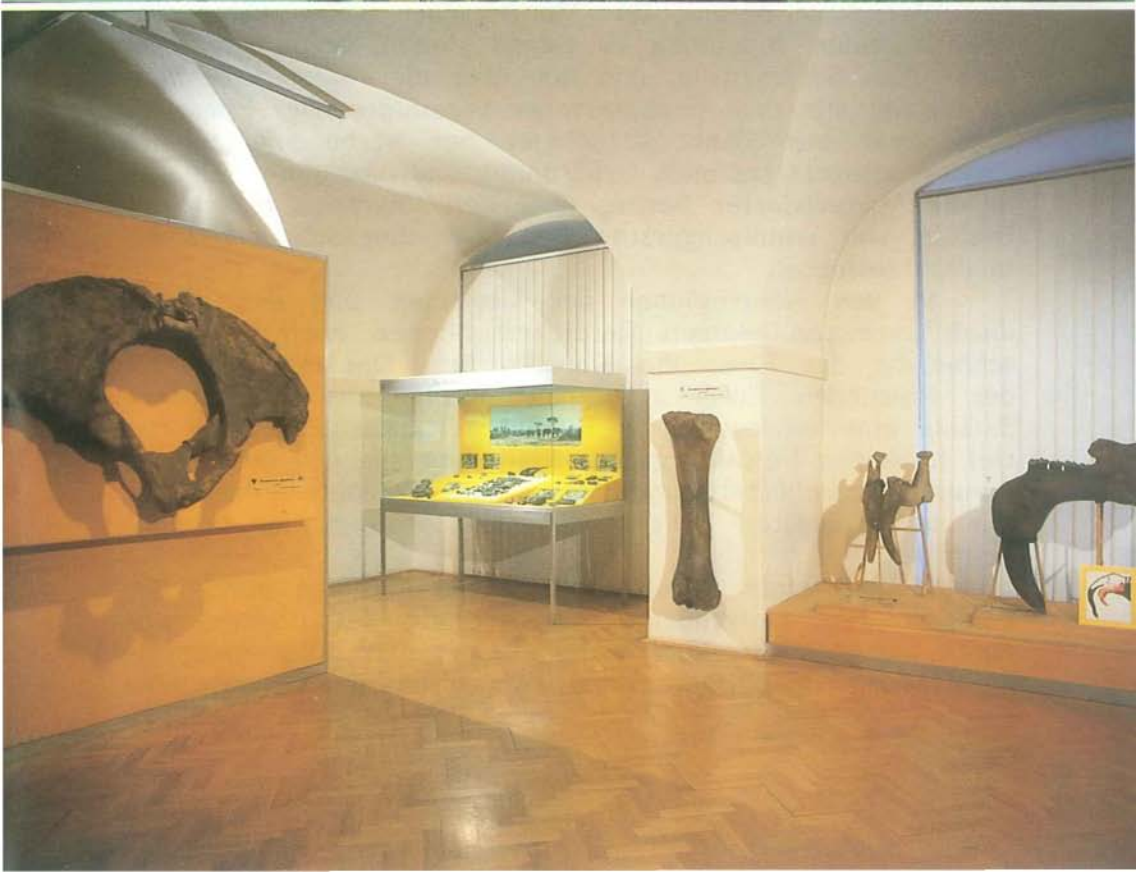


Im weiteren Verlauf der Tertiärzeit zog sich das Meer immer weiter nach Südosten zurück. Die Steirische Bucht verlandete und wurde schließlich zu einer Savannenlandschaft, die von gewaltigen Flußsystemen durchzogen war. Diese lagerten in ihren Mäandern und als Deltaschüttungen in verlandenden Seen jene Sand- und Schottermassen ab, die in den zahlreichen oststeirischen Sandgruben aufgeschlossen sind und reichlich Überreste der damaligen Tierwelt mit Urrüsseltieren, Nashörnern, Giraffen, Antilopen usw. bergen (63,65,74-85).

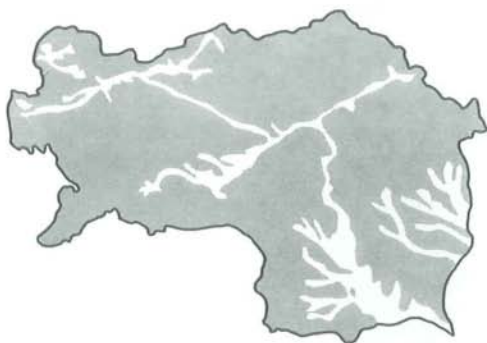
Im allerjüngsten Tertiär, vor ca. 2 Millionen Jahren, erbehte die Oststeiermark abermals unter vulkanischen Eruptionen (67). Explosionsartig schossen, die gesamte Schichtfolge durchschlagend, basaltische Förderprodukte (67,68) hervor, deren Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen sich auch heute noch in der Landschaft widerspiegelt. Der Burgberg der Riegersburg stellt eine Füllung einer vulkanischen Schlotröhre dar, die später durch die Erosion des Umgebungsmaterialies herauspräpariert wurde. Der Steinberg bei Feldbach wird ebenso wie der Klöcher Kogel von basaltischen Lavadecken aufgebaut. Der als Ausflugsort beliebte Kapfensteiner Kogel ist Rest einer ehemaligen Tuff-Füllung in einem mit Wasser gefüllten vulkanischen Krater.

