

Geologische Karte von Bayern

1:25 000

Erläuterungen

zum

Blatt Nr. 8234 Penzberg

von

REINHARD HESSE und WALTER STEPHAN

mit Beiträgen von

KURT BADER (Geophysik)

HERMANN JERZ (Die Böden)

ERIKA HOHENSTATTER (Die Moorkommen)

ANDREAS VON POSCHINGER (Ingenieurgeologie)

JAN-PETER WROBEL (Hydrogeologie)

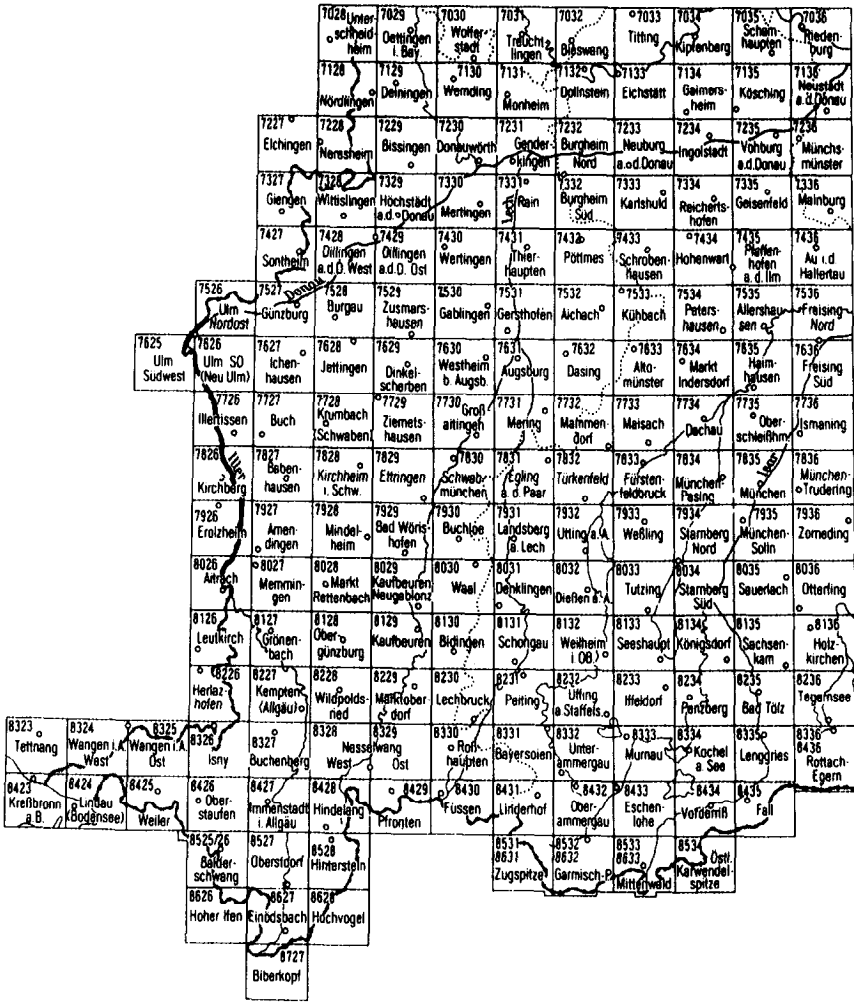
Mit 43 Abbildungen, 6 Tabellen und 5 Beilagen

Redaktion: KLAUS DOBEN

Herausgeber und Verlag: Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128, D-8000 München 40

Blattschnitt der Geologischen und Bodenkundlichen Karte von Bayern 1:25 000

(südwestliches Bayern)



Geologische Karte von Bayern

1:25 000

Erläuterungen

zum

Blatt Nr. 8234 Penzberg

von

REINHARD HESSE und WALTER STEPHAN

mit Beiträgen von

KURT BADER (Geophysik)

HERMANN JERZ (Die Böden)

ERIKA HOHENSTATTER (Die Moorkommen)

ANDREAS VON POSCHINGER (Ingenieurgeologie)

JAN-PETER WROBEL (Hydrogeologie)

Mit 43 Abbildungen, 6 Tabellen und 5 Beilagen

Redaktion: KLAUS DOBEN

Herausgeber und Verlag: Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128, D-8000 München 40

Geol. Kt. Bayern 1:25 000	Erl.	8234	315 S.	43 Abb.	5 Beil.	1 Kt.	München 1991
---------------------------	------	------	--------	---------	---------	-------	--------------

ISSN 0930-7060

Alle Urheberrechte vorbehalten
© Bayerisches Geologisches Landesamt 1991

Druck: Druckhaus Bayreuth, 8580 Bayreuth

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	7
1. Geographisch-geomorphologischer Überblick	9
2. Geologischer Überblick, Erd- und Landschaftsgeschichte (R. HESSE & W. STEPHAN)	12
3. Zur Geschichte der geologischen Erforschung	18
4. Schichtenfolge (Stratigraphie)	20
4.1. Flysch-Zone (R. HESSE)	20
4.1.1. Südfazies (Oberstdorfer Fazies)	22
4.1.1.1. Tristel-Schichten	22
4.1.1.2. Flysch-Gault	30
4.1.1.3. Untere Bunte Mergel	35
4.1.1.4. Reiselsberger Sandstein	36
4.1.1.5. Obere Bunte Mergel und Piesenkopf-Serie der Südfazies	39
4.1.1.6. Zementmergel-Serie	42
4.1.2. Nordfazies (Sigiswanger Fazies)	44
4.1.2.1. Piesenkopf-Serie	44
4.1.2.2. Äquivalente der Zementmergel-Serie (Kalkgraben-Serie)	49
4.1.2.3. Hällritzer Serie	57
4.1.2.4. Bleicherhorn-Serie	63
4.2. Helvetikum-Zone (R. HESSE)	74
4.2.1. Stallauer Grünsandstein	75
4.2.2. Übergangsschichten	77
4.2.3. Pattenauer Schichten	78
4.2.4. Gerhardsreiter Schichten	80
4.2.5. Hachauer Schichten	81
4.2.6. Basales Alttertiär	82
4.2.7. Alveolinen-Schichten	83
4.2.8. Assilinen-Sandstein	84
4.2.9. Glaukonitschicht und Nummulitenkalk	85
4.2.10. Enzenauer Marmor	86
4.2.11. Stockletten	89
4.3. Molasse (W. STEPHAN)	90
4.3.1. Faltenmolasse	93
4.3.1.1. Deutenhausener Schichten	93

4.3.1.2.	Tonmergel-Schichten	94
4.3.1.3.	Marine Baustein-Schichten	96
4.3.1.4.	Untere Brackwassermolasse	99
4.3.1.5.	Untere Bunte Molasse	104
4.3.1.6.	Penzberger Liegend-Flözgruppe	107
4.3.1.7.	Unterer Nonnenwald Sand – Schwaiger Schichten – Oberer Nonnenwald Sand	111
4.3.1.8.	Promberger Schichten	120
4.3.1.9.	Nantesbuch-Sandstein – Daser Schichten	124
4.3.2.	Vorlandmolasse	126
4.3.2.1.	Penzberger Liegend-Flözgruppe	126
4.3.2.2.	Unterer Nonnenwald Sand – Schwaiger Schichten – Oberer Nonnenwald Sand	126
4.3.2.3.	Promberger Schichten	127
4.3.2.4.	Obere Bunte Molasse	127
4.3.2.5.	Obere Meeresmolasse	127
4.3.2.6.	Obere Süßwassermolasse	128
4.3.3.	Beschreibung wichtiger Molasse-Profile	129
	Der Buchberg-Graben am Stallauer Weiher	129
	Der Stallauer Bach, südlich Ramsau	132
	Der Schönmühl-Stollen bei Rain/Loisach	133
	Der Autobahn-Einschnitt Sindelsdorf	134
	Baugrube Kraftwerk-Projekt Penzberg	136
	Untersuchungs-Schacht und -Querschläge Bernwies	137
4.4.	Quartär (W. STEPHAN)	138
4.4.1.	Pleistozän	139
4.4.1.1.	Alt-Pleistozän – Jüngerer Deckenschotter – ?Mindel-Eiszeit	141
4.4.1.2.	Mittel-Pleistozän (Riß-Eiszeit)	141
4.4.1.3.	Jung-Pleistozän	144
4.4.1.3.1.	Riß/Würm-Warmzeit	144
4.4.1.3.2.	Unteres und Mittleres Würm (Würm-Frühglazial)	146
4.4.1.3.3.	Oberes Würm (Hoch- und Spätglazial)	152
4.4.1.4.	Zum Quartär des Steinbachtals (A. v. POSCHINGER)	162
4.4.2.	Holozän	164
4.4.3.	Die Moorkommen des Kartenblattes 8234 Penzberg (E. HOHENSTATTER)	167
5.	Lagerungsverhältnisse (Tektonik)	196
5.1.	Großtektonische Einheiten auf dem Blattgebiet	196
5.2.	Alpiner Bereich (R. HESSE)	198
5.2.1.	Flysch-Zone	198

5.2.2. Helvetikum-Zone	205
5.3. Subalpiner Bereich (W. STEPHAN)	207
6. Geophysikalische Untersuchungen (K. BADER)	213
7. Hydrogeologische Verhältnisse (J.-P. WROBEL)	217
7.1. Hydrogeologischer Überblick	217
7.2. Grundwasser	218
7.2.1. Grundwasserführung der Gesteine	218
7.2.2. Quellhorizonte und Quellen	219
7.2.3. Grundwasserhöflichkeit	220
7.3. Grundwasserhaushalt	221
7.3.1. Klima und Abfluß	221
7.4. Beschaffenheit des Grundwassers	222
7.5. Stand der Wasserversorgung	223
8. Nutzbare Ablagerungen (Lagerstätten) (W. STEPHAN)	224
9. Die Böden (H. JERZ)	229
10. Geotechnische Hinweise (A. VON POSCHINGER)	243
11. Vorschläge für Lehrausflüge	245
12. Schichtenverzeichnisse	249
12.1. Aufschlußprofile	249
12.2. Bohrprofile	272
13. Literatur	305

Verzeichnis der Beilagen:

Beilage 1: Oberkreide-Flysch im Stallauer Bach (R. HESSE)

Beilage 2: Arten mariner Makrofaunen der Molasse (W. STEPHAN)

Beilage 3: Faltenmolasse im Buchberg-Graben (W. STEPHAN)

Beilage 4: Bodenanalysen (H. JERZ)

Beilage 5: Geologisch bedingte Risiken für Bauwerke und Bauvorhaben
(A. v. POSCHINGER)

Vorwort

Mit Blatt Penzberg erscheint das westlichste der Flysch- und Molasse-Blätter, die zwischen Loisach und Inn in unmittelbar west-östlicher Reihenfolge die Geologie der Alpenrandzone zur Darstellung bringen. Aufnahme und Ausgabe dieses Kartenblattes schließen an die Blätter Tegernsee (1966) und Miesbach (1968) an.

Bei der Herausgabe des Blattes Penzberg fand die schon in früheren Jahren bewährte Zusammenarbeit beider Autoren eine durch ungünstige Umstände verzögerte späte Fortsetzung. R. HESSE*) bearbeitete wiederum Flysch und Helvetikum, W. STEPHAN*) Molasse und Vorlandquartär.

Der Flysch des Zwieselgebietes war von R. HESSE in den Jahren 1959 und 1960 im Rahmen einer am Institut für Geologie der Technischen Hochschule München angefertigten, von Prof. Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ angeregten Diplomarbeit erstmals im Maßstab 1:10 000 aufgenommen worden. Bei der Aufnahme des vom Isartal her zugänglichen, auf Blatt Nr. 8235 Bad Tölz gelegenen Ostteils des Zwieselflysches in den Jahren 1961 und 1962 zeigte sich, daß der Nordteil des Gebietes tektonisch wesentlich komplizierter gebaut ist, als ursprünglich angenommen. Bei Revisionsbegehungen im Herbst 1968 und Frühsommer 1970 konnten diese komplizierten Verhältnisse auch im W auf Blatt Penzberg wenigstens teilweise geklärt werden. Für das Helvetikum lag die Aufnahme v. STACKELBERGS (1957) vor, die bereits publiziert ist (v. STACKELBERG 1960). Die Kartierung war ebenfalls im Rahmen einer von P. SCHMIDT-THOMÉ betreuten Diplomarbeit entstanden.

Das Manuskript für den Flysch- und Helvetikum-Teil, das im wesentlichen 1972 abgeschlossen wurde, gibt die Ergebnisse der Geländearbeiten bis 1970 einschließlich wieder, mit 1988 eingefügten Nachträgen zur Literatur.

Der tertiäre und quartäre Anteil des vorliegenden Blattes wurde von W. STEPHAN in den Jahren 1964–1967 aufgenommen. P. SCHMIDT-THOMÉ hatte zuvor im Rahmen von Untersuchungen in der Penzberger Pechkohle und bei der Molassekartierung der Jahre 1950–1952 die Subalpine Molasse (Faltenmolasse) und einen Teil des Pleistozäns neu bearbeitet. Er nahm auch weiterhin regen Anteil an der Neukartierung.

Etwa gleichzeitig mit den geologischen Kartierungen wurden die ausgedehnten Moore des Blattgebietes von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz unter der Leitung von E. HOHEN-

*) Anschrift des Verfassers: Dr. WALTER STEPHAN, am Teilsrain 2, 8031 Steinebach am Würthsee.

*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. REINHARD HESSE, Department of Geological Sciences, McGill University, 3450 University Street, Montreal, Québec H3A 2A7.

STATTER und unter Mitarbeit von W. LAFORCE und W. MEINDL aufgenommen und bearbeitet.

Mehrere Autoren haben spezielle Beiträge, deren Titel dem Inhaltsverzeichnis zu entnehmen sind, beige-steuert. Die Bergwerksdirektion der Oberkohle, insbesondere die Herren Dipl. Berg-Ing. Dr. E. BÖHM und Markscheider Dipl.-Ing. Dr. P. GEISLER stellten Grubenpläne, Stollen-, Schacht- und Bohr-Profile aus dem Penzberger Revier für die Bearbeitung bereitwillig zur Verfügung.

1. Geographisch-geomorphologischer Überblick

Das Blattgebiet umfaßt mit dem westlichen Blomberg-Zwieselgebiet gerade noch einen Ausschnitt vom Alpenrand. Auf das Alpenvorland entfallen über drei Viertel des Blattes (Abb. 1). Ihr Landschaftsbild wird hauptsächlich vom Kochelsee-Stammbecken des Isarvorlandgletschers und von dem vom nordöstlichen Ende des Stammbeckens ausgehenden Zweigbecken bestimmt. Das Molassebergland und ältere Quartärorkommen sind von den Gletschern und Flüssen weitgehend abgetragen worden. Die erhalten gebliebenen Sporne und Höhenrücken, – Buchberg-Höhenrücken, Tischberg-Münsinger Höhenzug, Königsdorfer Höhenzug, trennen das Stammbecken einerseits und andererseits die sich ablösenden Zweigbecken, – das Würm-, das Wolfratshäuser- und Rottach-Becken, voneinander.

Das Blomberg-Zwiesel-Gebiet besteht hauptsächlich aus Schichten der Flysch-Zone. Nur in einem schmalen Randstreifen treten auch Schichten der Helvetikum-Zone auf. Mit den bewaldeten Kuppen dieses Gebietes springt östlich des Kochelsee-Beckens der morphologische Alpenrand weit nach Norden vor. In ihm liegen die höchsten Erhebungen des Blattgebietes: Blomberg 1248 m, Zwiesel-Berg 1348 m. Kleine, schmale Moränenwälle im Blomberg-Zwiesel-Gebiet weisen auf den Höchststand der würmeiszeitlichen Vergletscherung (über 1000 m im Süden des Zwiesel) und auf den Stand verschiedener Rückzugsphasen hin.

Das Kochelsee-Becken reicht nach E bis an den Fuß der mächtigen Schwemmkegel des Blomberg-Zwiesel-Gebietes. Es wird im N vom E–W verlaufenden Buchberg-Höhenrücken begrenzt. Im Inneren ist es weitgehend von Mooren bedeckt. Hochmoore, darunter das Naturschutzgebiet der Sindelsbacher Filze, überwiegen hier im westlichen Teil, d. h. links der Loisach, Niedermoore rechts der Loisach im östlichen Teil. In den randlichen Teilen ist das Becken im Westen lokal von spätglazialen Schottern aufgefüllt worden, im E, am Fuß der Flyschberge, von mächtigen Schuttfächern. In kleinen Kuppen taucht an einigen Stellen der ältere Untergrund inmitten der jüngsten Ablagerungen auf. Bei Sindelsdorf findet sich ein breiterer, wohl von Würm-Moräne bedeckter Rücken.

Der erwähnte, schmale, Ost-West verlaufende Buchberg-Höhenrücken liegt als Riegel vor dem Kochelsee-Becken. Weiter nach Osten zu schließt er fast an das Blomberg-Zwiesel-Gebiet an, von diesem nur durch eine Senke getrennt. Dieser Teil des Rückens bildet den eigentlichen Buchberg, von dem der Name für den gesamten Schichtrippen-Höhenzug abgeleitet wurde. Im Buchberg-Höhenrücken treten die härteren Schichtrippen der Subalpinen Molasse in ihrem Streichen zu Tage, herausmodelliert im Zuge der Gletschererosion. Bei Achmühl durchbricht die Loisach den Rücken. Ein älterer, glazial überformter Flußdurchbruch dürfte am Riederer Weiher liegen. Bei Bad

Heilbrunn ist der Höhenrücken im Verlauf älterer und junger Gletscherstände morphologisch überprägt worden.

Der Tischberg-Münsinger Höhenrücken (vgl. H. JERZ 1969: 9) setzt mit seiner geschlossenen, breiten Entwicklung erst jenseits des nördlichen Blattrandes ein. Unter Auflösung zu einzelnen Inseln, keilförmiger Verschmälerung und Abflachung setzt er sich jedoch nach S fort und erreicht bei Penzberg fast Anschluß an den Buchberg-Höhenrücken. Er trennt das Würmsee-Becken vom Wolfratshauer-Becken. Trotz seiner nord-südlichen Anordnung tritt im einzelnen in den jeweiligen Rippeninseln (WILHELM 1961) die Struktur der Molasse morphologisch meist sichtbar hervor. Auch ein Teil des bogenförmigen Muldenschlusses der Nonnenwaldmulde ist erhalten, der wegen seiner Form versehentlich schon als markanter Endmoränenzug eines Rückzugstadiums beschrieben wurde. Von der Loisach vom Tischberg-Münsinger Höhenrücken getrennt, liegt er allerdings bereits im Wolfratshauer-Becken.

Der Königsdorfer Höhenzug begrenzt das Wolfratshauer Becken im E bzw. weiter östlich gelegene Zweigbecken des Isarvorlandgletschers im W. Er ist sehr komplex aufgebaut. Seine Molasseanteile heben sich morphologisch meist nicht hervor. Nur westlich Höfen lösen sich vom Höhenzug zwei Molasserücken und reichen in das Becken hinein. Außer Drumlins sind auch kleine Wallmoränen dem Höhenzug aufgesetzt.

Das Wolfratshauer Becken reicht mit seinem Südteil in das Blatt. Vom Kochelsee Becken wird es nur durch den Buchberg-Höhenrücken getrennt. Beiden Becken ist daher im Blattgebiet vieles gemein: die tiefe Ausräumung, die Vorkommen isolierter Rundbuckel, die Verbreitung und der Zusammenhang spät- und postglazialer Seen bzw. Seeabsätze. Am Rand des spätglazialen Seebeckens finden sich auch hier Schotterdeltas einmündender Bäche. Beide Becken sind noch heute durch die Loisach miteinander verbunden, die sich auch hier ihren Weg durch große Moore und um die stehen gebliebenen Felsbuckel bahnen muß.

Randteile des Würmsee-Beckens lehnen sich am Westrand des Blattes an den Tischberg-Münsinger Höhenzug an. In dieser Randzone, zum Teil unmittelbar im Schutz von Molasseinseln, haben sich auch ältere Quartärinseln erhalten, deren Erforschung für den Ablauf des Vor- und Frühwürms an Bedeutung gewonnen hat. In diesem Randbereich finden sich ferner Endmoränen würmeiszeitlicher Rückzugsphasen. In den Senken selbst sind auch hier Moore und an entsprechenden Stellen spätglaziale Schotterkegel verbreitet.

Ein Zweig des Isarvorlandgletschers zwängte sich aus dem Kochelsee Becken zwischen dem Königsdorfer Höhenzug und dem Buchberg nach NE. Anders als in den breiten Zweigbecken haben sich hier im höher gelegenen, schmalen Rottach-Becken selbst Moränenwälle des würmeiszeitlichen Rückzugs erhalten, die in dieser Vollständigkeit sonst nur in der Beckenum-

randung anzutreffen sind. Vor der Stirnseite der Endmoränen bei Bernwies liegt eine mit Toteisformen verknüpfte über 2 km lange und am vorderen Ende 1 km breite Schotterzunge. Von den Moränen des Bernwieser Stadiums beckeneinwärts nach SW bis hin zu den spätglazialen Deltaschottern am Rand des Wolfratshauer Beckens finden sich sehr mannigfaltige Formen des weiteren Eiszerfalls bzw. Rückzugs.

Die Entwässerung des Blattgebiets erfolgt abgesehen von kleinen Randgebieten zur Loisach. Sie windet sich bei flachem Gefälle durch die Beckenlandschaften. Beim Übergang vom Kochelsee Stammbecken zum Wolfratshauer Zungenbecken durchbricht sie zunächst die Molasserippen des Buchberg-Höhenrückens und quert dann den östlichen Muldenschluß der Nonnenwald-Mulde, dessen Höhen sie wohl kurzfristig auch östlich umgangen hat. Auf der linken Seite fließen der Loisach hauptsächlich der Sindels-Bach und der Brännles-Bach zu. Die bedeutenderen Zuflüsse kommen jedoch von rechts: Stein-Bach und Schellen-Bach aus dem Blomberg-Zwiesel-Gebiet, sowie der Reindl-Bach mit seinen Zuläufen aus den Grenzbereichen Flysch-Zone/Molasse-Zone. Kleine Randbereiche am Blomberg und Zwieselberg entwässern unmittelbar zur Isar hin, während in der nordwestlichen Blattecke Boden-Bach und Singer-Bach schon zum Einzugsbereich des Starnberger-Sees gehören.

Das ehemalige Benediktiner Kloster Benediktbeuern (aufgehoben 1803, seit 1931 belegt von den Salesianern Don Boscos) bildet nicht nur den geistigen Mittelpunkt des Raumes, sondern war eines der kulturellen Zentren des bayerischen Voralpenlandes. Gegründet wurde es von der Huosi Sippe zur Kultivierung der Ländereien an der Loisach. Der ursprüngliche Standort in Kochel erwies sich weniger günstig als der auf dem breiten Schuttfächer des Lainbachs, der in der Mitte des Siedlungsgebietes (Abb. 2) lag. Von hier aus erfolgte dann die wirtschaftliche und kulturelle Erschließung des ganzen Umlandes im Mittelalter. Wie berichtet hat sich Abt Walther schon 1159 der Quelle von Bad Heilbrunn angenommen. Die Anlage vieler Fischweiher geht auf die Bedürfnisse des Klosters zurück. Bei Unterbuchen stellte die Kartierung die zunächst rätselhaft erscheinende große Verbreitung mächtiger Böden fest. Schließlich stellte sich heraus, daß in früheren Zeiten hier große Flächen eines Schotterfeldes mit dem beim Reinigen der Weiher anfallenden Aushub überschüttet worden sind. Der Stallauer Weiher wurde 1514–1519 vom Kloster angelegt. Dieses gewährte übrigens auch den bäuerlichen Familien des Klostergebietes, mit denen es in seiner Geschichte immer eng verbunden war, als wirtschaftliche Unterstützung weitgehende Rechte im Forst, die sie bis heute zu wahren verstanden.

Verkehrsmäßig ist das Gebiet sehr gut erschlossen durch die Bahnlinie München–Kochel, durch die Autobahn München–Garmisch-Partenkirchen (Ausfahrt Penzberg) und durch die Bundesstraße 11 München–Wolfratshausen–Mittenwald–(Innsbruck).

Ferner sind Benediktbeuern und Bichl auf guten Straßen über Bad Heilbrunn mit Bad Tölz, sowie über Penzberg mit Seeshaupt und dem Osterscen- bzw. Starnberger See-Gebiet verbunden.

2. Geologischer Überblick, Erd- und Landschaftsgeschichte

(REINHARD HESSE & WALTER STEPHAN)

Der auf Blatt Penzberg im Gestein überlieferte Ausschnitt der Erdgeschichte umfaßt die letzten 110–120 Millionen Jahre. Die hier auftretenden Sedimentgesteine gehören drei verschiedenen paläogeographischen und tektonischen Einheiten an: Dem Flysch, dem Helvetikum und der Molasse. Die vierte am Alpenrand auftretende Einheit des Ultrahelvetikums (zwischen Flysch und Helvetikum) ist an der Oberfläche unterdrückt. Zu diesen Einheiten kommt eine Vielfalt von eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Ablagerungen hinzu, welche die Schichten des anstehenden Untergrundes z. T. in großer Mächtigkeit überdecken und flächenmäßig mehr als die Hälfte des Blattgebietes einnehmen.

Flysch und Helvetikum sind nicht an Ort und Stelle entstanden, wo sie heute angetroffen werden. Beide Bereiche bilden Deckeneinheiten, die, zumindest was den Flysch betrifft, einen tektonischen Ferntransport mitgemacht haben. Der Flysch erstreckt sich als selbständige Zone über den gesamten Nordrand der Ostalpen. Durch Ergebnisse aus dem Westabschnitt der bayerischen Flyschzone sind frühere Vermutungen bestärkt worden, nach denen mit Schubweiten in der Größenordnung von mindestens 100 km (wenigstens im Westen der Flyschzone) zu rechnen ist (HESSE, 1973a, b; SCHWIZER, 1983). Das enge Nebeneinander von Flysch und Helvetikum im heutigen tektonischen Verband sagt deshalb nichts über den ursprünglichen Abstand beider Zonen aus.

Die geologische Überlieferung beginnt auf dem Blattgebiet in der höheren Unterkreide mit den Tristel-Schichten (Apt) des Flysches. Sie sind bereits durch die für Flysch typische Wechsellagerung von turbiditischen Hartbänken mit weicheren, tonigen Zwischenlagen gekennzeichnet. Über das Ablagerungsmilieu des Flysches herrscht heute die Ansicht vor, daß es sich um klastische Tiefwasser-Ablagerungen der Kontinentalränder und der angrenzenden, kontinentnäheren Teile der Ozeanbecken, insbesondere der abyssischen Ebenen handelt. Diese Gebiete werden von Trübeströmen erreicht, Sedimentsuspensionen von z. T. gewaltigen Ausmaßen, die sich am Kontinentallhang bilden können. Sie können sich aus Rutschungen entwickeln, die bei Erdbeben ausgelöst werden oder bei Übersteilung des Hanggefälles infolge zu starker Sedimentzufuhr. Sie können auch in submarinen Canyons entstehen, wo diese mit Flußmündungen an der Küste verbunden sind. Dort kann

bei Hochwasser Flußtrübe und Bodenfracht direkt in die Canyonkopfteile eingespeist werden. Am tieferen Kontinentalhang, vorwiegend aber auf dem Kontinentalanstieg und den benachbarten abyssischen Ebenen setzen diese Trübestrome allmählich ihre Sedimentfracht ab. An aktiven Kontinentalrändern stellen Tiefseeegesenke mit ihren oft fast horizontalen Trogebenen bevorzugte Auffangbereiche für Turbidite dar. Das gleiche gilt von Hangbecken auf der inneren Grabenwand von Tiefsee-Gesenken. Für jeden dieser Sedimentationsbereiche stellen Trübestrome kurzzeitige Einbrüche hochenergetischer Sedimenttransportvorgänge in ein sonst ruhiges Milieu hemipelagischer oder pelagischer Sedimentation dar. Trübestrome transportieren grobes und feinkörniges Sedimentmaterial zusammen, das jedoch fast immer gradiert abgelagert wird, das heißt, das grobe Material wird zuerst sedimentiert und bildet die Basis, das feine Material wird später abgesetzt und bildet die höheren Teile der Turbiditlagen.

Das turbiditische Sediment wird dem Sedimentationsbecken weitgehend von außen her zugeführt. Es ist allothigen. Aus den Turbiditen können daher unmittelbar meist keine Rückschlüsse auf paläozoanographische Bedingungen des Flysches wie z. B. die Wassertiefe gezogen werden. Dafür sind jedoch die den Turbiditen zwischengeschalteten hemipelagischen Tone geeignet. Die grünen hemipelagischen Tonsteine des bayerischen Flysches sind überwiegend karbonatfrei, im Gegensatz zu ihrem turbiditischen Gegenstück, den grauen Mergeln (d. h. den „Zementmergeln“ im petrographischen Sinne) und den gelblich grauen Mergelkalken. Der Karbonatreichtum der letzteren zeigt, daß dem Flyschtrog in ausreichendem Maße Karbonat zur Verfügung stand. Im Beckentiefsten kam Karbonat jedoch nur zur Ablagerung bei den katastrophenartigen Einbrüchen von Trübestromen, die ihr Sediment sehr rasch absetzen und es damit vor der Karbonatauflösung durch das stark karbonatuntersättigte Tiefenwasser am Boden des Flyschtroges schützen. Nicht so beim hemipelagischen Sediment. Beim langsamen Herabregnen durch eine mehrere Kilometer mächtige Meerwassersäule sowie beim Lagern am Meeresboden selbst verliert es sein Karbonat vollständig. Die grünen, karbonatfreien Tonsteine der Unter- und Oberkreide des bayerischen Flysches sind unterhalb der Kalzitkompensationstiefe (= calcite compensation level, CCL) abgelagert worden, also jenes Niveaus, unterhalb dessen Karbonatauflösung im (hemi-)pelagischen Sediment die Karbonatzufuhr übersteigt (HESSE & BUTT, 1976; BUTT, 1981).

Die genaue Tiefe des Kalzitkompensationsniveaus im Flyschtrog zur Kreidezeit ist nicht bekannt und hat vermutlich zeitlich variiert zwischen der Unter- und Oberkreide mit einem Maximum (von möglicherweise 5 km) im Maastricht und einem Minimum (von vielleicht nur 3 bis 4 km) in der älteren Kreide, wie aus Analogie zu den Verhältnissen im Atlantik und Pazifik (THERSTEIN 1979) gefolgert werden könnte, obwohl die Kompensationstiefe auch regional starken Schwankungen unterliegt. Deshalb ist mit sehr großen

Ablagerungstiefen (von mindestens 3–5 km) für die Flyschkreide zu rechnen. Gegenteilige Ansichten (z. B. PFLAUMANN 1968) über eine Bildung des Flysches im Flachwasser, die auf der in den Karbonatturbiditen der Tristel-schichten unzweifelhaft vorhandenen Flachwasserfauna beruhen, lassen sich nach dem oben Gesagten heute nicht mehr aufrecht erhalten. Das Auftreten geringer Karbonatgehalte in den grünen Tonsteinen der Bleicherhorn Serie gegen Ende der Kreidezeit (HESSE & BUTT 1976) könnte mit der schon erwähnten Absenkung der Karbonatkompensationstiefe im Maastricht im Zusammenhang stehen, die sowohl im Pazifik als auch im Atlantik am Bohrkern-Material des Tiefsee-Bohrprogrammes nachgewiesen ist. Die Verflachung des Beckenbodens infolge anhaltender Sedimentation ist als Alternative weniger attraktiv, da die Gesamtmächtigkeit z. B. der Oberkreide in der Nordfazies des Zwiesel-flysches (ohne Reiselberger Sandstein) 850 m nicht übersteigen dürfte (kompaktierte Mächtigkeit), könnte jedoch im Zusammenwirken mit der Absenkung der Kompensationstiefe zur Erhaltung von geringen Karbonatkonzentrationen in den grünen Peliten beigetragen haben.

Auf die Einschwemmung überwiegend karbonatischen Materials in den Flyschtrogl von einem Schelfgebiet während des Apt (Tristel-Schichten) folgte im späteren Apt und im Alb (Flysch-Gault) vorwiegend siliziklastisches Material. In beiden Serien herrschen trogachsenparallele Transportrichtungen von W nach E vor. Während des Cenoman und unteren Turon (Reiselberger Sandstein) wird z. T. gröber klastisches Material vorwiegend von E her geschüttet, während im Verlauf der folgenden Oberkreide-Stufen wiederum von W nach E gerichtete Materialtransporte vorherrschen. Dabei werden die von Suspensionsströmen abgelagerten Bänke wiederum hauptsächlich von karbonatischem Material aufgebaut. In der höchsten Oberkreide (Bleicherhorn-Serie des Maastricht) treten außerdem karbonatarmer Mürlsandsteine hinzu. Die Schüttungsrichtungen des Maastricht weisen auf das Vorhandensein von mindestens zwei Schüttungszentren hin, da neben W–E Richtungen auch E–W Richtungen auftreten.

Alttertiär ist im Zwiesel-flysch bisher nicht nachgewiesen. Bei den in Flysch-Fazies ausgebildeten paleozänen bis untereoziänen Tratenbach-Schichten (HAGN, 1960, S. 142; WOLF, 1963, S. 350 ff) handelt es sich wahrscheinlich um eine Hangbecken-Füllung der südlichen, inneren Grabenwand des Flyschtroges, nicht jedoch um Ablagerungen der eigentlichen Beckenebene selbst.

In der Oberkreide hat sich eine Faziesdifferenzierung zwischen dem Nord- und dem Südteil der Flyschzone vollzogen. Sie besteht in einer beträchtlichen Zunahme der Korngrößen der Nordfazies (Grob- und Mittelsande) in den turbiditischen Schüttungen. Die Ursachen für diese Differenzierung könnten in geringfügigen Reliefunterschieden zwischen beiden Teilen des langgestreckten Flyschbeckens zu suchen sein.

Der Rhenodanubische Flysch, wie die bayerisch-österreichische Flyschzone am Nordrand der Ostalpen in Anlehnung an OBERHAUSER (1968) genannt wird, birgt zahlreiche Hinweise darauf, daß es sich bei den Turbiditserien dieses Flyschtroges um die Grabenfüllung eines echten Tiefseegeesenkes (Tiefsee-Graben, deep-sea trench) handelt. Diese Merkmale sind von HESSE (1973a, b, 1974, 1982) zusammengestellt worden und umfassen:

- (1) Die Beckengestalt: Es handelt sich um einen ursprünglich langgestreckten, schmalen Trog, der über einen Großteil seiner 500 km Längserstreckung vermutlich nicht breiter war als 10 bis 20 km. Auch dort, wo er sich stärker verbreiterte wie im Wiener Wald Flysch, überstieg seine Breite 100 km nicht.
- (2) Seine Tiefe, welche mindestens 3 oder 4 km, zeitweise möglicherweise bis 5 km betrug.
- (3) Die Paläo-Strömungsrichtungen welche vorwiegend längsachsenparallel verliefen (HESSE 1965, v. RAD 1968, FREIMOSER 1972).
- (4) Die Existenz einer mehr oder weniger horizontalen Beckenebene (trench abyssal plain), die aus der mehrfachen Umkehr der Paläoströmungsrichtungen zu folgern ist.
- (5) Das Auftreten basischer und ultrabasischer Gesteine der Ophiolith-Assoziation (Relikte von ozeanischem Krusten- und Mantelmaterial) in benachbarten tektonischen Einheiten (Ultrahelvetikum, Arosler Zone, DIETRICH & FRANZ 1976).