oben: Lebensbild aus dem Tertiär der Steiermark; Aquarell von Wilhelmine König 1936/37

unten: Großsäugetierfunde aus Pannonschottern der Oststeiermark



Quartär

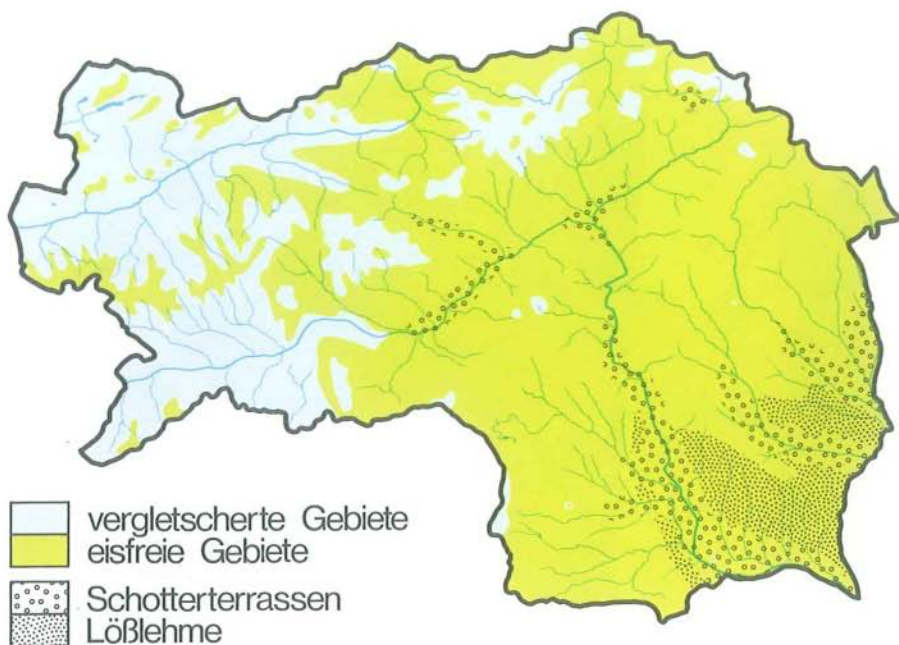


Dieser erdgeschichtlich jüngsten Epoche entstammen die entlang des heutigen Gewässernetzes abgelagerten **Lockerablagerungen** und die an den Bergflanken anzutreffenden **Hangschuttmassen**. Als landschaftsprägendem Faktor kommt der **Eiszeit (86)**, die bis vor etwa 10.000 Jahren andauerte und die durch einen wiederholten Wechsel von Kalt- und Warmzeiten geprägt war, große Bedeutung zu.

Zum **Höchststand der Vereisung** ragten nur die höchsten Alpengipfel aus den zu einem Eisstromnetz verbundenen Gletschern heraus. Der Murgletscher, dessen Endmoränen im Raum Judenburg zu liegen kamen, besaß zu dieser Zeit einen Seitenzweig, der sich über die Neumarkter Senke hinweg mit dem Draugletscher vereinigte. Der Ennsgletscher war mit dem Salzachgletscher verbunden, reichte Ennstal abwärts bis nach Großraming und entsandte Ableger in die Mitterndorfer Senke, über den Phyrnpaß bis in das Becken von Windischgarsten und über den Schoberpaß bis in das Liesingtal.

In den Nährregionen der Gletscher und den sporadisch vereisten alpinen Bereichen blieben nach dem Abschmelzen des Eises die Kare zurück. Die erosive Kraft des fließenden Eises schuf im Bereich des Neumarkter Sattels eine eindrucksvolle Rundhöckerlandschaft. Auch das tief in seinen Felsuntergrund eingeschnittene und heute wiederum aufgeschüttete und daher stark vernäßte Ennstal ist mit seiner breiten U-Form eine Erosionsform des fließenden Eises.

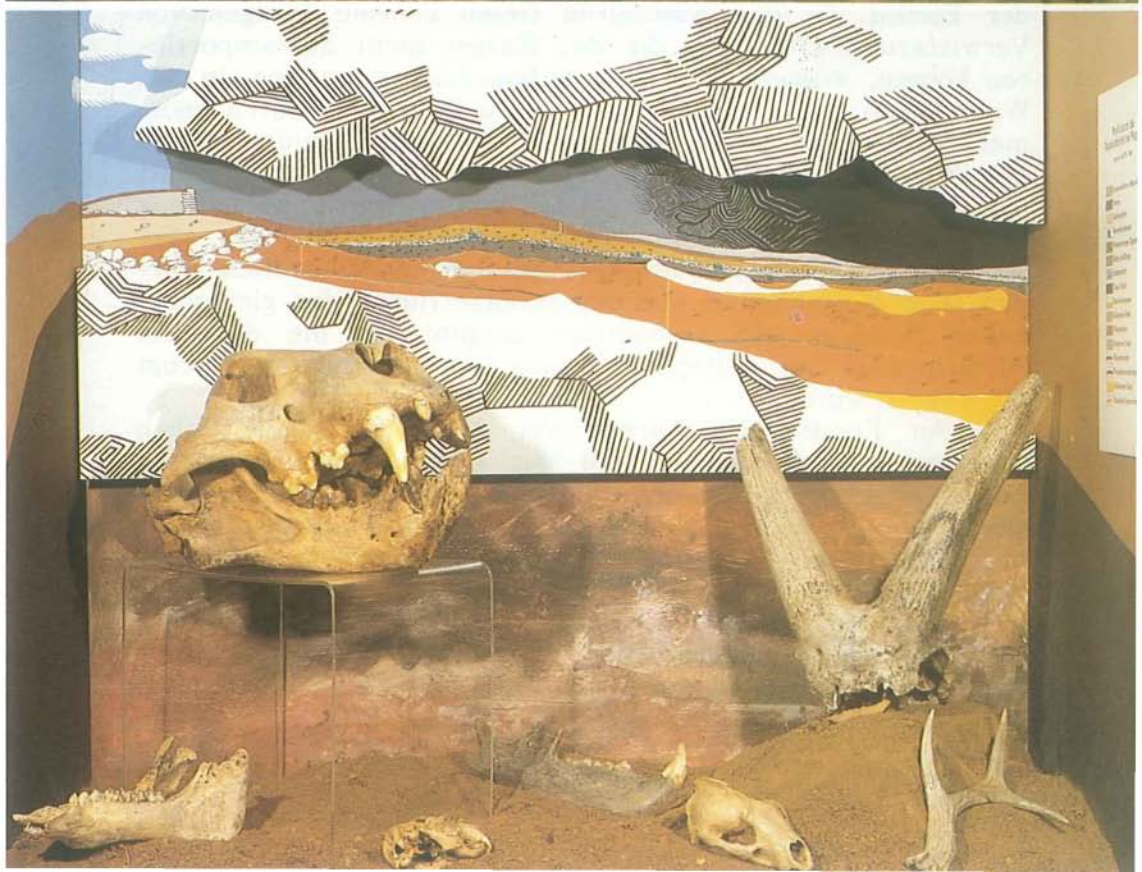
In den **nicht vereisten Gebieten** erfolgte durch Bodenfrost eine tiefgründige Aufwitterung des Bodens, wodurch hier das unversehrte Gestein oft erst unter einer einige Meter mächtigen Verwitterungsschwarte angetroffen



wird. Auch die gewaltigen Schotterterrassen entlang des Murtales von Judenburg abwärts haben ihren Ursprung in der Eiszeit. In den Kaltzeiten fielen enorme Mengen von Verwitterungsschutt an, die das Wasser nicht abtransportieren konnte, wodurch die Täler aufgeschottert wurden. In den Warmzeiten dagegen konnten sich die Flüsse mit ihren enormen Schmelzwassermengen wieder tiefer einschneiden. Durch den für die Eiszeit charakteristischen Wechsel von Kalt (Glazial)- und Warm (Interglazial)-zeiten wurde so entlang des Murtales eine komplizierte, vielfach ineinander verschachtelte Terrassenlandschaft geschaffen. Zusätzlich wurden in den Kaltzeiten aus den Schotterfluren der gletschernahen Bereiche die Feinanteile ausgeblasen, die dann im Alpenvorland auf höheren Niveaus als Lößlehme wiederum abgelagert wurden.

An Fossilfunden bergen vor allem die eiszeitlichen **Schotterterrassen (89,90,97,98)** des Grazer- und Leibnitzer Feldes Reste von Tundrenbewohnern, wie Riesenhirsch, Rentier, Wollnashorn und das bekannte Mammut, von dem selbst im Stadtgebiet von Graz zahlreiche Backenzähne und Stoßzahnreste gefunden wurden.

Die **Höhlensedimente** der steirischen Verkarstungsgebiete bergen dagegen Reste zahlreicher, den alpinen Biotop bevorzugender, Tiere (87,93,94,96,99). Der bedeutendste



Vertreter dieser Fauna mit Braunbär, Wolf, Steinbock, Gemse, Murmeltier, Marder u.a. ist wohl der Höhlenbär. Besonders aus der Drachenhöhle bei Mixnitz (95) wurde im Zuge der österreichischen Höhlendüngraktion nach dem Ersten Weltkrieg umfangreiches Höhlenbärenknochenmaterial für die Wissenschaft sichergestellt. Dank einer umfangreichen Bearbeitung dieser Funde wissen wir über den Höhlenbären, seine Anatomie, Lebensgewohnheiten und schließlich auch seine Degenerationserscheinungen, die letztlich zum Aussterben dieses eiszeitlichen Parafossils führten, besser Bescheid als über so manche heute noch lebende Tierart.

In die Eiszeit fällt aber auch die erste Besiedlung des Alpenraumes durch den **Menschen (92,100)**. Obwohl sich bisher in der Steiermark noch keine Knochenreste des Eiszeitmenschen gefunden haben, deuten Funde von Stein- und Knochenwerkzeugen, zur Markentnahme geöffnete Röhrenknochen und Feuerstellen, die bei Höhlengrabungen bloßgelegt wurden, indirekt auf seine Existenz. Bei den Grabungen wurde auch Holzkohlenmaterial gefunden, das sich bestimmten Baumarten zuordnen läßt. Dadurch erlangt man nicht nur Detailinformationen über den eiszeitlichen Waldbestand, sondern auch den Hinweis, daß die Eiszeit immer wieder durch wärmere Phasen unterbrochen war, in denen die jährlichen Temperaturmittel sogar über den heutigen lagen.

So war schon der Mensch der Steinzeit, der aus dem Gesteinsangebot seiner Umgebung gezielt brauchbares Material für Waffen und Geräte (100) auswählte, mit dem Stoffgebiet der Geologie in Berührung gekommen. Noch viel intensiver und sicher auch bewußter beschäftigte sich der Berg- und Hüttenmann der Bronze- und Eisenzeit mit geologischen Fragen. Er lernte, im Berg dem Salz und Erz nachzugehen und aus dem Roherz Metall zu erschmelzen. Damit waren die ersten Schritte auf dem Weg getan, die Naturlandschaft zur **Kulturlandschaft** umzugestalten und zuerst zögernd, dann zusehends selbstbewußter und in unseren Tagen doch auch recht selbstkritisch, in das Hebelwerk natürlicher Abläufe einzugreifen. Damit wird der Mensch selbst zu einem geologischen Faktor (101-103). Er verändert seine natürlichen Lebensräume und gerät damit immer mehr in Gefahr, sich selbst seiner Lebensmöglichkeiten zu berauben.

oben: Steinzeitmenschen; Gemälde von Franz Roubal 1956

unten: Knochenfunde aus der Repolusthöhle bei Peggau

Das Schaubergwerk

Im Jahre 1936 schufen Bergleute aus Rosental bei Köflach ein kleines Schaubergwerk, das die Verhältnisse einer weststeirischen Braunkohlengrube zur damaligen Zeit wiedergibt.