Dieses Tiefsee-Gesenke war jedoch während des größten Teils der Kreidezeit nicht mit aktiver Subduktion ozeanischer Kruste verknüpft. Andernfalls wäre die Schichtfolge der kretazischen Flyschablagerungen in den Subduktionsvorgang mit einbezogen worden und müßte Spuren synsedimentärer Deformation erkennen lassen. Dieses Tiefsee-Gesenke stellt deshalb einen Spezialtyp dar („dormant trench“, HESSE 1982), vermutlich vergleichbar dem heutigen Puerto Rico Tiefseeegraben. Dieser ist mindestens seit dem Miozän nicht mehr aktiv, d. h., es findet seit dem Jung-Tertiär hier keine Subduktion atlantischer ozeanischer Lithospäre mehr statt. Der über 8000 m tiefe Puerto Rico Graben existiert ungeachtet der beträchtlichen negativen Schwereanomalie, die ihn kennzeichnet, weiter, obwohl dieses Schweredefizit längst durch Hebung des Grabenbodens isostatisch ausgeglichen worden sein sollte. Daß dies nicht der Fall ist, ist nur möglich, weil das regionale tektonische Spannungsfeld von N-S Kompression gekennzeichnet ist. Ähnliches dürfte für den Trog des Rhenodanubischen Flysches während der Kreidezeit gelten. Nachdem dieser Tiefsee-Graben in der frühen Kreidezeit durch einen Subduktionspuls angelegt worden war, beschränkte sich die tektonische Aktivität mindestens seit dem Apt auf Horizontalverschiebungen parallel zur Grabenachse, wie beim heutigen Puerto Rico Tiefseeegraben. Eine begrenzte Vertiefung des Trognordteils verbunden mit einer Verbreiterung nach Norden während des späten Alb und Cenomans könnte ein Andauern der Subduktionsvorgänge, jedoch mit sehr geringen Geschwindigkeiten, anzeigen. Die erhöhte Mächtigkeit

keit des Reiselsberger Sandsteins in der Sigiswanger Fazies (Nordfazies) im Vergleich zur Oberstdorfer Fazies, die Faziesdifferenzierung in der Oberkreide zwischen beiden Fazies-Bereichen sowie das spätere Einsetzen der Sedimentation in der Nordfazies würden auf diese Weise eine elegante Erklärung finden (vgl. Abb. 1). Bei der erstaunlichen Fazieskonstanz parallel zur Achse des Flyschtroges ist die auffällige Faziesänderung in Richtung senkrecht zur Trogachse äußerst auffallend und andernfalls nur schwer verständlich.

Im Alttertiär, vermutlich im Miozän wird der Flyschtrog als tektonisches Element aus dem paläogeographischen Bild der Tethys in den Ostalpen eliminiert. Erneut einsetzende Subduktion hat zu diesem Zeitpunkt zur Kollision der beiden Kontinentalränder geführt, welche den Tethysozean im N und S rahmen, – des austroalpinen und des helvetischen Kontinentalrandes. Als Ergebnis tritt Afrika in Verbindung mit Europa. Die ehemalige Grenze beider Kontinente quert Blatt Penzberg im Bereich der Flyschzone sowie der Ultrahelvetikum-Zone (im Untergrund).

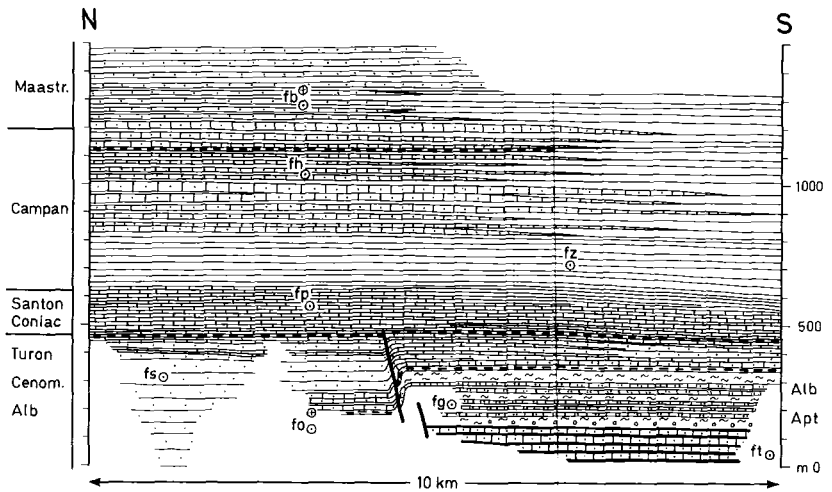


Abb. 1. Palinspastisches Profil für den Mittelabschnitt der Flysch-Zone der Ostalpen (Rhenodanubischer Flysch) in Bayern zwischen Lech und Inn. – ft: Tristel-Schichten; fg – Flysch-Gault; fo – Ofterschwanger Schichten; fs – Reiselsberger Sandstein; fp – Piesenkopf-Serie; fz – Zementmergel Serie; fh – Hällritzer Serie; fb – Bleicherhorn-Serie. ⊙: Serien mit Paläoströmungsrichtungen von W nach E; ⊕: Serien mit vorwiegend von E nach W gerichteten Paläoströmungen. Die deutliche Mächtigkeitszunahme in der Nordfazies, besonders im Reiselberger Sandstein, wird mit synsedimentärer Absenkung des Beckenbodens des Flyschtroges als Hinweis auf aktive Subduktion in Zusammenhang gebracht (HESSE 1982; für alternative Deutung s. MATTERN 1988: 49). Ofterschwanger Schichten sind im Bereich des Blattes Penzberg nicht aufgeschlossen.

Die gleichzeitig mit den Flyschsedimenten zur Ablagerung gekommenen Helvetikum-Gesteine stellen Schelfbildungen dar. Sie repräsentieren den Schelfbereich am Nordrand der alpinen Tethys. Älteres Helvetikum fehlt im Blattbereich. Der Stallauer Grünsandstein des Campan ist ein besonders glaukonitreiches Sediment. Weitere Sandschüttungen erfolgen im Maastricht (Gerhardsreiter und Hachauer-Schichten). Das helvetische Alttertiär ist durch Großforaminiferen-Faunen gekennzeichnet, die warmes und flaches Wasser anzeigen. Auf eine zunächst klastische und karbonatische Sedimentation (Assilinen-Sandstein und Enzenauer Marmor) folgen mergelige Ablagerungen (Stockletten).

Im weiteren Verlauf des Tertiärs kam es in der alpinen Tethys-Geosynklinalen vorwiegend nur noch in ihren Randbereichen (Molassetrog) zur Einsenkung und zur Sedimentablagerung. Als ältestes im Blattgebiet anstehendes Molassegestein sind die vollmarinen Tonmergel-Schichten gebildet worden. Zunehmende Sandgehalte und häufigeres Auftreten von Molluskenschalen im obersten Teil der Tonmergel-Schichten weisen auf die Verflachung des Meeres hin, die von W her einsetzt. Mit den Baustein-Schichten sind die sandigen Küstenbereiche des nach E zurückweichenden Meeres vertreten. Im Grenzbereich des verbrackenden Meeres werden dann im steten Wechsel brackische, limnische und fluviatile Ablagerungen sedimentiert. Mit ihnen sind in unserem Gebiet auch reichlich bunte terrestrische Sedimente verknüpft, die schließlich bald vorherrschen (Untere Bunte Molasse).

Später rückte dann das Meer wieder zeitweise nahe an den Ablagerungsraum unserer Molassegesteine. So konnte sich wiederum eine durch brackische Schichten gekennzeichnete Wechsellagerung von Gesteinen bilden, die jetzt auch mehrere, bauwürdige Pechkohlenflöze aufweist (Penzberger Liegend-Flözgruppe, Schwaig-Schichten). Schließlich konnte das Meer selbst unseren Molassebereich überfluten (Promberg-Schichten). Sein Rückzug hinterließ zunächst wiederum brackische Schichten (Daser-Schichten), denen auch diesmal terrestrische (Obere Bunte Molasse) folgten.

Die bisher genannten Gesteine stehen im Verband der Subalpinen Molasse an, die im späten Miozän vom Untergrund abgeschert und von S nach N auf die Vorlandmolasse im beträchtlichen Umfang aufgeschuppt worden ist. Der Grenzbereich zwischen der an ihrem Südrand vom Nordschub betroffenen und daher aufgerichteten Vorlandmolasse und der Subalpinen Molasse, mithin die tektonische Grenze zwischen Alpenvorland und Alpen, verläuft wenig unterhalb des nördlichen Kartenblattrandes.

Zeugen des jüngsten Meereseinbruchs (Obere Meeresmolasse) in das Molassebecken, stehen im Blattgebiet nicht wie sonst oft im aufgerichteten Südrand der Vorlandmolasse an. Hier finden sich nur Schichten der Oberen Süßwassermolasse. Zur Zeit ihrer Bildung hatte sich die Trogachse der Restgeosynklinalen bereits ins nördliche Vorland verlagert.

Noch vor dem Ende des Tertiärs kam die Einsenkung des Molassebeckens vollends zum Stillstand. Das Alpenvorland wurde mit den Alpen Heilungs- und Abtragungsgebiet. Die weite Verbreitung der im Quartär gebildeten Lockergesteine ist den klimatischen Verhältnissen zu verdanken. Vor allem Eis und Schmelzwässer der Kaltzeiten sorgten für die flächenhafte Verbreitung der anfallenden Abtragungsprodukte, die besonders im Vorland die anstehende Molasse oft weitgehend verhüllen. Lokal war mit der Verbreitung des Eises auch die Entstehung von Becken verbunden (Stammbecken, Zungenbecken, Übertiefungen in den Tälern), in denen es zur Ablagerung verhältnismäßig mächtiger (über 100 m), quartärer Schichtfolgen kommen konnte. Die erdgeschichtlichen Vorgänge im Quartär prägten schließlich vor allem unser Landschaftsbild und den Raum, der von der spät- und nacheiszeitlichen Flora und Fauna, nicht zuletzt vom Menschen besiedelt und genutzt wird.

3. Zur Geschichte der geologischen Erforschung

Die beabsichtigte Nutzung vorhandener oder vermuteter Bodenschätze gab auch in unserem Gebiet wiederholt Anlaß zu seiner Erforschung. Das bergbauliche Interesse ist, schließt man die Heil- und Mineralwässer ein, nachweisbar seit dem Jahr 1159 (Heilbrunn), verstärkt seit dem 16. bzw. 17. Jahrhundert. Bei den angetroffenen Bodenschätzen handelte es sich neben den Wässern um nutzbare Gesteine (z. B. „Enzenauer Marmor“) und vor allem um Pechkohle. Im Jahr 1764 sind Schürfe auf Kohle am Buchberg (FLURL 1792) belegt. Der Stand dieser frühen Erforschung ist wiedergegeben im zitierten Werk FLURLS (1792) und auf der beigegebenen ältesten geologischen Karte Bayerns (Gebürgskarte von Baiern und der Oberen Pfalz).

In der folgenden Zeit setzte die eigentliche geologische Erforschung unseres Gebietes ein. Der Flysch wurde von GÜMBEL auf der geologischen Karte Blatt Werdenfels (1858) noch einheitlich dargestellt und unter Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse als Randfazies der eoänen Nummuliten-Schichten gedeutet (1861: 130). In der ersten geologischen Spezialkarte des Zwiesselflyschs (BODEN 1926) bestehen die Fortschritte der Erforschung darin, daß petrographisch unterscheidbare Einheiten ausgegliedert werden. Damit war es möglich, den Flysch auch tektonisch als selbständige Einheit zu erfassen. In den beiden folgenden Jahrzehnten wurde die moderne Flysch-Gliederung intensiv ausgebaut, u. a. durch Arbeiten in Oberbayern. Das Ergebnis zeigt sich in der Geologischen Karte 1:100 000, Blatt 664 Tegernsee, SCHMIDT-THOMÉ 1953. Die weitere Erforschung führte, wie u. a. das vorliegende Blatt mit seinen Erläuterungen zeigt, nicht nur zu einer verfeinerten Gliederung und damit zu einer verbesserten tektonischen Analyse, sondern erbrachte vor allem wesentliche Beiträge zur Diskussion über die außergewöhnlichen Be-

dingungen, unter denen die Sedimentbildung des Flyschs stattgefunden hat, worauf bereits GÜMBEL (1861: 612) hingewiesen hatte.

Das Helvetikum enthält ganz im Gegensatz zum Flysch fossilreiche, leichter ansprechbare, aber auch seit langer Zeit nutzbare Gesteine. Die Erforschung des Helvetikums ist daher der des Flyschs weit voraus und in einer geologischen Kartenskizze 1:10 000 stellte bereits IMKELLER (1901) die Verhältnisse am „Stallauer Eck und Enzenauer Kopf bei Tölz“ detailliert dar. Eine Neubearbeitung wurde mit einer geologischen Karte 1:12 500 durch VON STACKELBERG (1960) vorgelegt. Das Helvetikum ist auf Blatt Penzberg räumlich noch mehr als auf den Nachbarblättern eingeeengt, so daß es auf der 1:25 000 Karte nicht ganz im Detail darstellbar ist. Aber gerade als fast reliktarartiges Vorkommen ist dieses oberbayerische Helvetikum im W von Tölz schon immer besonders beachtet worden.

Die Molasse-Zone teilt mit der des Helvetikums den Fossilreichtum. Sie verfügt überdies mit ihren Pechkohlen über eine Lagerstätte, deren Nutzung die Molasseforschung frühzeitig begünstigt hat, wie es auch die zitierten geologischen Karten erkennen lassen. Im einzelnen ist in der Molasse-Übersichtskarte 1:300 000 mit Profilen und Erläuterungen von SCHMIDT-THOMÉ (1955) auch das hier behandelte Gebiet eingehend dargestellt worden. Die starke fazielle Prägung der Gesteine und Fossilien erschwert stratigraphische Feinanalysen, die erst von PAULUS (1963) besser begründet und von STEPHAN (1965) methodisch ausgebaut worden sind.

Das Quartär ist, wie auch der Flysch, in der Karte GÜMBELS (l. c.) bezeichnender Weise nicht untergliedert. Während das jüngste Quartär des Blattgebietes seither in den Arbeiten von AIGNER (1910), ROTHPLETZ (1917) und TROLL (1937) behandelt worden ist, ist das ältere stratigraphisch exakt schwierig einzuordnen. Dessen Erforschung ist erst in den letzten Jahren intensiv begonnen worden, nachdem im Zusammenhang mit der Spezialkartierung des Blattes mehrere vorhochwürmeiszeitliche quartäre Ablagerungen bekannt geworden sind. Von diesen hat das vermutliche Rib/Würm Interglazial von Eurach besondere Beachtung gefunden (BEUG, DEHM, JUNG, OHMERT, STEPHAN, alle 1979).

An dieser Stelle darf daran erinnert werden, daß der Heimat- und Eiszeitforscher BARTHOLOMÄUS EBERL am 2.11.1883 in Benediktbeuern geboren und hier auf dem Friedhof auch bestattet worden ist.

4. Schichtenfolge (Stratigraphie)

4.1. Flysch-Zone

(REINHARD HESSE)

Das Flyschgebiet des Zwiesel, das im Landschaftsbild des Alpenrandes zwischen Loisach und Isar eine geschlossene Vorgebirgsgruppe (– den Zwiesel-Flysch –) vor der Kalkalpenfront der Benediktenwand bildet, wird durch den Blattschnitt in vier Teile zerlegt, deren größter, nordwestlicher auf Blatt Penzberg fällt und hier zusammen mit der schmalen Helvetikum-Zone annähernd den südöstlichen Quadranten des Blattes einnimmt. Der Zwiesel-Berg stellt mit 1348 m die höchste Erhebung dieses Flyschgebietes und damit des Kartenblattes überhaupt dar. Die Flyschzone erreicht zwischen Isar und Loisach maximal rund 5 km Breite, auf Blatt Penzberg noch 4,5 km.

Nach Westen fallen die z. T. von einer mächtigen Moränenauflage überdeckten Flyschhänge allmählich gegen das Kocheler Moos ab, unter welchem der Flysch verschwindet. Jenseits der Bahnlinie München–Kochel finden sich auf Blatt Penzberg keine Tagesaufschlüsse im Flysch mehr; der westlichste, an der Bichler Kirche gelegene Aufschluß, ein stehengebliebener Rundhöcker in dem glazial ausgeräumten Becken des Kocheler Moooses, zeigt heute kaum mehr Anstehendes.

Der Zwiesel-Flysch zeichnet sich durch einige sehr gut aufgeschlossene Profile aus, die in dem sonst von einer dichten Vegetationsdecke überzogenen Gelände und unter den im allgemeinen nur mäßig aufgeschlossenen oder tektonisch stark gestörten Profilen der Bach- und Grabenläufe in der Flysch-Zone eine Ausnahme darstellen. Die besonders gut aufgeschlossene Flysch-Unterkreide im Lainbach-Tal, die den Ausgangspunkt für weitreichende Bank-für-Bank-Korrelationen in der Serie des Flysch-Gault bildete, liegt zwar auf dem südlich anschließenden Blatt 8334 Kochel am See; auf Blatt Penzberg jedoch liefert das Oberkreide-Profil des Stallauer Baches einen nahezu ungestörten und fast vollständigen Querschnitt durch die Flysch-Oberkreide. Dieses über 500 m mächtige Profil wurde Bank-für-Bank im Maßstab 1:50 000 aufgenommen (Beil. 1) und an Hand einer großen Anzahl von Proben sedimentpetrographisch und mikropaläontologisch¹⁾ untersucht. Da es das derzeit wohl längste zusammenhängende und am besten durchgearbeitete Oberkreide-Profil des bayerischen Flysches darstellt, wird es im Text als Standardprofil eingehend beschrieben.

¹⁾ Die mikropaläontologischen Altersbestimmungen wurden dankenswerterweise von Dr. U. PFLAUMANN, Kiel, durchgeführt.

Die Kartierarbeit im Flysch wird auch heute noch durch die hinreichend bekannte Fossilarmut und die sich daraus ergebenden Unzulänglichkeiten in der stratigraphischen Einstufung erschwert. Durch gezielte Probennahme (z. B. PFLAUMANN 1967) kann die relative Ausbeute an Proben mit pelagischen Foraminiferen, die im bayerischen Kreideflysch fast ausschließlich die altersweisenden Formen geliefert haben, zwar beträchtlich erhöht werden, gute Faunen bleiben dennoch Zufallsfunde. Bei der Flyschkartierung muß daher von lithologischen Standardprofilen ausgegangen werden, in welchen die Variationsbreite der in einer Serie auftretenden Gesteinstypen möglichst genau erfaßt ist. Voraussetzung für die Übertragbarkeit der in einem Profil gewonnenen Gliederung auf Nachbarprofile ist, daß regional keine raschen seitlichen Faziesänderungen auftreten.

Für die Unterkreide des bayerischen Flysches ist diese Voraussetzung der Fazieskonstanz parallel zum Streichen der Flyschzone erfüllt, wie die erfolgreiche Bank-für-Bank-Korrelierung sämtlicher Aufschlüsse des Flysch-Gault im Gebiet zwischen Iller (Allgäu) und Tegernsee (Oberbayern) gezeigt hat. In dieser Serie ziehen die Folgen von Quarz-Arenitbänken und zwischen-gelagerten Tonsteinen mit nahezu gleichbleibender Mächtigkeit über mehr als 100 km parallel zur Längserstreckung der Flysch-Zone durch (HESSE 1964, 1965). Für die Oberkreide ist es gelungen, bis zu 40 km von einander entfernte Profile durch Bankfolgen-Korrelierungen erfolgreich Bank-für-Bank zu parallelisieren (HESSE in: CARON et al. 1979). Somit ist auch für Teile der Oberkreide der exakte Nachweis erbracht, daß die lithostratigraphische Gliederung im Stallauer Bach-Profil auf Gebiete weiter im Westen unmittelbar übertragen werden kann. Deshalb bietet die Verwendung dieses Profils als Standard für das relativ eng begrenzte Gebiet des Zwieselflysches die beste Grundlage für die geländemäßige Abgrenzung und Einstufung der Serien. Bereits ehe das Ergebnis vorlag, konnte eine beachtliche Fazieskonstanz in West-Ost-Richtung aus den vorwiegend trogachsenparallel West-Ost-verlaufenden Transportrichtungen der Oberkreidesedimente gefolgert werden (HESSE 1965). Grundsätzlich basiert die Stratigraphie des Stallauer Bach-Profiles auf der von M. RICHTER (1953) für den Oberbayerisch-Allgäuer Flysch eingeführten Oberkreide-Gliederung. Viele Details dieser Gliederung sind jedoch in ihrer genauen lithostratigraphischen Position erstmals in dem Bank-für-Bank vermessenen Profil des Stallauer Baches festgehalten.

Das auf der Grundlage dieser lithostratigraphischen Gliederung erhaltene Kartenbild zeigt für den ausschließlich von der Oberkreide eingenommenen Nordteil des Zwieselflysches einen wesentlich komplizierteren Bau als in früheren Darstellungen (SCHMIDT-THOMÉ 1953, HESSE 1960). Wie stark verfaultet, verschuppt und von Diagonalstörungen durchsetzt die Aufschlüsse im Einzelnen sind, wird besonders deutlich bei einer Begehung des Steinbach-Tales und seiner Seitengraben (z. B. Karloch-Graben). Die jetzt vorgelegte Kartendarstellung mag in Zukunft durch weitere mikro- oder nannopaläontologische Datierungen im einzelnen bestätigt und weiter verfeinert werden.

Der Fazieskonstanz in W–E Richtung, nunmehr für die Flysch-Unter- und Oberkreide nachgewiesen bis in den Bankbereich, steht eine ausgeprägte Faziesänderung im Querprofil (in N–S Richtung) gegenüber. Dies hat zur Folge, daß für den Nord- und Südteil der Flyschzone, obwohl diese im ganzen selten mehr als 10 km breit wird, eigene Schichtreihen in Gebrauch sind, welche unter der Bezeichnung Sigiswanger (Nord-) und Oberstdorfer (Süd-) Fazies in die Literatur eingeführt sind (Abb. 2). Auf Blatt Penzberg gehören die Schichten der Unterkreide (Tristel-Schichten, Flysch-Gault) sowie die Unteren Bunten Mergel, der Reiselsberger Sandstein, z. T. die Piesenkopf-Schichten und die Zementmergel-Serie zur Südfazies, während aus der Nordfazies nur Oberkreide (Piesenkopf-Schichten, Äquivalente der Zementmergel-Serie, Hällritzer Serie, Bleicherhorn-Serie) bekannt ist. Beide Schichtreihen werden im folgenden getrennt voneinander beschrieben.

Auf Blatt Penzberg sind sämtliche im Bayerischen Flysch nachgewiesenen stratigraphischen Horizonte vom Barrême-Apt (Tristel-Schichten) bis zum Maastricht (Bleicherhorn-Serie) vertreten. Lediglich die Ofterschwanger Schichten (Alb-Cenoman, Basis der Nordfazies) kommen im Blattbereich nicht vor. Bei der altersmäßigen Einstufung der Serien wird auf die zusammenfassenden Darstellungen der Flyschstratigraphie von PFLAUMANN (1964, 1968) Bezug genommen.

Wie dargelegt, kommt der lithologischen Beschreibung der Serien anhand sedimentologischer Kriterien für die Ansprache im Gelände besondere Bedeutung zu. Für die Unterkreide-Schichtglieder der Südfazies ist eine detaillierte Beschreibung der auftretenden Gesteinstypen in den Erläuterungen zu Blatt Nr. 8236 Tegernsee (HESSE 1966) gegeben, auf welche hier weitgehend verwiesen werden kann. Die Lithologie der Oberkreide-Schichtglieder der Nordfazies wird in diesen Erläuterungen anhand des Stallauer Bach-Profiles sowie umfangreichen Dünnschliff-Materials (ca. 180 Dünnschliffe von Proben allein aus dem Kartenbereich) eingehend beschrieben.

4.1.1. Südfazies (Oberstdorfer Fazies)

4.1.1.1. Tristel-Schichten, fk (Barrême-Apt)

Name erstmals verwendet von LORENZ (1901, Rätikon); im bayerischen Flysch von M. RICHTER (1933: 496) eingeführt.

Synonyma: Kalkgruppe (E. KRAUS 1927: 275). Flysch-Neokom (PREY 1951: 123, Salzburg, Oberösterreich).

Alter der Flysch-Basis:

Wie überall in der bayerisch-österreichischen Flyschzone erscheinen die Tristel-Schichten auch auf Blatt Penzberg als tiefstes bekanntes Schichtglied an der Basis des Flyschprofils. Das tektonische Abscherungsniveau der

		RHENODANUBISCHE FLYSCH-ZONE					
		Vorarlberg	Nord (Sitzwanger) Fazies	Süd (Oberschörrer) Fazies	Greifensteiner Decke	Wiener Wald Kahlenberger Decke	Laaber Decke
PALAEO- GENE	Oligozän						
	Eozän Paläozän (Danian)						
OBERKREIDE	Maastrecht	Fanols-Serie 500 - 700m - 550m	Bleichenhorns-Serie - 200m	Traisenbach Schichten	Greifensteiner-Schichten - 500m		Laaber-Schichten 2000 - 3000m
	Campan	Plänkerbrücke-Serie	Höllwitzer-Serie - 400m	Zementmergel-Serie - 200m	Allengbacher-Schichten Oberste Bunte Mergel > 1000m	Sievertinger-Schichten - 700m	
	Santon		Piesenkoppl-Serie - 200m		Zementmergel-Serie - 500m	Kahlenberger-Schichten - 650m	Kaumberger-Schichten 100 - 300m
	Coniac	Plänker-Serie 200 - >500m		Oberste Bunte Mergel - 20m		Reiselsberger-Sandstein 0 - 500m	
	Turon	Schwabbrünnen-Serie >600m	eB0 - 200m	Reiselsberger Sandstein 10 - 50m			
	Senoman	Basis-Serie	Ofterschwanger-Schichten - 100m	Untere Bunte Mergel - 200m			
	Alb			Flysch-Gault 200m		Gault Flysch (z.T. Bariberg Schichten) - 100m	
	Apt			Triale Schichten 150m			
	Barrière						
	Hauterive						
Valandis							
Berrias							
			substratum unknown				

Abb. 2. Stratigraphische Tabelle für die Flysch-Zone der Ostalpen (Rhenodanubischer Flysch) in Oberösterreich, Bayern und Vorarlberg (nach Hesse 1982, PREY 1980) mit Schichtmächtigkeiten und Faziesbeziehungen.

Flyschzone von ihrer ehemaligen Unterlage liegt demnach vermutlich in den Tristel-Schichten bzw. an deren Basis. Daß möglicherweise noch ältere Schichtglieder (tiefere Unterkreide und Malm) am Aufbau des im Flyschtrog ursprünglich abgelagerten Schichtstoßes beteiligt sind, die jedoch beim Dekkentransport im S zurückgeblieben sind, könnte aus dem primären Zusammenhang von Flysch-Unterkreide und Unterkreide der Falknis- und Tasna-Decke im Rätikon und Engadin (HESSE 1973a) vermutet werden. Zwingende Hinweise darauf gibt es nicht. Denn ebenso wie später in der Oberkreide die Schüttungen von klastischem Detritus aus dem Falknis-Bereich in den Flyschtrog aussetzten, ist es auch möglich, daß derartige Schüttungen vor Ablagerung der Tristel-Schichten den Flyschtrog noch nicht erreicht haben, d. h. daß in diesem Trog, falls er überhaupt schon existierte, während der älteren Unterkreide und vorher noch keine klastische Sedimentation stattgefunden hat. Als Alter der Tristel-Schichten kann nach den aus dem bayerischen Flysch bekannten Mikrofaunen ein Bereich von Barrême bis Apt angegeben werden (PFLAUMANN 1968: 113, HESSE 1966: 36). In Oberösterreich und Salzburg scheinen sie auch noch tiefere Anteile (Valendis und Hauterive) zu umfassen (ABERER & BRAUMÜLLER, 1956: 18 ff).

Fossilführung: Probe 59-13 (Steingraben 930 m ü. NN, Steinbach-Tal) lieferte aus schwarzen und grünen Tonsteinen eine spärliche Fauna mit kalk- und sandschaligen Foraminiferen, wenigen doppelschalig erhaltenen Ostracoden sowie zahlreichen verkiesten Radiolarien (Spumellaria- und Nassellaria-Typen). Unter den Foraminiferen spricht *Hedbergella* (früher *Globigerina*) *infracretacea* (GLAESSNER) für eine Einstufung ins Ober-Apt (bis Alb).

Seriencharakter und Gesteinstypen: Eine detaillierte Beschreibung der Gesteinsvergesellschaftung findet sich in den Erläuterungen zu Blatt Nr. 8236 Tegernsee (S. 36 ff). Die für Flysch typische Wechsellagerung von harten, meist grauackeartigen Gesteinsbänken mit weniger konsistenten Tonstein-Zwischenlagen ist in den Tristel-Schichten bereits voll entwickelt, allerdings handelt es sich bei den Hartbänken dieser Serie vorwiegend um klastische Karbonate. Eine früher geäußerte Vermutung (HESSE 1962: 303), daß die Schichten ein Vorstadium von Flyschfazies darstellen, weil ihre Mächtigkeiten relativ gering sind (vermutlich 150 m für die Tristel-Schichten, 200 m für den Flysch-Gault), ihre Schichtungsverhältnisse äußerst kontinuierlich und regelmäßig sind und weil bitumenhaltige Pelite in den Tristel-Schichten vorkommen, ist heute gegenstandslos geworden. Vielmehr kann die ostalpine Flysch-Unterkreide im Lichte neuerer Erkenntnisse über das Auftreten von flyschartigen Sedimenten auf den heutigen abyssischen und bathyalen Ebenen der Ozeane vermutlich als Ablagerung einer fossilen Tiefsee-Ebene angesehen werden. Für den Flyschtrog ist dabei weniger an eine eigentliche abyssische Ebene zu denken als vielmehr an eine abyssische Verebnung in einem (Tiefsee-)grabenartigen Bereich (HESSE 1982). Aus anderen Flyschgebieten sind bisher von wenigen Ausnahmen abgesehen (Kaukasus-

Flysch, GROSSHEIM & WASSOJEWITSCH 1960, Apenninen-Flysch, RICCI-LUCCHI 1975) noch keine weitreichenden Bankfolgen-Korrelationen bekannt geworden. Wegen dieser sedimentologischen Besonderheit wurde der ostalpinen Flysch-Unterkreide anfänglich ein atypischer Charakter zugeschrieben. Wie sich gezeigt hat, weist die Flysch-Unterkreide Bayerns jedoch alle sedimentologischen Merkmale eines typischen Flysches auf und ist daher nicht als atypischer Flysch etwa im Sinne eines „Vorläufers von Flyschfazies“ anzusehen. Die positive Korrelation von Bankfolgen-Profilen über große Entfernungen ist auf besonders günstige Voraussetzungen bei der Identifizierung der Bankfolgen zurückzuführen und als Beweis für einen völlig ausgeglichenen, flachen Meeresboden (wie er auf heutigen bathyalen oder abyssischen Ebenen angetroffen wird) zu werten.

Die zwischen wenigen cm und 2 m mächtigen Hartbänke der Tristel-Schichten zeichnen sich durch besonders hohe Karbonatgehalte aus, weswegen sie meistens nicht als Grauwacken sondern als Kalksandsteine (50–75% Karbonat) oder Sand- und Siltkalke (75–95% Karbonat) anzusprechen sind. Von jüngeren karbonatreichen Serien können die Kalkarenite der Tristel-Schichten durch ihren meist hohen Gehalt an Biogendetritus unterschieden werden. Dieser setzt sich zusammen aus Foraminiferen mit einem auffälligen Anteil von Milioliden („Milioliden Kalke“), aus Bryozoen-, Lamellibranchiaten- und Echinodermenbruchstücken sowie gelegentlich Diploporen – alles zusammen eine aus den gleichalten „Urgon“-Kalken des Helvetikums (Schrattenkalk) bekannte Flachwasserfauna. Ihr Auftreten im Flysch kann jedoch nur vom unkundigen Betrachter als Hinweis auf ein Flachwassermilieu im Ablagerungsbereich der Tristel-Sedimente gewertet werden. Die charakteristische Folge von Sedimentgefügen in den gradierten Kalkarenitbänken, welche der in den gradierten turbiditischen Flysch-Grauwacken so häufig verwirklichten Folge von Gefügen verwandt ist (S. ?), bezeugt, daß dieses Sedimentmaterial durch Trübestrome umgelagert ist und sich nicht am ursprünglichen Bildungsort des Organodetritus befindet. Auch aus anderen, später zu erörternden Erwägungen (S. ??) hat ein Tiefwasserbereich als Ablagerungsmilieu für die Unterkreide-Sedimente des bayerischen Flysches eine größere Wahrscheinlichkeit als ein Flachwasserbereich.

Biogendetritus-reiche gradierte Kalkarenite („Milioliden Kalke“) sind in fast jedem, eine ausreichende Profilmächtigkeit (von etwa 10 m) erfassenden Aufschluß der Tristel-Schichten zu finden. Auf Grund ihres Vorkommens sowie der Vergesellschaftung mit dunklen bis schwarzen Tonsteinen läßt sich eine Unterscheidung von ähnlichen Gesteinsfolgen der Flysch-Oberkreide fast immer treffen. Außer in den höchsten Teilen der Hällritzer Serie und in der Bleicherhorn-Serie kommen Kalkarenite sonst nicht zusammen mit schwarzen Tonsteinen vor. In diesen jüngsten Serien des bayerischen Flysches ist jedoch das Hinzutreten von mürben, oft glimmerreichen Sandsteinen bezeichnend, die es in den Tristel-Schichten nicht gibt. Zu erwähnen

bleibt, daß die „Milioliden-Kalke“ der Tristel-Schichten im Gelände auch unter der Lupe oft schwer als solche anzusprechen und z. T. erst im Dünnschliff zu identifizieren sind.

Neben den erwähnten Gesteinstypen sind lutitische Kalke sehr häufig, die gewöhnlich in Form dünner (bis 20, selten 30 cm mächtiger) Bänke auftreten (vgl. HESSE 1966: 43). Dabei handelt es sich im einzelnen um hell-gelbliche oder hellgraue Kalzilutite mit dunklen Flecken (meist Grab- oder Wühlspuren), graue bis dunkelgraue Mergelkalke und Kalkmergel sowie Kieselkalke. Diese feinkörnigen Varietäten können durch Korngrößengradierung auch aus den Kalkareniten hervorgehen und dann den Oberteil solcher Kalkarenitbänke bilden. Anreicherungen von Kieselsäure in Hornsteinbändern und -linsen sind vorwiegend in den Kalkareniten zu beobachten.