Der Zugang ist einem **Schacht** nachempfunden, der durch **taubes Gestein** zum **Flözhorizont** führt. Dieses Gestein - Schotter, Sand, Ton und Mergel mit einzelnen Kohleschnüren - ist rund um die Wendeltreppe in verschiedenen Farben im Maßstab 1:20 dargestellt.

Durch die **Wettertür**, durch die man in die eigentlichen **Grubenbaue** gelangt, erreicht man die **Förderstrecke**, die mit Holz ausgezimmert ist. Die **Zimmerung** besteht jeweils aus zwei **Stempeln** an den **Ulmen** und einer darauf ruhenden **Kappe** an der **Firste**.

An den **Ulmen** sind zur Bewetterung **Lutten** angebracht, die mit dem Wetterschacht in Verbindung stehen.

Auf der **Sohle** ist das Fördergleis verlegt, das bis "**vor Ort**" führt, wo die Kohle mittels einer mit Preßluft betriebenen Bohrmaschine abgebaut und auf **Hunte** verladen wird. Vor der Wettertür ist im Geleise eine Wendeplatte für die Hunte eingebaut. Von dieser Wendeplatte führt die Strecke weiter zu einem **Aufbruch**. Er dient zur Abförderung des in höheren Horizonten anfallenden Fördergutes, das in Rutschen in den am Fuß des Aufbruches stehenden Hunt gleitet. Seitlich der Rutsche ist eine **Fahrt** aufgestellt. Auf dieser und weiter auf Stufen gelangt man schließlich auf die nächsthöhere Sohle. Hier ist ein Bunker eingebaut, in welchem Kohle aus noch höheren Horizonten gespeichert und nach Bedarf durch die Rutsche weiterbefördert wird. Am Bunker vorbei gelangt man über eine Fahrt in den nächsttieferen Horizont, der zum Ausgang führt.

Die Mauer, die die Förderstrecke an der linken Seite begrenzt, hat die Funktion, Gefahren fernzuhalten, die in anderen Teilen des **Grubengebäudes** durch Gasaustritte, Wasser- oder **Schwimmsandeinbrüche**, Grubenbrände etc. entstanden sind. Zur Kontrolle des Gasdruckes und zur Entnahme von Gasproben sind in die Mauer entsprechende Geräte eingebaut.

Seit der Errichtung des Schaubergwerkes hat sich die Vortriebs-, Abbau- und Fördertechnik im Grubenbau grundlegend geändert. Darüberhinaus geht der Trend aber immer mehr auch dahin, selbst bei relativ großer Überlage-

rung Braunkohle im Tagbau zu gewinnen, wie etwa im Kohlevorkommen von Oberdorf bei Bärnbach.



Erläuterungen von Begriffen der Bergmannssprache

- Aufbruch:** Grubenbau, der von einer Strecke aus in die Höhe getrieben wird.
- Braunkohle:** braune, z.T. faserige Kohle, die aufgrund ihres geringeren erdgeschichtlichen Alters schwächer inkohlt ist als Steinkohle und deshalb weniger Kohlenstoff, dafür aber mehr Sauerstoff und Wasserstoff enthält. Ihr Heizwert ist dementsprechend geringer.
- Fahrt:** Leiter in einem Aufbruch oder Schacht.
- Firste:** obere Begrenzung einer Strecke, eines Stollens oder sonstigen Grubenbaues.

Flöz:	Gesteinsschicht, die wirtschaftlich wichtige Stoffe enthält oder fast gänzlich aus ihnen besteht (Kohle, Erz, Salz).
Förderstrecke:	Strecke, die der Förderung, d.h. der Fortbewegung des Haufwerks, dient.
Grubenbau:	planmäßig hergestellter bergmännischer Hohlraum unter Tag.
Grubengebäude:	Gesamtheit aller Grubenbaue.
Haufwerk, Hauwerk:	Roherz, so wie es gewonnen wird.
Hunt:	Förderwagen
Kappe:	Bauglied einer Zimmerung, welches auf den beiden seitlichen Stempeln aufruhet und sie an der Firste miteinander verbindet ("Türstockzimmerung").
Lutte:	Zu- oder Ableitungsrohr für Wetter.
Ort:	Bereich, wo gearbeitet wird; "vor Ort".
Ortsbrust:	Ende einer Strecke oder eines Stollens.
Schacht:	senkrechter bergmännischer Einbau.
Schwimmsand:	nicht verfestigter, wasserführender Sand.
Sohle:	untere Begrenzung einer Strecke oder eines Stollens; auch Horizont eines Grubenbaues.
Stempel:	vertikales Bauglied einer Zimmerung.
Stollen:	waagrecht, nicht an den Tag mündender Grubenbau.
Tag:	Erdoberfläche
taubes Gestein:	für den jeweiligen Zweck unbrauchbares Gestein.
Ulm:	seitliche Begrenzung einer Strecke oder eines Stollens.
Wetter:	Gesamtheit der im Grubenbau befindlichen Luft, z.B. frische (gut atembare), matte (sauerstoffarme), böse (giftige) und schlagende (explosive) Wetter.
Zimmerung:	Holzausbau in Schächten, Stollen oder Strecken.

Kleiner Führer durch die Schausammlung

Der Schwerpunkt der Schausammlung liegt angesichts der Landesbezogenheit des Joanneums naturgemäß auf der Dokumentation des erdgeschichtlichen Werdeganges der Steiermark. Dieser wird jedoch nicht isoliert gesehen, sondern eingebunden in die räumlich-zeitliche Entwicklung des weiteren Umlandes und vor dem Hintergrund jener Kräfte dargestellt, die seit Tausenden von Jahrmillionen die Entwicklung der Erde steuern.

Jeder Filmvorspann stellt zunächst den Drehbuchautor vor und den Regisseur, vielleicht auch denjenigen, der für die Tricks verantwortlich ist. Das Buch zum Film "Erdgeschichte" schrieb die Natur, sie arbeitet ohne Tricks; die abenteuerlichen Formen der im Zeitalter der Comics besonders beliebten Saurier erfindet sie selbst, gleichsam nebenher, als Sonderfall und Sackgasse der Evolution (**Schauraum 1**). Als Regisseur arbeiten seit Hunderten, ja Tausenden von Jahrmillionen immer die gleichen Kräfte, etwa jene, wie sie uns auch heute in einem romantischen Wasserfall entgegentreten, oder in einem behäbig dahinströmenden Fluß - aber auch in den dramatischen Äußerungen der Tiefe, in verheerenden Erdbeben und Vulkanausbrüchen.

Um für eine Wanderung durch die Erdgeschichte gerüstet zu sein, gilt es also zunächst, jene Kräfte vorzustellen, die ebenflächige Gesteinsschichten in wilde Falten legen, Gebirge aus dem Meer emporheben, Kontinente auseinanderdriften lassen und den ewigen Kreislauf von Gesteinsentstehung und Gesteinszerstörung in Gang halten (**Schauraum 2**). Es gilt ferner, die enge Verknüpfung der Geschichte der Erde (Geologie) und der Geschichte des Lebens (Paläontologie) kennenzulernen und auf der "Geologischen Uhr" die stete Höherentwicklung des Lebens zu verfolgen, von den mehr als 3 Milliarden Jahre alten primitiven Einzellern, bis herauf zum Menschen, der erst sehr spät in die Erdgeschichte eingetreten ist (**Schauraum 3**).

So vorbereitet läßt sich nun die erdgeschichtliche Entwicklung der Steiermark durchwandern (**Schauräume 4-6**), von den 500 Millionen Jahre alten Zeugen eines reichen Meereslebens im Raume des heutigen Graz bis herauf zu den Funden in den Höhlen um Peggau, wo der Mensch der Eiszeit seine früheste Anwesenheit auf steirischem Boden vor 100.000 Jahren verrät. Seither wurde der Mensch selbst

mehr und mehr zu einem der Faktoren, die die Erde gestalten - was er dabei im Hinblick auf seine Umwelt schon "geleistet" und mit Blickpunkt auf die Rohstoffe noch zu erwarten hat, wird am Ende unserer Wanderung stehen.

Als Wegweiser und als "roter Faden", der durch die Schausammlung führt, dient eine Farbgebung der Vitrinen und Schaeueinheiten, die sich an den international genormten Farben für bestimmte geologische Zeiteinheiten oder Gesteinsschichten orientiert und generell umso hellere Farben verwendet, je jünger die dargestellten Schichtfolgen sind; sie wird auf den Zeittafeln im Schauraum 3 (28,32) vorge stellt. Ausschnitte aus der "Geologischen Uhr" und der Geologischen Karte der Steiermark markieren darüber hinaus in jedem Schauraum die zeitlich-räumliche Verbreitung der jeweils dargestellten erdgeschichtlichen Einheiten. In **Schauraum 4** (Oliv-, Braun- und Rot-Töne) ist dies die Steirische Zentralzone, die im Norden vorgelagerte Grauwackenzone und das Grazer Bergland mit ihren aus dem **P a l ä o - z o i k u m** (Erdaltertum) stammenden Schichtfolgen, den Resten eines reichen tierischen Meereslebens und den vielfältigen Lagerstätten nutzbarer Mineralien wie Eisen und Magnesit, Graphit und Talk, Blei und Zink.