Die gradierten Kalkarenitbänke sind es, welche die oben erwähnte Turbidit-Folge von Sedimentgefügetypen aufweisen. Diese besteht aus den in Abb. 3 dargestellten 6 Schichtungsabschnitten (von oben nach unten):

- T_e pelitischer (lutitischer) Abschnitt
- T_d oberer parallelgeschichteter (laminiertes) Abschnitt
- T_{c2} Abschnitt mit bankinterner Verfältelung (convolute lamination)
- T_{c1} Abschnitt mit kleinmaßstäblicher Schrägschichtung (ripple drift lamination oder current ripple lamination)
- T_b unterer parallel geschichteter Abschnitt
- T_a gradiertes oder massiver Abschnitt (ohne sonstige Sedimentgefüge, gelegentlich mit großmaßstäblicher Schrägschichtung).

Die vollständige Folge ist in den Kalkareniten der Tristel-Schichten so gut wie nie verwirklicht. T_a und T_{c1} (Abb. 4) sind sehr häufig zu beobachten.

Die Korngrößen an der Basis der gradierten klastischen Kalkbänke übersteigen mit ihrem Häufigkeitsmaximum nie den Bereich des Grobsandes, weswegen der Begriff „Tristel-Brekzie“ vermieden werden sollte. Die mit diesem Namen belegten, etwas gröberkörnigen Varietäten unter den detritischen Kalkareniten sind korngrößenmäßig keine Brekzien. Einwandfreie Brekzien treten erst weiter im W, in den Tristel-Schichten des Allgäus sowie der Falknis- und der Tasna-Decke auf. Diese Korngrößen-Zunahme in westlicher Richtung ist bedeutungsvoll im Hinblick auf die Herkunft des Sedimentmaterials, das nach sedimentologischen Untersuchungen (HESSE 1964, 1973a) von einem Liefergebiet im W (vermutlich von der Briançonnais-Plattform) bezogen werden kann. Damit im Einklang stehen die in den Tristel-Schichten beobachteten, von W nach E gerichteten Strömungsrichtungen (Abb. 5), die aus Strömungskolken (flute casts) auf Bankunterseiten ermittelt wurden. An einer einzigen Stelle in der Flysch-Unterkreide der Südfazies wurde in dem Tristel-Schichten-Aufschluß des Steinbachs (auf Höhe 785 m ü. NN, südlich der Brücke bei der Bichler Alm) eine Gegenrichtung (von E nach W) beobachtet. Falls diese Richtung nicht durch tektonische Rotation bedingt ist,

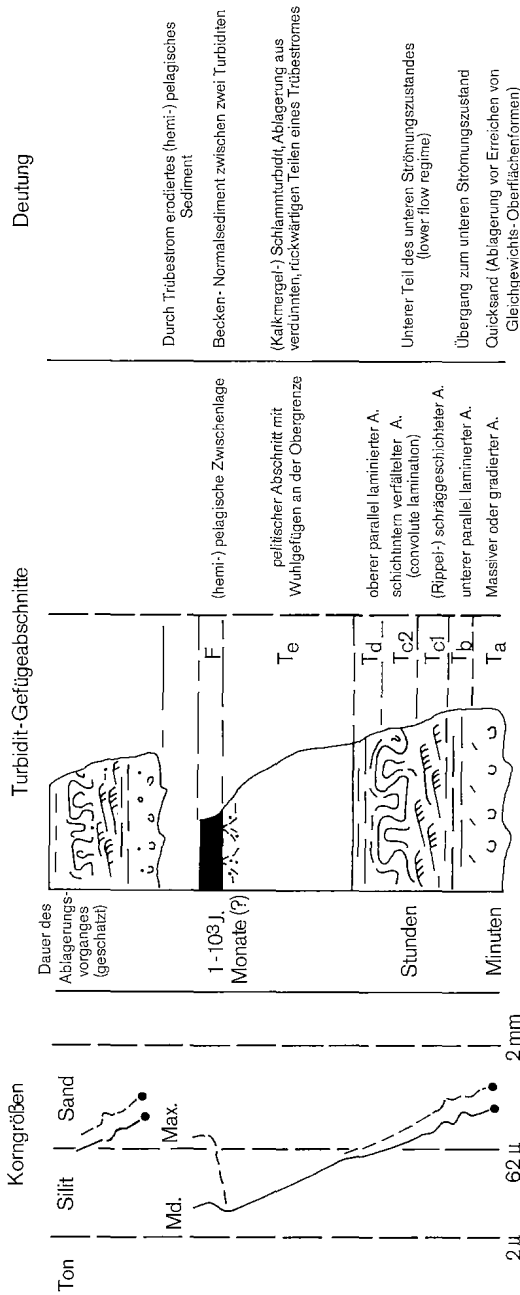


Abb. 3. Vertikalabfolge von (primären) Sedimentgefügetypen im Turbidit mit strömungsdynamischer Deutung (modifiziert nach HESSE 1975).

Deutung

Durch Trübestrom erodiertes (hemi-) pelagisches Sediment

Becken- Normalsediment zwischen zwei Turbiditen

(Kalkmergel-) Schlammtrübidit Ablagerung aus verdünnten, rückwärtigen Teilen eines Trübestromes

Unterer Teil des unteren Strömungszustandes (lower flow regime)

Übergang zum unteren Strömungszustand Quicksand (Ablagerung vor Erreichen von Gleichgewichts-Oberflächenformen)

Turbidit-Gefügeabschnitte

(hemi-) pelagische Zwischenlage

pellitischer Abschnitt mit Wuhlgefügen an der Obergrenze

oberer parallel laminiertes A. schichtintern verfallenes A. (convolute lamination) (Rippel-) schrägschichteter A. unterer parallel laminiertes A. Massiver oder gradierter A.

F

Te

Td

Tc2

Tc1

tb

Ta

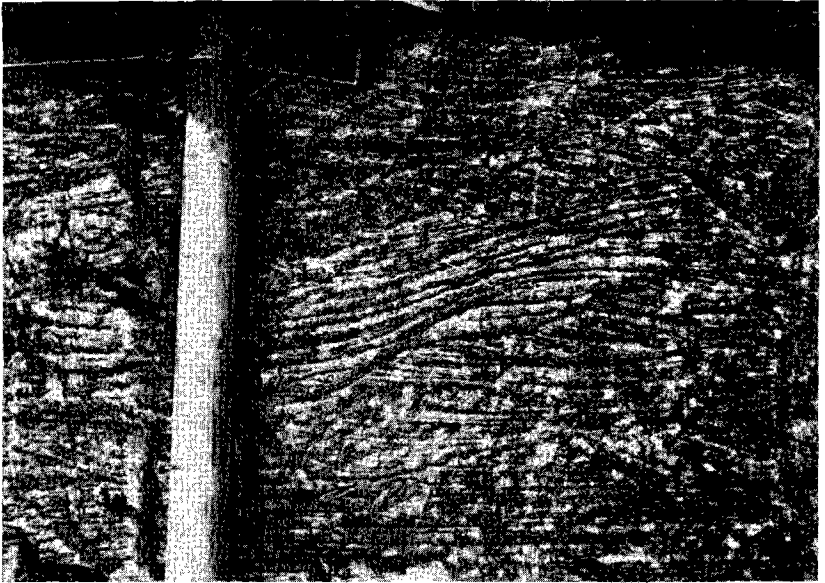


Abb. 4. Kalkarenitbank (25 cm mächtig) mit kleinmaßstäblicher Schrägschichtung (T_a) und unterem Parallelschichtungsabschnitt (T_b) an der Basis (5 cm). Die Oberseite der Bank trägt Strömungsrippeln. Feinkörniges Material des Silt- und Ton-Korngrößenbereiches, das gewöhnlich nach Ablagerung des schräggeschichteten Abschnittes T_c als T_d und T_e -Abschnitt aus einem Trübestrom abgesetzt wird, fehlt im abgebildeten Beispiel, entweder, weil es primär in diesem Trübestrom nicht vorhanden war, oder weil es weitertransportiert wurde wegen zu hoher Strömungsgeschwindigkeit. Tristel-Schichten, Locher Graben 850 m Seehöhe, Steinbach-Tal östlich von Bichl.

sondern einen nach W gerichteten Trübestrom dokumentiert, ist diese Beobachtung als ein Hinweis auf eine mehr oder weniger horizontale Trogebene zu werten.

Die tonigen Zwischenlagen zwischen den kalkigen Hartbänken bestehen aus schwarzen, grauen und grünen Tonsteinen und grauen bis dunkelgrauen Tonmergel- und Mergelsteinen, die gelegentlich bituminös und dann beim Anschlagen am Geruch erkennbar sind.

Vorkommen: Tristel-Schichten erscheinen in den beiden nördlichen Sattelzügen der mittleren Sattelzone des Zwiesel-Flysches am Südrand des Kartenblattes. (Der südliche Sattelzug mit Tristel-Schichten im Kern liegt auf dem südlich anschließenden Blatt Kochel am See). Beide Sattelzüge, im folgenden als nördlicher und mittlerer Sattelzug bezeichnet, gehören einer Zone intensiver tektonischer Durchbewegung an, so daß kaum längere intakt gebliebene Aufschluß-Profile in den Tristel-Schichten zu finden sind.

Die Vorkommen des nördlichen Sattelzuges sind am leichtesten zugänglich im Steinbach-Tal in der Umgebung der Bichler-Hütte. Hier findet sich südlich der Brücke eine knapp 200 m lange Aufschluß-Strecke im Bach mit intensiv verfalteten Tristel-Schichten. Weitere Aufschlüsse liegen östlich der Hütte in unmittelbarer Nähe der Bachsohle und am Wege bis etwa 820 m Seehöhe sowie im untersten Anzen-Bach. Bei letzteren handelt es sich teilweise um eine „tektonische Grundmoräne“ (broken formation), in welcher völlig aufgelöste Schichtverbände von Tristel-Schichten vermenget mit Blöcken von Reilsberger Sandstein erscheinen. Als östlichster Tristel-Schichten Aufschluß dieses Zuges taucht unter mächtiger Moränenbedeckung im Tiefen-Graben auf 920 m ü. NN ein kleines Vorkommen auf. Westlich der Bichler Hütte erscheint der gleiche Zug im Locher Graben, im Krumm-Graben sowie im südlichen Ast der Karllloch-Grabens (ein kleines Vorkommen auf 910 m ü. NN).

Die Aufschlüsse in diesen Grabenläufen sind lückenhaft, die Schichtfolgen stark tektonisch beansprucht, intensiv spezialgefaltet und von Störungszonen durchsetzt. Zum gleichen nördlichen Sattelzug gehört ferner das Band von Tristel-Schichten am Westabhang des Waxen-Ecks, das in dem steileren Hangstück zwischen 780 und 850 m ü. NN die Moränenüberlagerung durchbricht.

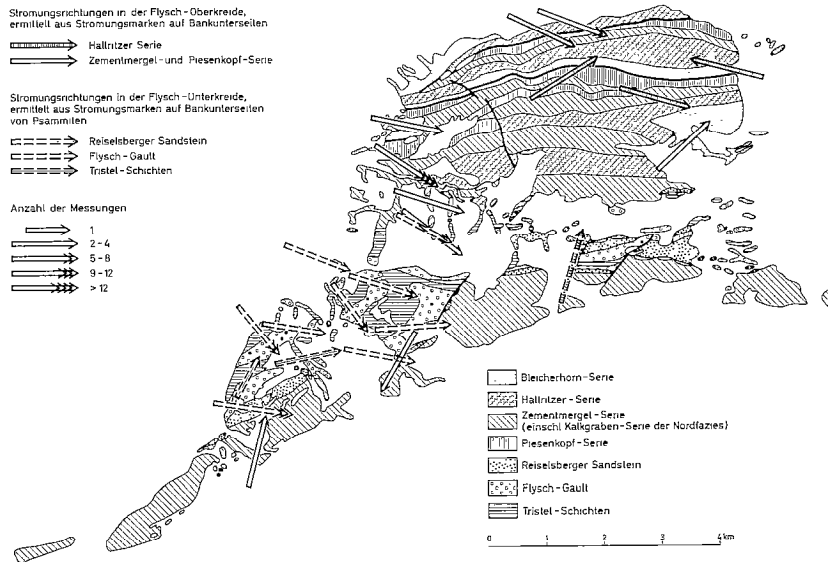


Abb. 5. Paläoströmungsrichtungen im Flyschgebiet zwischen Isar und Loisach.

Die Tristel-Schichten des mittleren Sattelzuges setzen an einer Diagonalstörung westlich des Hochtannen-Kopfes (äußerste südöstliche Blattecke) ein, ziehen von hier als schmales Band zum Murner Bach hinunter, wo sie zwischen 930 und 940 m Seehöhe in einer tektonisch völlig zerrütteten Zone erscheinen. Nach längerer Unterbrechung durch Moräne treten sie im Stein-Graben als stark verbreiteter Zug zwischen 875 und 965 m ü. NN wieder auf, um dann, nach abermaliger Unterbrechung durch Glazialablagerungen am Windpassel-Kopf aus der west-östlichen in eine nordost-südwestliche Streichrichtung abzubiegen. Der mittlere Sattelzug spaltet dort in zwei Sattelstrukturen auf, die im Lainbach-Tal (auf Blatt Köchel am See) als mittlerer und südlicher Sattelzug in Erscheinung treten. Nur die nördlichste Flanke dieser Strukturen streift gerade noch Blatt Penzberg.

Mächtigkeit: Wie im Vorhergehenden dargelegt, sind an keiner Stelle längere, ungestörte Profilstücke in den Tristel-Schichten zu finden. Daraus ergibt sich die Unsicherheit in der Beurteilung ihrer wahren stratigraphischen Mächtigkeit. Mit einem für andere Flyschgebiete angegebenen Mindestwert von 150 m (HESSE 1966: 44) kann gerechnet werden.

4.1.1.2. Flysch-Gault, fg (Oberapt-Alb)

Die Bezeichnung „Gault“ für alters-äquivalente Schichten der Falknis- und Tasna-Decke ist von M. RICHTER (1933: 496) auf den ostalpinen Flysch übertragen worden.

Synonyma: Quarzit-Gruppe (E. KRAUS 1927: 275), Quarzit-Serie, Gault-Flysch (Salzburg und Oberösterreich, ABERER & BRAUMÜLLER 1956).

Alter und Fossilführung: In der basalen, Geröllmergel-führenden Tonstein-Zone des Flysch-Gault wurde im Zwiesel-Flysch die gleiche kleinwüchsige kalkschalige Foraminiferenfauna mit *Hedbergella infracretacea* (GLAESSNER) gefunden, die auch in den höheren Tristel-Schichten vorkommt (S. ?). Sie ergibt ein Alter von Oberapt bis Alb. PFLAUMANN (1968) führt von Vorkommen auf Blatt 8237 Miesbach noch *Plectorecurvoides* GEROCH, eine Form des Barrême bis Cenoman an. Für die Festlegung der Obergrenze ist ausschlaggebend, daß Leitformen, die allein im Cenoman und noch nicht im Alb vorkommen, bisher nicht gefunden wurden. Auch die stratigraphische Stellung des „Gault“ unterhalb der Ofterschwanger Schichten, welche noch Formen des höchsten Alb geliefert haben (OHMERT 1964: 17), spricht dafür, daß die Obergrenze des Flysch-Gault noch innerhalb des Alb anzusetzen ist. An denjenigen Stellen, wo beide Serien, Flysch-Gault und Ofterschwanger Schichten, miteinander in Kontakt treten (Alpbach-Tal bei Tegernsee, HESSE 1966: 65; Hinterer Rehbrein-Graben bei Bad Kohlgrub, HESSE 1964: 19), überlagern letztere den Flysch-Gault. Die Ofterschwanger Schichten stellen hier in der Südfazies eine 20 bis 30 m mächtige Einschaltung zwischen Flysch-Gault bzw. dessen höchstem Teil, den Unteren Bunten Mergeln und dem Rei-

selsberger Sandstein dar, sind also sicherlich jünger als der Flysch-Gault. Ob dies für die gesamte, 200 m mächtige Folge der Ofterschwanger Schichten der Nordfazies (VON RAD 1964: 29) auch zutrifft, ist bisher ungeklärt.

Seriencharakter und Lithostratigraphie: Für den Flysch-Gault ist eine Wechsellagerung von glaukonitischen Quarz-Arenitbänken mit Lagen von abwechselnd grauen, schwarzen und grünen Tonsteinen bezeichnend. Die quarzreichen Sandsteine sind überwiegend sehr feinkörnig und haben im Gelände das Aussehen von Quarziten. Sie unterscheiden sich bereits makroskopisch deutlich von den Hartbänken der übrigen Flysch-Serien. Lediglich in der Hällritzer Serie kommen ähnliche glaukonitreiche quarzitisches Sandsteine vor, jedoch nur in Form einzelner Bänke innerhalb von Abfolgen karbonatreicher Grauwackebänke, während im Flysch-Gault der Typ der glaukonitischen Quarz-Arenite unter den Hartbänken vorherrscht. Außerdem zeigen ähnliche Gesteine der Hällritzer Serie nie die charakteristische Wechsellagerung mit schwarzen und grünen Tonsteinen wie im Gault.

Die Bänke sind durchschnittlich 1 m mächtig, die Tonstein-Zwischenlagen 0,75 m. Einzelbänke können bis zu 3 m dick werden. Durch den ausgeprägten lithologischen Gegensatz zwischen den harten quarzitisches Sandstein-Bänken und den weicheren tonigen Zwischenlagen sowie durch die z. T. beachtlichen Bankdicken der Quarz-Arenite sind die Sandstein-Tonstein Wechselfolgen des Flysch-Gault besonders gut charakterisiert. Das lieferte die Handhabe, in den ausgezeichneten Aufschlüssen im Lainbach-Tal eine Bank-für-Bank-Stratigraphie dieses Schichtglieds aufzustellen, die auf die gesamte westliche bayerische Flysch-Zone zwischen Iller und Tegernsee ausgedehnt werden konnte (HESSE 1973 a, b, 1974). Sie beruht auf einer Bankfolgen-Korrelation von insgesamt 46 ungestörten, eine ausreichende stratigraphische Mächtigkeit (meist mehr als 10 m) erfassenden Aufschlüssen in diesem Gebiet.

Als Kriterien für die Korrelierung der Bankfolgen fanden außer den Mächtigkeiten der Quarz-Arenitbänke und Tonsteinlagen die petrographische Zusammensetzung, insbesondere die Quarz- und Feldspatgehalte an der Basis der Bänke, ferner die Korngrößen und teilweise die Sedimentgefüge Verwendung. Einer feldspatreichen und grobkörnigen Sandsteinbank im unteren Drittel des Gault („Feldspatbank“ F2) sowie einem Geröllmergelhorizont im basalen Teil kommt als petrographischen Leithorizonten dabei eine Schlüsselrolle zu.

Die Bänke, die sich fast ausnahmslos über 115 km Horizontalf Entfernung kontinuierlich verfolgen lassen, sind im Vertikalprofil des Flysch-Gault nicht gleichmäßig verteilt: sie treten vorwiegend in zwei bankreichen Zonen (Zonen b und d) auf, die zwischen drei Tonstein-Zonen (a, c und e) liegen. Insgesamt wurden 52 ständig wiederkehrende Bänke beobachtet, davon nur einige wenige innerhalb der Tonstein-Zonen. Auf Blatt Penzberg liegt nur ein in

diese Bank-für-Bank-Stratigraphie einbezogenes Profil: ein kleiner Aufschluß auf 945 m Höhe im Krumm-Graben. Er umfaßt die Folge der Bänke von F2 bis Q (Abb. 6). Die übrigen Gault-Aufschlüsse auf dem Kartenblatt sind zu stark gestört und ergeben keine identifizierbaren, zusammenhängenden Bankfolgen. (Ein kleiner, ebenfalls in einer stark gestörten Zone erscheinender Gault-Aufschluß im Anzen-Bach auf 830 m Seehöhe erschließt möglicherweise eine Folge von Bänken aus der unteren bankreichen Zone (b)).

Gesteinstypen: Die Quarz-Arenitbänke des Flysch-Gault zeigen sämtliche für Flysch-Sandsteine bezeichnenden Sedimentgefüge, häufig in der typischen Aufeinanderfolge (S. ?), die als Charakteristikum von Turbiditen angesehen wird. Aus den Strömungsrichtungen auf Bankunterseiten wurden für den Flysch-Gault Strömungsrichtungen abgeleitet, die, wie schon im Apt (Tristel-Schichten) von W kamen (HESSE 1973b, Beil. 1).

Die Petrographie der Quarz-Arenite (wie auch die Petrographie der Tonsteine) ist andernorts (HESSE 1966: 48 ff.) bereits eingehend behandelt worden,

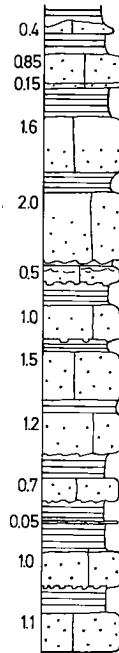


Abb. 6. Bankfolgen-Profil des Flysch-Gault im Krumm-Graben auf Höhe 945 ü. NN (HESSE 1973 b: Beil. 1 und 2, Profil 254) bestehend aus Wechsellagerung von glaukonitischen Quarz-Areniten (Kastensignatur mit Punkten) mit grünen und schwarzen Tonsteinen (Horizontalsignatur). Die Quarz-Arenite tragen häufig Kolkmarken an der Basis.

so daß an dieser Stelle lediglich die durchschnittliche mineralogische Zusammensetzung wiedergegeben werden soll.

Tabelle 1:

	Mittel aus 203 Punktzähl- Analysen:	Mittel aus 7 Analysen für „Feldspat- bank“ F2:
Quarz (einschl. Quarzit- und Hornstein- Bruchstücken sowie Quarz in anderen Se- diment- und Kristallingesteins-Bruchstük- ken)	49,7%	40,0%
Feldspat (einschl. Feldspat aus Gesteins- bruchstücken)	1,2%	13,0%
Glaukonit	5,9%	3,0%
Kieselzement (mit Tonmatrix)	14,6%	12,0%
übrige Phyllosilikate	0,5%	
Karbonate	26,9%	30,0%
Schwerminerale	0,7%	2,0%
Von obigen Komponenten entfallen auf		
Sedimentgesteins-Bruchstücke	13,2%	
Kristallingesteins-Bruchstücke	1,1%	

Gegenüber den Werten von der Basis der Bänke tritt als Effekt der Korn-
größenabnahme zum Top der Bänke hin folgende Verschiebung der Mineral-
gehalte ein:

(Mittel aus 32 Analysen, HESSE 1964: 55)

Quarz	30,0%
Feldspat	0,2%
Glaukonit	4,7%
Kieselzement (mit Tonmatrix)	21,4%
übrige Phyllosilikate	0,1%
Karbonate	42,4%
Schwerminerale und Opaksubstanz	2,2%

Der Gradierungseffekt ist beim Glaukonit in manchen Bänken so stark,
daß sich an der Basis eine wenige cm starke, deutlich dunkelgrüne Lage mit
einer Glaukonit-Anreicherung bis maximal 30% findet. Diese könnte aller-
dings auch diagenetisch durch verstärkte Karbonatlösung an der Basis der
Bänke bedingt sein (HESSE 1987).

Auf Grund der petrographischen Analysen können vier, auch markrosko-
pisch unterscheidbare Varietäten unter den Sandsteinen des Gault gegenein-
ander abgegrenzt werden: a) feinkörniger, glaukonitreicher Quarz-Arenit, b)

feinkörniger, karbonatreicher Quarz-Arenit, c) dunkler, karbonatreicher, feinstkörniger Sandstein und d) feldspatreicher, grobkörniger Quarz-Arenit (HESSE 1966: 49 ff). Lediglich der feldspatreiche, grobkörnige Quarz-Arenit sei hier nochmals erwähnt, da er das Gestein der „Feldspatbank“ F2 verkörpert, die einen petrographischen Leithorizont darstellt. Außer in zwei Bänken der oberen Tonstein-Zone (e), mit denen wegen ihrer stratigraphischen Stellung (innerhalb der Tonstein-Zone) keine Verwechslung möglich ist, hat diese Bank F2 im gesamten übrigen Gault-Profil kein Äquivalent, weder unter dem Nachfolger- noch unter den Vorläufer-Turbiditen.

Pelitische Gesteine: Die Pelite zwischen den psammitischen Sandsteinbänken bestehen aus alternierenden Lagen von 5 bis 15 cm mächtigen, grauen, schwarzen und grünen Tonsteinen. In den Tonstein-Zonen erreichen diese schwarz-grünen Pelitfolgen größere Mächtigkeit (bis 75 m in der oberen Tonstein-Zone); jedoch sind diese im Kartenbereich an keiner Stelle im ursprünglichen Schichtverband erhalten, da sie einen für tektonische Bewegungen besonders geeigneten Horizont darstellen und stets Ort starker Dislokationen sind.

Die grauen Tonsteine folgen meist unmittelbar über den Sandsteinbänken, so daß die Vermutung naheliegt, daß ihre Ablagerung genetisch im Zusammenhang mit deren Sedimentation steht. Da es sich bei letzteren um Ablagerungen von turbidity currents handelt, sind diese grauen Tonsteine vermutlich ebenfalls durch Suspensionsströme abgelagert worden (turbiditische Tonsteine), im Gegensatz zu den grünen und schwarzen hemipelagischen Tonsteinen (HESSE 1975). Die grünen Tonsteine sind Karbonat-frei (HESSE 1973b) und unterhalb der Kalzitkompensationstiefe abgelagert worden (HESSE & BUTT 1976).

Vorkommen: Im nördlichen Sattelzug sind nur an wenigen Stellen Gault-Vorkommen erhalten, so am östlichen Blattrand bei der Lehenbauern-Alm ein Vorkommen, das jedoch nur auf Grund von Lesesteinen kartiert werden konnte. Kleinere Schuppen sind im Steinbach-Tal in der Umgebung der Bichler Hütte erschlossen, so auch das auf S. ? erwähnte Vorkommen im unteren Anzen-Bach auf 830 m Seehöhe. Der beste Aufschluß mit einer zusammenhängenden Folge von Bänken (der unteren bankreichen Zone) im Krumm-Graben auf 945 m Seehöhe (Abb. 6) ist schwer zugänglich. Ebenso wie die vorerwähnten Vorkommen umfassen auch die beiden Gault-Streifen am Westhang des Waxen-Eckes sicher nicht die volle stratigraphische Mächtigkeit. Sie sind tektonisch reduziert. Dies gilt auch von den Vorkommen des mittleren Sattelzuges, die vom Hochtannen-Kopf herunterziehend im Murner Bach aufgeschlossen sind. Hier scheint überwiegend der Gesteinsbestand von einer der drei Tonstein-Zonen vorzuliegen. Dem Schichtverband fehlt das versteifende Gerüst der Bänke, so daß er durch die tektonische Beanspruchung völlig aufgelöst ist. Die Härtlingsbänke schwimmen schollenförmig zerbrochen in den weichen Mergeln und geben ein wildflyschartiges Bild. In

einigen „Quarzit“-Blöcken dieses Aufschlusses wurden beim Anschlagen Ölsuren gefunden.

Reduziert ist auch die Mächtigkeit im Stein-Graben. Südlich vom Waxen-Eck flankiert der Gault den in zwei Teile aufspaltenden Tristelschichten-Sattelzug.

Mächtigkeit: Die volle stratigraphische Mächtigkeit wird auf dem Blattgebiet nirgends erreicht, sie ist jedoch von den nahegelegenen Aufschlüssen des Lainbach-Tals her recht genau bekannt. Dort erreicht der Gault ohne obere Tonstein-Zone 115 m Mächtigkeit. Einschließlich dieser Zone, die nicht vollständig aufgeschlossen ist, dürfte die Gesamtmächtigkeit dort 190 m betragen. Die Werte für die einzelnen Zonen (ermittelt aus 16 Aufschlüssen) belaufen sich hier auf a) 27,5 m, b) 29,0 m, c) 20,0 m, d) 39,0 m, e) (übernommen aus dem Ammergauer Flysch, HESSE 1973 a): 74 m.

4.1.1.3. Untere Bunte Mergel, fub (Oberalb-Cenoman)

Synonym: Gault-Grenzmergel (CUSTODIS & SCHMIDT-THOMÉ 1939: 334), Untere Bunte Schiefertone

Alter und Fossilführung: Die Unteren Bunten Mergel, die wegen der bunten Farbtöne ihrer vorwiegend tonig ausgebildeten Gesteine einen im Gelände brauchbaren Leithorizont zwischen Flysch-Gault und Reiselsberger Sandstein darstellen, umfassen nach den aus anderen Gebieten des bayerischen Flysches bekannt gewordenen spärlichen Mikrofaunen (PFLAUMANN 1964: 12) einen Zeitraum von Oberalb bis Cenoman. Proben aus dem Zwiselflysch erbrachten keine neuen Fossilfunde.

Gesteinsausbildung: Im Gegensatz zu den Oberen Bunten Mergeln, die eine äußerst dünnbankige Wechsellagerung von feinstkörnigen Kalkarenit- und Kalzilitbänkchen mit roten und grünen Tonstein-Zwischenlagen darstellen, fehlen den Unteren Bunten Mergeln die harten Bänke fast völlig. Sie bestehen überwiegend aus roten, grünen, grauen, schwarzen und ockerfarbenen Tonsteinen oder Tonmergelsteinen sowie grauen Kalkmergelsteinen, in die nur vereinzelt graue Kalksandsteine, Sandkalke oder gelblich-grüne lutitische Kalke als Härtingsbänke eingeschaltet sind. Abgesehen von den roten Tonsteinen und -mergeln unterscheiden sich die Unteren Bunten Mergel kaum von der oberen Tonstein-Zone des Flysch-Gault, mit welcher sie – auch wegen ihrer geringen Mächtigkeit von ca. 20 m – ohne weiteres zusammengefaßt werden können. Wegen ihrer kartiertechnischen Bedeutung im Gelände als Leithorizont zwischen Gault und Reiselsberger Sandstein soll jedoch an der herkömmlichen Praxis festgehalten werden, diesen geringmächtigen Horizont als eigenes Schichtglied auszuscheiden. In der Kartendarstellung werden sie als oberster Horizont des Flysch-Gault wiedergegeben.

Unter sedimentologischen Gesichtspunkten ist interessant, daß sich der Umschlag von den W-E gerichteten Materialschüttungen der Unterkreide in

die E-W gerichteten Schüttungen der Oberkreide im Bereich der Unteren Bunten Mergel sowie der gelegentlich (nicht jedoch auf Blatt Penzberg) auch in der Südfazies vorhandenen Ofterschwanger Schichten vollzieht.

Vorkommen: Nicht überall im Grenzbereich zwischen Gault und Reiselsberger Sandstein erscheinen Untere Bunte Mergel. Dies liegt daran, daß dieser ton- und mergelsteinreiche Horizont bevorzugt das Niveau tektonischer Bewegungen bildet. Die mittlere Sattelzone des Flyschgebietes, in welcher allein die Unteren Bunten Mergel angetroffen werden, ist zudem die am stärksten von Störungen und Gleitbewegungen betroffene tektonische Struktur (MATTERN 1988).

Kleine unscheinbare Vorkommen finden sich im Steinbach-Tal östlich und südlich der Bichler Hütte (Stein-Graben). Es handelt sich meist um bunte Tonsteine, die in dem feuchten, dicht bewachsenen Gelände als schmierige Tone in kleinen Rinnsalen oder Hohlwegen an der Oberfläche erscheinen. Im Murner Bach auf 915 m ü. NN sind die Unteren Bunten Mergel im Kontakt mit Gault und Reiselsberger Sandstein zu finden, jedoch ist eine scharfe Abgrenzung gegen die obere Tonstein-Zone des Gault wegen der intensiven tektonischen Durchbewegung der Schichtfolge nicht möglich. Mehrere kleine, isolierte Vorkommen wurden am Westabhang des Waxen-Ecks kartiert.

Ofterschwanger Schichten:

Dieses auf Blatt Tegernsee und im Hörnle-Aufacker-Flysch (HESSE 1964: 19 und 84 f.) als Einschaltung zwischen den Unteren Bunten Mergeln und dem Reiselsberger Sandstein auch in der Südfazies beobachtete Schichtglied tritt auf Blatt Penzberg nicht auf. Vermutlich ist es aufgrund tektonischer Amputation der Schichtfolge unterdrückt.

4.1.1.4. Reiselsberger Sandstein, fs (Cenoman-Turon)

Der Name geht nach MATTERN (1988) auf SCHAFFHÄUTL (1851: 66) zurück.

Synonyma: Hauptflysch-Sandstein (KRAUS, 1927: 275; 1942: als Bezeichnung für den Reiselsberger Sandstein der „Sigiswanger Decke“), Grenzsandstein (KRAUS, 1927: 275; 1942: als Bezeichnung für den Reiselsberger Sandstein der „Oberstdorfer Decke“), Schwabbrünnen-Serie (Vorarlberger Flysch, ALLEMANN & BLASER, 1950: 188).

Alter und Fossilführung: Fossilfunde wurden in dieser selbst für Flyschverhältnisse als besonders fossilarm geltenden Serie auf Blatt Penzberg nicht gemacht. Von BETTENSTAEDT (1957: 577) und PFLAUMANN (1964: 16 f.) wird ihr Alter als höheres Cenoman bis Unterturon angegeben.

Seriencharakter und Gesteinstypen: In der Serie des Reiselsberger Sandsteins treten die Grauwackebänke auf Kosten der Tonstein-Zwischenla-

gen stark in den Vordergrund. Die Bänke können besonders im höheren Teil der Serie sehr mächtig werden (bis zu 10 m), wobei es sich häufig um „amalgamierte Bänke“ handelt, die aus mehreren Einzelschüttungen zusammengesetzt sind. In einem Aufschluß im Steinbach-Tal auf 840 m Seehöhe, der seiner stratigraphischen Stellung nach (wegen der im N anschließenden Unteren Bunten Mergel) als Unterer Reiselsberger Sandstein einzustufen ist, liegt eine Fazies mittlerer Bankdicken (50–100 cm) und zwischenlagernder, z. T. glimmer- und sandreicher Ton- und Mergelsteine vor (Abb. 7). In den Tonsteinen wurden bis zu 5 cm große Pyritknollen gefunden. Eine etwa 2 m mächtige Einschaltung von wechsellagernden dünnen Kalk- und Tonpeliten in der Fazies der Piesenkopf-Schichten tritt im oberen Reiselsberger Sandstein des Wischets-Grabens (900 m ü. NN) auf.