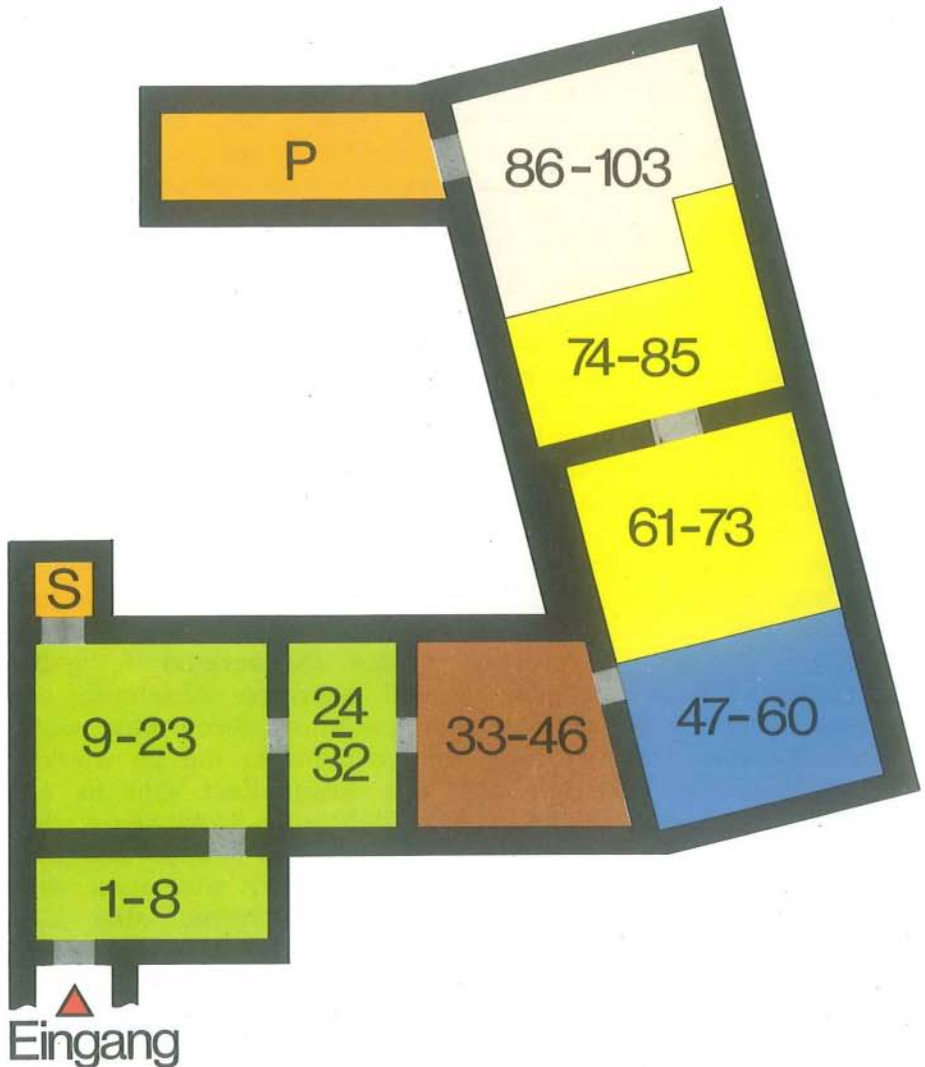
In **Schauraum 5** ist zunächst das **M e s o z o i - k u m** (Erdmittelalter) der Steiermark (Farbgebung blau und grün) dargestellt, das seine beste Entwicklung in den



Nördlichen Kalkalpen hat. Reiche Faunen des offenen Meeres, wie die inzwischen ausgestorbenen Ammoniten, riffbauende Korallen, großwüchsige Muscheln der Küstenzonen und schließlich Salz- und Gipslagerstätten als Zeugen eindampfender Meeresbecken kennzeichnen die Verhältnisse im Raum der Ostalpen zu jener Zeit. Saurierfährten aus dem deutschen Buntsandstein, spektakuläre Fossilien aus den berühmten Fundgebieten von Holzmaden und Solnhofen in Süddeutschland (siehe dazu auch Fossilplatten, Fußboden und Fensterbank in Schauraum 1!) mögen ebenso wie der Steinboden, der aus den bekannten Brüchen von Carrara in Italien stammt, als Beispiele für die andersartige, jedoch zeitgleiche Entwicklung in den Nachbargebieten dienen.

Ebenfalls in Schauraum 5, jedoch mit gelber Leitfarbe gekennzeichnet, finden sich Funde aus dem K ä - n o z o i k u m, der Erdneuzeit, als während des Tertiärs das Meer von Osten her buchtartig in die Alpen eingriff und den ost- und südsteirischen Raum mit seinen Ablagerungen bedeckte. Diese Ablagerungen, die vielfältigen Gesteine und Fossilien, die Zeugen tropischer Saumriffe und lavaspeiender Vulkane, die Braunkohlenlager (siehe dazu auch das Braunkohlenschaubergwerk!) als Ergebnis der am Gebirgsfuß hinziehenden Küstensümpfe, lassen deutlich den steten Kampf zwischen Land und Meer ablesen. Den endgültigen Rückzug des Meeres schließlich signalisieren die reichen Großsäugerfunde aus der West-, Ost- und Südsteiermark, die zusammen mit der übrigen Fauna und den vielfältigen Zeugen einer tropisch-subtropischen Pflanzenwelt ein "steirisches Serengeti" vor unseren Augen erstehen lassen, das auf europäischen Boden mit dem Ende des Tertiärs "sterben durfte", ja sterben mußte (Schauraum 6, gelbe Leitfarbe). Denn der jüngste und kürzeste Abschnitt der Erdgeschichte, das Quartär, war zunächst durch eine weltweite Klimaverschlechterung gekennzeichnet, die zu wiederholten Eiszeiten führte. Auch aus dieser Zeit gibt es auf steirischem Boden reiche erdgeschichtliche Dokumente. Sie stammen insbesondere aus den Höhlen des Grazer Berglandes und aus den Schotterfluren der Täler, wie etwa dem Grazer Feld. In der Tierwelt kennzeichnend sind u.a. Mammut und Wollnashorn, Riesenhirsch und Höhlenbär; für uns besonders interessant sind jedoch die frühesten Zeugnisse der Anwesenheit des Menschen auf steirischem Boden, sein Werkzeug, die Reste seiner Feuerstellen (Schauraum 6, beige Leitfarbe).

Der letzte Raum schließlich (**Medienraum, Raum 7**) soll mittels Diaserien, Video und Film die Schausammlung ergänzen, das Verständnis und das Interesse für die Geowissenschaften wecken und vertiefen und ein Eingehen auf aktuelle Ereignisse und Entwicklungen ermöglichen.