Die Grauwackebänke erscheinen oft massig und homogen. Bankinterne Sedimentgefüge wie kleinmaßstäbliche Kreuzschichtung (current ripple lamination) und Verfältelung (convolute lamination) sind in der Regel auf wenige cm im Oberteil der Bänke beschränkt. Diese werden überwiegend vom

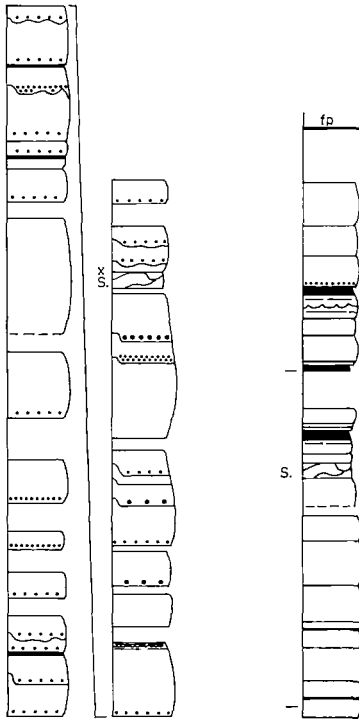


Abb. 7. Bankfolgen-Profil des Reiselsberger Sandsteins (dickbankiger Abschnitt) im Steinbach östlich von Bichl auf 850–865 m Seehöhe (aus MATTERN 1988: 91, Profil 8).

Gefügeabschnitt T_a eingenommen, während T_b bis T_d demgegenüber viel seltener und in der Mächtigkeit unbedeutender sind. Lineargefüge auf Bankunterseiten wurden in dem auf Blatt Penzberg schlecht aufgeschlossenen Reiselsberger Sandstein nur an wenigen Stellen beobachtet. Die daraus abgeleiteten Transportrichtungen verlaufen von SSW nach NNE.

Lithologisch handelt es sich beim Reiselsberger Sandstein in erster Linie um glimmerreiche Quarz-Grauackern, die je nach Gehalt an karbonatischem Bindemittel im Gelände als harte Kalksandsteine oder relativ mürbe Glimmersandsteine angesprochen werden. Größere Varietäten schließen auch konglomeratische Sandsteine ein. Bezüglich der petrographischen Zusammensetzung der Grauackern s. HESSE (1966: 59 ff). Der Reichtum des Reiselsberger Sandsteins an kohligem Partikeln tritt auf manchen Schichtflächen sowie innerhalb bestimmter Bankabschnitte (besonders im T_d -Abschnitt) besonders hervor. Das pflanzliche Material ist terrestrischer Herkunft.

Unter den Pelitgesteinen kommen sand- und/oder glimmerreiche bräunliche bis grauschwarze Tone, graue Kalkmergel vom Typ der „Zementmergel“ und grüne Tonsteine vor, die den Tonsteinen der Piesenkopf-Serie ähneln; zur Petrographie s. HESSE (1966: 62).

Vorkommen: Die besten Aufschlüsse im Reiselsberger Sandstein liegen im Zentrum der Sattelzone in den Gräben oberhalb der Bichler Hütte, die von S her zum Steinbach führen sowie im Steinbach selbst auf 840 und 870 m ü. NN. In den zuletzt genannten beiden Aufschlüssen herrschen mittlere Bankdicken (0,5–2 m) vor. Im Stein-Graben zwischen 820 und 870 m ü. NN tritt u. a. eine bis zu 10 m mächtige Einzelbank auf. Weitere Aufschlüsse finden sich in den beiden Quellbächen des Steinbaches, im Wischets-Graben und im Murner Bach. Die Einmündung im Reiselsberger Sandstein, die zwischen nördlichem und mittlerem Teilsattel der Sattelzone liegt, ist hier durch Piesenkopf-Schichten (mit Oberen Bunten Mergeln) im Muldenkern markiert. Auf dem Südschenkel des mittleren Teilsattels tritt der Reiselsberger Sandstein nochmals auf, hier jedoch in offenbar primär reduzierter Mächtigkeit. Die westlichsten Aufschlüsse liegen östlich von Gschwendt im Alt-Graben (685 bis 725 m ü. NN) sowie an der Forststraße zum Waxen-Eck (710 und 750 m ü. NN).

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit im nördlichen Teilsattel dürfte 120 m erreichen. Im mittleren Sattelzug werden 50 m nicht überschritten. Werte von 600 m, wie sie aus der Nordfazies anderer Gebiete berichtet werden (z. B. Pfrontner Flysch, VON RAD 1966), werden in der Oberstdorfer Fazies nirgends erreicht. Die Ursache für die deutliche Mächtigkeitszunahme im Querprofil der Flyschzone von S nach N ist in synsedimentärer Absenkung des Beckenbodens des Flyschtroges im Zuge des Subduktionsprozesses gesehen worden (Abb. 1). Für das Fortbestehen des Flyschtroges als Tiefseegesenke

während der Kreidezeit sind periodische Subduktion zusammen mit lang andauernden linkshändigen Blattverschiebungen am Südrand der europäischen Platte verantwortlich gemacht worden (HESSE 1982).

4.1.1.5. Obere Bunte Mergel fob und Piesenkopf-Serie der Südfazies, fp (Turon)

Nur drei kleinere Vorkommen auf dem Blattgebiet (Wischets-Graben, Murner Bach 895 bis 905 m ü. NN, kleiner Zulauf von S zum Steinbach, der nächst östlich vom Mark-Graben liegt) enthalten die Piesenkopf-Serie der Südfazies. In zwei von diesen Aufschlüssen (Wischets-Graben, Murner Bach) sind Obere Bunte Mergel eingeschaltet. Durch die Aufschlüsse im Zwiesel-Flysch wird erneut bestätigt, daß die Oberen Bunten Mergel eine nur wenige Meter mächtige Einschaltung an der Basis der Piesenkopf-Serie darstellen. Sie sind der Piesenkopf-Serie i. w. S. im Seriencharakter sehr ähnlich und unterscheiden sich von dieser im wesentlichen nur durch die roten Tonsteine, die zwischen die dünnen Kalzilutit- und Kalzilititbänke zwischengeschaltet sind. Da die Piesenkopf-Serie in der Nordfazies wesentlich mächtiger als in der Südfazies entwickelt ist, soll sie dort behandelt werden. Hier wird lediglich ein in der Südfazies im Murner Graben (905 m ü. NN) aufgenommenes Detailprofil (Abb. 8) wiedergegeben und eine kurze Beschreibung der dort ebenfalls angetroffenen Oberen Bunten Mergel gegeben.

Das im Maßstab 1:25 aufgenommene Bankfolgen-Profil setzt unmittelbar über dem Reiselsberger Sandstein ein und charakterisiert damit den Übergangsbereich in die untere Piesenkopf-Serie. Es umfaßt mit 18 m Schichtmächtigkeit nur einen Bruchteil der Gesamtmächtigkeit der Piesenkopf-Serie (s. S. 44). In den unteren 8 m sind Bänke vom Typ Reiselsberger Sandstein nicht selten. Diese Nachläufer werden bis 30 cm, in einem Fall auch 50 cm mächtig. Auch sehr dünne, im lithologischen Habitus jedoch noch ganz den glimmerreichen Quarz-Grauwacken des Reiselsberger Sandsteins entsprechende Bänke kommen in den unteren 4–8 m des Profils vor. Daneben treten die stets dünnen, weniger als 30 cm, gewöhnlich sogar weniger als 15 cm mächtigen, kalkreichen Bänke auf, die das bezeichnende Hartgestein der Piesenkopf-Serie darstellen. Es sind meist äußerst feinkörnige Siltkalke, gelegentlich auch Sandkalke, die nach oben gradiert in dichte Kalke (Kalzilutite) und Mergelkalke übergehen. Ein Meter Schichtmächtigkeit erfaßt im Durchschnitt 8 solcher Bänke. Sie zeigen oft kleine Tüpfel Spuren auf den Bankunterseiten und lassen, sofern Interngefüge überhaupt erkennbar sind, Parallelschichtung, bankinterne Verfäلتelung (convolute lamination) sowie gelegentlich auch kleinmaßstäbliche Schrägschichtung (current ripple lamination) sichtbar werden.

Aus Kolkmarken auf den Reiselsberger Sandstein-ähnlichen Bänken wurden in diesem Aufschluß Strömungsrichtungen von NNE nach SSW abgeleitet.

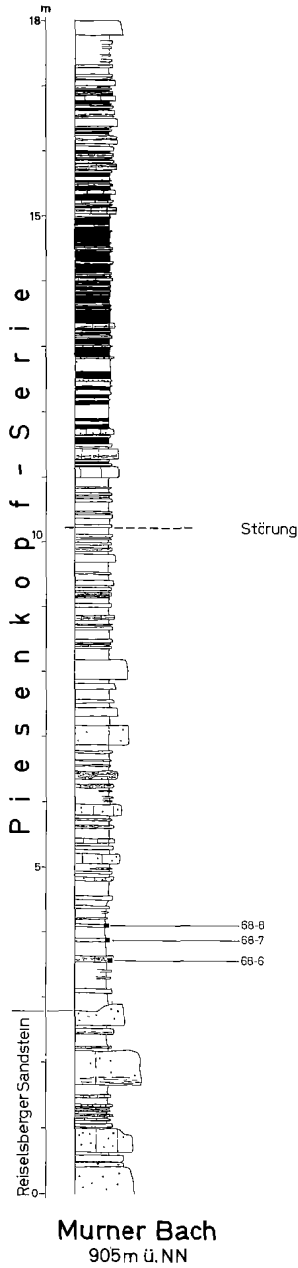


Abb. 8. Bankfolgen-Detailprofil der Piesenkopf-Serie, welche nahe ihrer Basis die Fazies der Oberen Bunten Mergel (im Profil von II bis 17 m) einschließt. Murner Bach, 905 m ü. NN.

Die zwischengeschalteten Tonsteine sind im Normalfall olivgrün bis grün, seltener olivgelb und werden fast nie mächtiger als 20 cm. In diese grünlichen Tonsteine sind vereinzelt graue und dunkelgraue, kalkreichere Tonstein-Lagen von durchschnittlich 20 cm Mächtigkeit eingeschaltet.

Genetisch stellen die verschiedenen erwähnten Gesteinstypen der Piesenkopf-Serie wiederum Wechsellagerungen von Turbiditen mit hemipelagischen Sedimenten dar. Die grünen Tonsteine sind hemipelagischer Natur, während die grauen Tonsteine und die Kalksiltite und -lutite aus Trübeströmen abgelagert sind. Diese lutitischen Kalke stellen turbiditisch umgelagerte pelagische Sedimente dar (HESSE & BUTT 1976).

Die Oberen Bunten Mergel im Blattbereich scheinen 10 m Mächtigkeit nicht zu übersteigen. In den Aufschlüssen des Murner Baches und Wischets-Graben entfallen auf 1 m Profilmächtigkeit 11 bis 12 Kalzilutit-(Kalkarenit-)/Tonpelitzzyklen, d. h. der Rhythmus von harten und weichen Gesteinen ist in den Oberen Bunten Mergeln an dieser Stelle (Abb. 9) noch kurzspanniger als in dem benachbarten Vorkommen (Abb. 10) von Piesenkopf-Schichten. Die Hartbänke sind meist weniger als 5 cm dick und bestehen überwiegend aus lutitischem und nur untergeordnet aus arenitischem Material. Im Gelände sind sie als Mergelkalke anzusprechen.



Abb. 9. Dünnbankige Wechsellagerung von hellen, turbiditischen Mergelkalk- und Siltkalkbänken mit roten und grünen hemipelagischen Tonstein-Zwischenlagen der Oberen Bunten Mergel im Murner Bach (Steinbach-Tal) auf 905 m ü. NN (Detailprofil: Abb. 8 zwischen 13 und 16 m). Hammerstiel mit Dezimeterteilung als Maßstab.

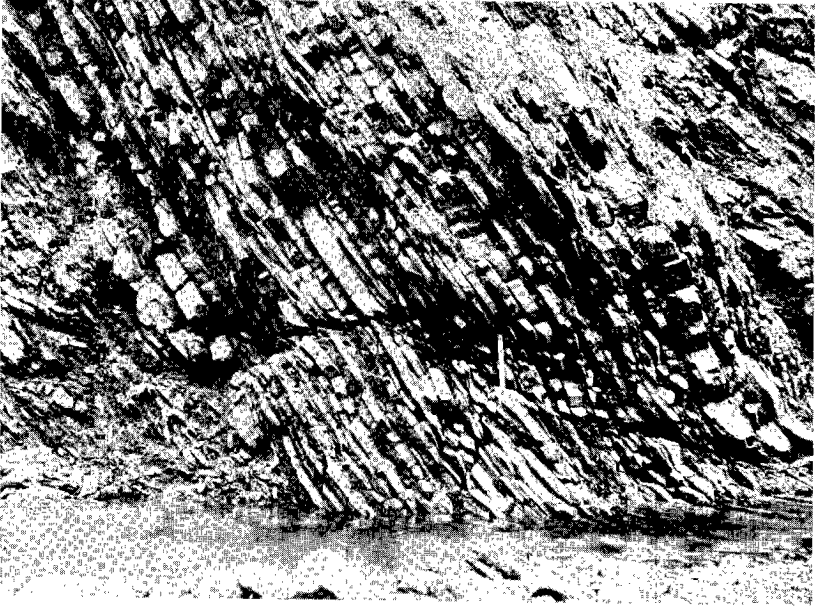


Abb. 10. Piesenkopf-Serie mit flachliegender Überschiebungsfäche (Hammerkopf), Murner Bach (Steinbach-Tal), 965 m ü. NN..

4.1.1.6. Zementmergel-Serie, fz (Turon-Maastricht)

Synonyma: Heute nicht mehr gebräuchliche Bezeichnungen für diese Serie sind:

Hydraulische Gruppe (HAHN 1914: 52), Birnwang-Schichten (KRAUS 1927: 275), Graue Leimern-Schichten (RICHTER 1933: 496), Jüngerer Kieselkalk.

Alter: Altersangaben müssen von anderen Gebieten übernommen werden, da aus den wenigen Vorkommen des Blattgebietes keine Mikrofossilfunde vorliegen. Der von PFLAUMANN (1968: 132) und HESSE (1966: 65 ff) angegebene Bereich von Turon bis Maastricht beruht auf relativ seltenen Globotruncanen-Faunen sowie sporenstratigraphischen Ergebnissen von M. WOLF (1963: 350). Äquivalente der Zementmergel-Serie, welche in der Sigiswanger Fazies auftreten, sind zeitlich stark eingeschränkt auf den Bereich des Campans (S. 49). Der monotonen Folge von Zementmergel-Schichten in der Oberstdorfer Fazies steht in der Sigiswanger Fazies ein differenziertes stratigraphisches Profil aus Zementmergel-Äquivalenten, Hällritzer Serie und Bleicherhorn-Serie gegenüber.

Seriencharakter und Gesteinstypen: Der typische „Sedimentationszyklus“ der Zementmergel-Serie besteht aus folgenden Gesteinstypen und unterscheidet sich deutlich von den übrigen Flysch-Serien:

- I Kalksandstein oder Sandkalk an der Basis, darüber folgend
- II kalkiger Siltstein oder Kieselkalk,
- III grauer Kalkmergel oder Mergelstein („Zementmergel“), und
- IV grüner bis graugrüner Tonstein am oberen Ende, sowie
- V dichter, gelblichgrauer Kalk oder Mergelkalk am Oberende des Kalkmergel-Abschnittes III oder eingeschaltet als selbständige dünne Bänke in den grünen Tonstein IV.

Die Gesteinstypen I, II, IV und V sind im allgemeinen nur geringmächtig entwickelt: I zusammen mit II werden weniger als 50 cm mächtig, wobei I fehlen kann, IV und V je meist weniger als 20 cm. Typ III, der graue Kalkmergel dagegen kann beachtliche Mächtigkeit erreichen (bis zu 2 m). Dies ist das wesentliche Charakteristikum der Zementmergel-Serie, wodurch sie sich von anderen Serien unterscheidet.

In jedem Zementmergel-Aufschluß von genügender Größe treten „Zyklen“ mit dem stark betonten Kalkmergel-Abschnitt auf. Eine Reihe von Gründen spricht dafür (S. 51), daß dieser Kalkmergel-Abschnitt aus den feinstkörnigen tonigen und kalkigen Partikeln eines Suspensionsstromes besteht (T_e -Abschnitt), die sedimentiert werden, nachdem alle gröberen Teilchen daraus ausgefallen sind (Turbidit-Abschnitte T_a – T_d , die in den Gesteinstypen I und II vertreten sind). Die grünen Tonsteine dagegen werden durch die hemipelagische Normalsedimentation gebildet. Sie sind karbonatfrei und unterhalb der Kalzitkompensationstiefe abgelagert (HESSE & BUTT 1976). Bei den Mergelkalken und lutitischen Kalken dagegen handelt es sich um turbiditisch umgelagerte pelagische Kalkschlämme, die entweder als dünne Einzellagen (T_e - oder T_{de} -Turbidite) im hemipelagischen grünen Ton oder nach dem Durchgang mächtiger Trübestrome als deren Endphase erscheinen (T_e -Abschnitt).

Mächtigkeit: Im Kartenbereich ist die Zementmergel-Serie nur unvollständig aufgeschlossen. Für die Oberstdorfer Fazies wird im Zwieselflysch mit Werten bis zu 650 m gerechnet (HESSE 1962: 296), wovon 350 m in der Schmied-Laine (Blatt 8334 Kochel am See) beobachtbar erschlossen sind.

Vorkommen: Nur ein Aufschluß (Murner Bach, 950 m ü. NN) mit einer größeren Folge des Zementmergel-Schichtpaketes der Oberstdorfer Fazies fällt in das Blattgebiet. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt auf dem südlich anschließenden Kartenblatt 8334 Kochel am See.