Verzeichnis der Schaeueinheiten

Die Entfaltung der Saurier

- 1 Archaeopteryx (Urvogel)
- 2 Die Entfaltung der Saurier
- 3 Mystriosaurus (Meereskrokodil)
- 4 Stenopterygius (Fischsaurier)
- 5 Pentacrinus (Seelilie)
- 6 Was ist ein Fossil?
- 7 Stenopterygius (Fischsaurier)
- 8 Fußboden und Fensterbank

Geologische Kräfte - Gestalter unserer Erde

- 9 Sammelbereiche der Abteilung
- 10 Bau der Erde
- 11 Geschichte der Kontinente
- 12 Tiefengesteine
- 13 Vulkanismus
- 14 Vulkanische Gesteine
- 15 Die Steiermark zur Braunkohlenzeit
- 16 **Schaubergwerk**
- 17 Lagerstätten
- 18 Entstehung der Gesteine
- 19 Absatzgesteine, metamorphe Gesteine
- 20 Verwitterung und Abtrag (Grafik)
- 21 Verwitterung und Abtrag (Vitrine)
- 22 Verformung der Gesteine
- 23 Relief des Sántis

S Sonderausstellungsraum

Fossilien - Zeitmarken der Erdgeschichte

- 24 Paläontologie
- 25 Geologie
- 26 Saurierfährte
- 27 Die geologische Uhr
- 28 Leitfossilien der Erdgeschichte - Tiere
- 29 Offenes Meer
- 30 Riff - Küste
- 31 Festland
- 32 Leitfossilien der Erdgeschichte - Pflanzen

Geologischer Werdegang der Steiermark - Erdaltertum

- 33 Der geologische Aufbau der Steiermark
- 34 Fossilien des Erdaltertums
- 35 Fossilien des Erdaltertums
- 36 Kristallin - Kor-, Stub-, Gleinalpe
- 37 Kristallin - Oststeiermark
- 38 Kristallin - Niedere Tauern
- 39 Paläozoikum von Graz - Rannachfazies
- 40 Paläozoikum von Graz - Schöckelkalkfazies
- 41 Paläozoikum von Graz - Hochlantschfazies
- 42 Paläozoikum von Graz - Lagerstätten
- 43 Grauwackenzone (Erzberg)
- 44 Grauwackenzone (Veitsch)
- 45 Karbon von Turrach (Steinkohlenwald)
- 46 Mikrofossilien des Erdaltertums

Geologischer Werdegang der Steiermark - Erdmittelalter

- 47 Fossilien des Erdmittelalters
- 48 Fossilien des Erdmittelalters
- 49 Die steirischen Kalkalpen
- 50 Nördliche Kalkalpen - Schichtfolge
- 51 Alpine Salzlagerstätten
- 52 Ammoniten
- 53 Trias-Riffe
- 54 Trias-Fossilien
- 55 Jura-Fossilien
- 56 Kreide-Fossilien
- 57 Kreide-Gesteine
- 58 Deutscher Jura
- 59 Deutsche Trias
- 60 Mikrofossilien des Erdmittelalters

Geologischer Werdegang der Steiermark - Erdneuzeit

- 61 Das Tertiär in der Steiermark
- 62 Braunkohlenlagerstätten
- 63 Säugetiere des Jungtertiärs
- 64 Pflanzen des Jungtertiärs
- 65 Die Umgebung des Schöckels vor 6 Millionen Jahren
- 66 Fossilien der Erdneuzeit
- 67 Vulkanismus im Steirischen Tertiärbecken
- 68 Basaltsäule
- 69 Mikrofossilien der Erdneuzeit
- 70 Badener Stufe - Riffe

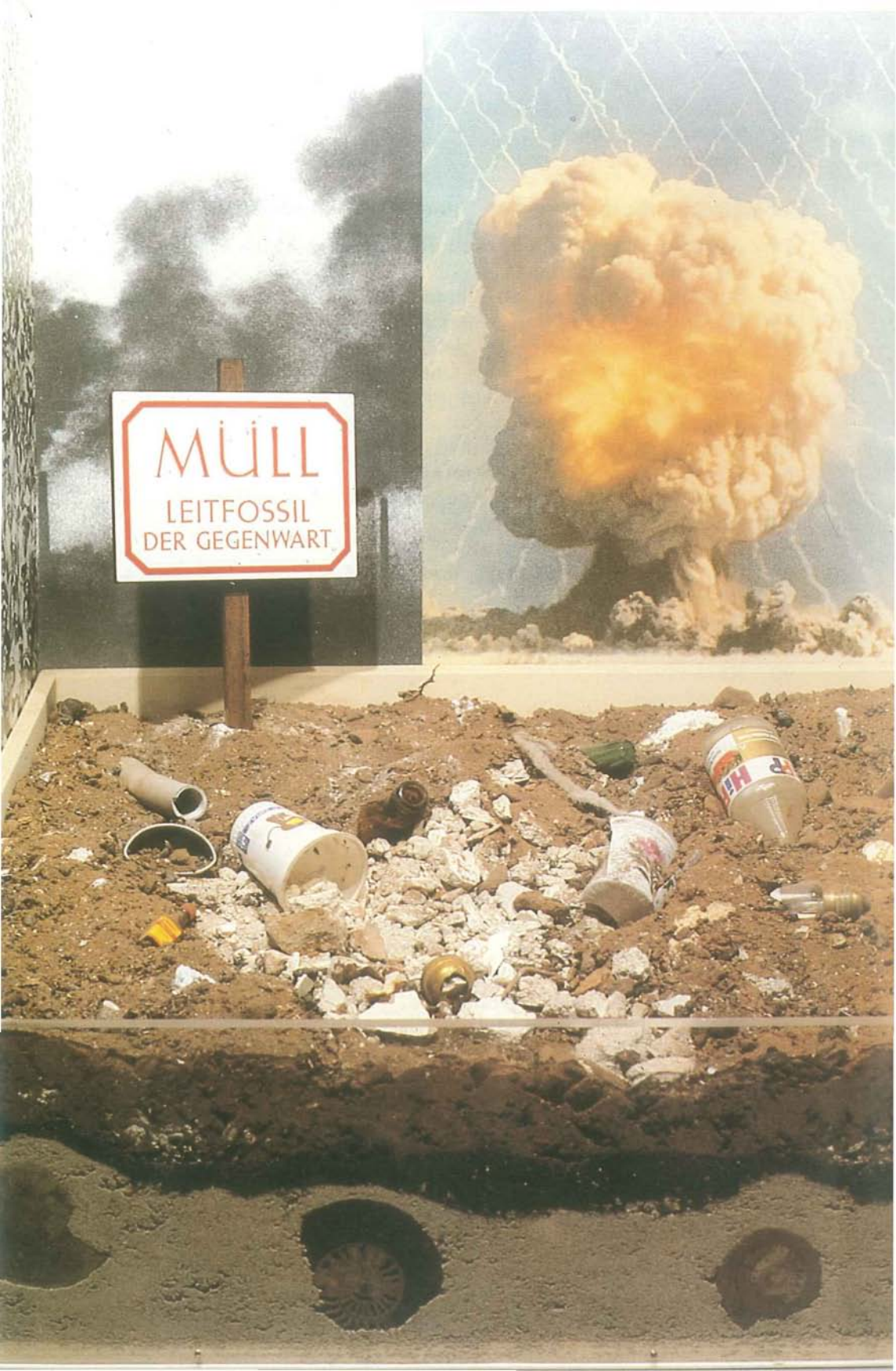
- 71 Badener Stufe - Lagune
- 72 Sarmat - Pannon
- 73 Säulen

Geologischer Werdegang der Steiermark - Erdneuzeit

- 74 Ausbreitungswege der Dinotherien und Mastodonten im Tertiär und Quartär
- 75 Mastodon/Dinotherium-Reste
- 76 Mastodon - Vorderextremität
- 77 Mastodon - Modell
- 78 Mastodon - Schädel und Unterkiefer
- 79 Mastodon - Oberschenkel
- 80 Dinotherium - Becken
- 81 Dinotherium - Oberschenkel
- 82 Dinotherium - 3 Unterkiefer
- 83 Ausbreitungswege der Aceratherien im Tertiär
- 84 Nashorn - Reste
- 85 Die Steirische Serengeti
- 86 Die Eiszeit in der Steiermark
- 87 Bison-Schädel
- 88 Die Tierwelt des Eiszeitalters
- 89 Mammutstoßzahn
- 90 Riesenhirsch
- 91 Tropfstein
- 92 Höhlenmensch (Ölbild)
- 93 Höhlenbär
- 94 Elchgeweih
- 95 Die Drachenhöhle bei Mixnitz und ihre eiszeitlichen Funde
- 96 Elchgeweih und Elch (Ölbild)
- 97 Tiere der Eiszeit - Steppe
- 98 Tiere der Eiszeit - Mammut
- 99 Tiere der Eiszeit - Repolusthöhle
- 100 Menschen der Vorzeit
- 101 Mensch und Erde - Verkarstung und Wüstenbildung
- 102 Mensch und Erde - Rohstoffe
- 103 Mensch und Erde - Müll

P Projektionsraum

MÜLL
LEITFOSSIL
DER GEGENWART



Der geologische Aufbau der Steiermark

F.Ebner

Quartär

Alluvium und Eiszeiterrassen

Sande, Kiese, Lehme, Tone, Konglomerate

Tertiär

Inneralpine Tertiärbecken

Tone, Sande, Kiese, Sandsteine, Konglomerate

Außeralpine Tertiärbecken

Tone, Sande, Kiese, Konglomerate, Kalke

Vulkanite

Mesozoikum

Nördliche Kalkalpen

Konglomerate, Sandsteine, Tonschiefer, Mergel, Kalke (Gosau-Schichten)

Kalke, Dolomite, Mergel

Tonschiefer, Sandsteine, Tone, Salz, Gips (Werfener-Schichten und Haselgebirge)

Zentralalpines Mesozoikum

Kalke, Dolomite, Rauchwacken

Quarzite, Serizitschiefer

Kainacher Gosau

Konglomerate, Sandsteine, Tonschiefer, Kalkmergel, Kalke

Paläozoikum

Grauwackenzone / Norische Decke und Ennstaler Phyllit (E)

Kalke, Dolomite

Tonschiefer, Phyllite, Grünschiefer, Diabase, Quarzite

Blasseneck-Porphyr

Grauwackenzone / Veitscher Decke

Kalke, Dolomite, Magnesite, Schiefer, Sandsteine, Konglomerate

Oberkarbon von Turrach

Tonschiefer, Sandsteine, Konglomerate

Paläozoikum von Graz (G), Murau (M), Sausal (S)

Kalke, Dolomite

Tonschiefer, Phyllite, Grünschiefer, Diabase, Quarzite

Kristallin

Glimmerschiefer, Gneise, Amphibolite, Quarzite, Granite, Pegmatite

Marmore

Serpentine