4.1.2. Nordfazies (Sigiswanger Fazies)

Flächenmäßig entfallen vom Flyschanteil auf Blatt Penzberg mehr als zwei Drittel auf die in der Nordfazies (Sigiswanger Fazies) entwickelte Oberkreide. Die noch in die Unterkreide hinabreichenden Ofterschwanger Schichten (Basis-Serie), mit welchen die Schichtfolge der Nordfazies in manchen Gebieten beginnt, sind im Zwiesel-Flysch an keiner Stelle aufgeschlossen. Auch der Reiselsberger Sandstein erscheint oberflächlich nicht im Verbreitungsgebiet der Nordfazies. Ursprünglich für Reiselsberger Sandstein gehaltene Vorkommen am Nordabhang des Zwiesel-Flysches haben sich, wie erst die detaillierte Aufnahme des Stallauer-Bach-Profiles während der Revisionsbegehungen mit Sicherheit bestätigt hat, als Bleicherhorn-Serie erwiesen. Diese dem Reiselsberger Sandstein in gewisser Hinsicht ähnliche Serie erscheint in dem tektonisch nicht gestörten Profil des Stallauer Baches stratigraphisch über der Hällritzer Serie und gehört somit in die jüngste Oberkreide. Entsprechende Gesteinsvergesellschaftungen treten außerdem am NW-Rand des Flyschgebietes auf, so daß die Bleicherhorn-Serie eine beträchtliche Verbreitung besitzt. Grundsätzlich unterscheidet sich das lithologisch reicher gegliederte Schichtprofil der Nordfazies von der gleichalten, monotonen Zementmergel-Folge der Südfazies durch das stärkere Hervortreten des Psammitanteils in den Turbiditen (Abb. 11). Dies wird besonders deutlich beim Vergleich der Hällritzer Serie mit den als zeitliches Äquivalent aufgefaßten Teilen der Zementmergel-Serie (S. 51).

4.1.2.1. Piesenkopf-Serie, fp (Turon-Campan)

Synonym: Plankner-Serie (Voralberger Flysch, ALLEMANN & BLASER, 1950: 188).

Alter und Fossilführung: Nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse besitzen die Piesenkopf-Schichten ihre Hauptverbreitung im Bereich der Nordfazies und dürften hier auch ihren größten stratigraphischen Umfang erreichen. PFLAUMANN (1964: 26) gibt einen Zeitraum von Turon bis Campan dafür an. An zwei Stellen, im Stallauer Bach (905 m Seehöhe, Westhang, Probe 59–50) und im Holler Graben (kleiner Zulauf aus Süden, der auf 855 m ü. NN mündet, Probe 59–75: 875 m ü. NN, Probe 59–76: 885 m ü. NN) fanden sich Mikrofaunen mit zweikieligen Globotruncanen. Unter den vorhandenen Arten

Globotruncana arca (CUSHMAN)

G. coronata (BOLLI)

G. fornicata PLUMMER

G. lapparenti lapparenti BROTZEN

G. stuartiformis DALBIEZ (1 Individuum)

spricht *G. arca* und das noch primitive Entwicklungsstadium von *G. lapparenti* nach PFLAUMANN (HESSE 1962: 297) für Untercampan, während die Aus-

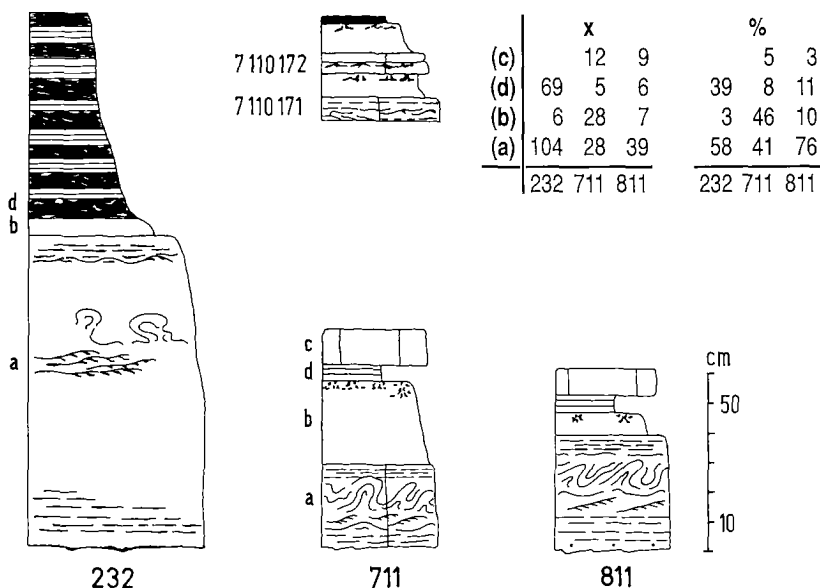


Abb. 11. Typische Turbidit-Hemipelagit-Wechselagerungen für Flysch-Gault (Profil 232, Hinterer Rehbrein-Graben bei Bad Kohlgrub), Kalkgraben-Serie (Profil 711, Stallauer Bach) und Hällritzer Serie (Profil 811, Stallauer Bach) mit statistisch ermittelten Mächtigkeiten für die einzelnen Gesteinstypen und Gefüge-Abschnitte (aus HESSE 1975: 407). Man beachte das Hervortreten des turbiditischen Mergel(-kalk-)Abschnittes (b) im Profil 711. (a): Sandstein-Siltstein Turbidit; (c): lutitischer Karbonat-Turbidit; d: hemipelagischer Tonstein. Bank 711 0171 veranschaulicht die Denudation einer hemipelagischen Zwischenlage durch den darauffolgenden Turbidit. Das ehemals zwischen den beiden Turbiditen (171 und 172) vorhanden gewesene hemipelagische Tonsediment ist noch in den Chondrites-Versatzbauten im Oberteil des Mergelabschnittes der unteren Bank (171) erhalten, wo es vor Denudation bewahrt wurde.

bildung von *G. fornicata* in den Proben des Holler-Grabens auf Obercampan schließen läßt, so daß die Piesenkopf-Serie nach oben zumindest den Beginn des Obercampan mit einschließt.

An Spurenfossilien (Abb. 12) sind besonders häufig: *Chondrites affinis* STERNB., *Ch. intricatus* BRONGN. und *Helminthoidea* HEER. *Taenidium fisheri* HEER scheint nur eine besondere Anschnittform von *Chondrites affinis* zu sein. *Muensteria hoessii* HEER ist durch seine Internstruktur als Stopfgang ausgewiesen (Abb. 13). Tüpfel Spuren (Abb. 14) stellen vermutlich Abgüsse der Öffnungen von Chondrites-Bauten dar.

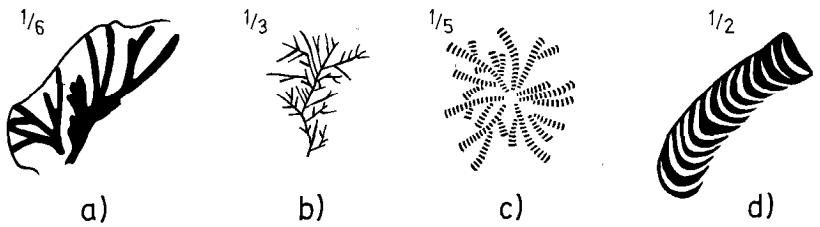


Abb. 12. Häufige Spurenfossilien (vollkörperliche Versatzbauten) in der Flysch-Oberkreide (schematisch nach SEILACHER 1958: 1072). (a) *Chondrites affinis* STERNB.; (b) *Chondrites intricatus* BRONGN.; (c) *Taenidium fischeri* HEER; (d) *Muensteria hoesii* HEER; (e) *Helminthoidea* sp. HEER; (Zahlenangaben: Verkleinerungsfaktor).



Abb. 13. Breite mäandrierende Spur (*Muensteria hoesii* HEER) neben *Chondrites intricatus* BRONGN. auf Oberseite einer Mergelkalk-Bank, Piesenkopf-Serie, Stallauer Bach, 1040 m ü. NN (etwa 1/2 natürlicher Größe).

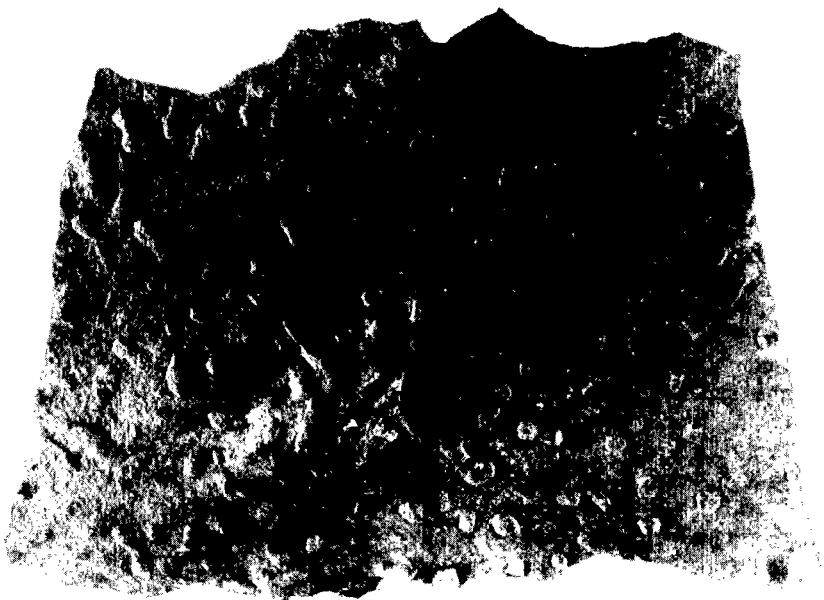


Abb. 14. Tüpfelförmiger Spurentyp auf Unterseite einer Feinsandstein-Bank. Es handelt sich hierbei um den Abguß von Vertiefungen in der Oberfläche des unterlagernden Tonpelites, die *Chondrites affinis*-Gangsysteme im Sediment darstellen. Steinbach-Tal östlich von Bichl (Verkl. ca. 1:1,2).

Seriencharakter und Gesteinstypen: Die Piesenkopf-Serie zeichnet sich durch eine äußerst dünnbankige Wechsellagerung von feinkörnigen Sand- und Siltkalken, hellen dichten Kalken, grauen Kalkmergeln und Mergelsteinen und grünen Tonsteinen aus (vgl. S. ?). Sand- und Siltkalke bilden meist die basalen Lagen der dünnen Hartbänke, die nach oben in dichte Kalke übergehen. Letztere kommen auch als selbständige, meist weniger als 15 cm mächtige Bänke vor. Die grauen Kalkmergel und Mergelsteine, die in der Regel auf die vorher beschriebenen Gesteinstypen folgen, dürften zusammen mit diesen aus Suspensionsströmen abgelagert worden sein, also genetisch die gleiche Stellung einnehmen wie die grauen Kalkmergel der Zementmergel-Serie (turbiditische Mergelsteine), die jedoch im allgemeinen wesentlich mächtiger sind als ihre Äquivalente in der Piesenkopf-Serie. Die grünen Tonsteine, ebenfalls nur dünne Lagen bildend, werden auch in dieser Serie als hemipelagische Komponente der Flyschsedimentation aufgefaßt. Innerhalb dieser im ganzen dünnbankigen Serie nehmen sie jedoch keine untergeordnete Stellung wie in den übrigen Oberkreide-Serien ein, sondern sind ihrer Mächtigkeit entsprechend etwa gleichbedeutend wie die anderen Gesteinstypen.

Da die Piesenkopf-Schichten wahrscheinlich altersgleich mit einem großen Teil der Zementmergel-Serie der Südfazies sind, wäre es besonders interessant, die lateralen faziellen Zusammenhänge zwischen den geringmächtigen „Sedimentationszyklen“ der Piesenkopf-Serie auf der einen und den wesentlich mächtigeren „Zyklen“ der Zementmergel-Serie auf der anderen Seite im einzelnen aufzuhellen. Es ist bisher eine offene Frage, ob diese beiden Faziesbereiche durch laterale Übergänge unmittelbar miteinander verbunden sind oder nicht. Prinzipiell kann diese Frage durch schrittweisen Profilvergleich einer Lösung näher gebracht werden. Die Schwierigkeit besteht in der Auffindung geeigneter, in einem N-S-Querschnitt durch die Flyschzone gelegener, aufeinander folgender Profile. Da die klastischen Gesteine der Piesenkopf-Serie ähnliche Sedimentgefüge wie diejenigen der Zementmergel-Serie aufweisen (parallele Laminierung, kletternde Kleinrippeln, bankinterne Verfäلتelung, selten jedoch den gradierten Abschnitt T_a, selten auch Strömungskolke auf Bankunterseiten; häufig aber Spurennegative auf Unterseiten, die gelegentlich strömungsüberprägt sein können), sind sie auch durch die gleichen Sedimentationsvorgänge wie entsprechende Gesteine der Zementmergel-Serie, d. h. durch Trübeströme gebildet worden. Ungeklärt ist jedoch, ob ein geringmächtiger „Zyklus“ der Piesenkopf-Schichten im N durch Mächtigkeitsabnahme unmittelbar aus einem mächtigen „Zyklus“ der Zementmergel-Serie im S hervorgeht, also durch den gleichen Schüttungsvorgang im gleichen Becken abgelagert ist, oder ob der Bereich der Nordfazies durch bathymetrische Unebenheiten des ehemaligen Trogbodens als eigener Teiltrog abgegliedert war und von anderen Sedimentquellen beliefert wurde. Diese Frage ist für die Flysch-Oberkreide bisher nicht geklärt.

Vorkommen: Im Oberkreide-Standardprofil des Stallauer Baches tritt nur im untersten Teil (900–910 m ü. NN) eine den Piesenkopf-Schichten ähnliche Fazies auf, deren Alter als Untercampan belegt ist. Daß es sich dabei tatsächlich um Piesenkopf-Schichten handelt, kann aus der weiteren Verbreitung dieser Zone im Streichen geschlossen werden. Sie tritt auch im Schellen-Bach zwischen 860 und 870 m ü. NN auf, hier in der typischen Entwicklung der Piesenkopf-Serie.

Die Hauptverbreitung der Piesenkopf-Serie ergibt sich aus ihrem Auftreten auf den Flanken einer Spezialmulde im Nordteil der Angert-Kopf-Zwiesel-Schuppe. Es handelt sich dabei um zwei Züge von Piesenkopf-Schichten, welche am Ostende der Spezialmulde zu einem Streifen verschmelzen. Der nördliche Zug ist am besten aufgeschlossen im Stallauer Bach zwischen 1030 und 1090 m ü. NN, sowie im Schellen-Bach in dessen SE-Ast von 945–985 m ü. NN, bzw. 960–980 m im SW-Ast. In der streichenden Verlängerung dieses Zuges nach W erscheint die Piesenkopf-Serie noch einmal aufgeschlossen in den Gräben nordöstlich vom Voglherd (nördlich davon steht entgegen der Karte f. z. an). Dieser Zug zieht über den Nord- und Westrücken des Enzenauer Kopfes, ist jedoch zwischen Schellen-Bach und nordöstlich Voglherd nir-

gends gut aufgeschlossen, so daß seine Kontinuität nur vermutet werden kann.

Der südliche Streifen ist im Stallauer Bach auf Höhen zwischen 1130 und 1180 m ü. NN zu finden, im Schellen-Bach zwischen 1005 und 1070 bis 1080 (SE-Ast) bzw. 1050 und 1090 m ü. NN (SW-Ast). Nach Süden versetzt durch eine bedeutende Diagonalstörung erscheint er westlich davon wieder in den östlichen und südöstlichen Zuläufen des Holler Grabens oberhalb 850 m ü. NN. Im Schutt finden sich die dünnbankigen bis plattigen „Piesenkopf-Mergelkalke“ und unreinen Kalke südlich vom Holler Kopf, so daß der gleiche Zug hier seine Fortsetzung nach W haben dürfte. In der streichenden Verlängerung davon liegt das Vorkommen auf der Südseite am Eingang des Steinbach-Tales bei der Bichler Wasserversorgung (Weg nach Straßberg, 675–695 m ü. NN). In der offenen Baugrube war hier im Herbst 1968 eine mit 85° nach S einfallende Spezialmulde (mit überkipptem Südschenkel) zu beobachten. Die Schuttüberdeckung betrug 2–3 m. Auch die kleinen, meist nur geringfügig erodierten Rinnen östlich vom Sommerkeller, in denen nochmals Piesenkopf-Serie zum Vorschein kommt, zeigen, daß die junge Schutt- und Moränenüberdeckung stellenweise nur einen dünnen Schleier bildet. Im Asch-Bach zwischen 680 und 710 m ü. NN steht nochmals Piesenkopf-Serie an, tektonisch einer südlichen Schuppe zugehörig.

Mächtigkeit: In sämtlichen erwähnten Vorkommen ist Spezialfaltung enthalten, so daß die wahre stratigraphische Mächtigkeit nicht aus Ausstrichbreite und dem Einfallen ermittelt werden kann. Bei einer angenommenen Mächtigkeit von 150–200 m repräsentiert die Piesenkopf-Serie vermutlich einen wesentlich größeren Zeitumfang als gleichmächtige Abschnitte anderer Serien. Der Grund dafür dürfte im Zurücktreten des turbiditischen Sedimentationsanteils zu suchen sein.

4.1.2.2. Äquivalente der Zementmergel-Serie (Kalkgraben-Serie), fzk (Campan)

Die Abtrennung dieses Schichtgliedes im Schichtprofil der Nordfazies wurde von PFLAUMANN (1964: 20; 1968: 133 ff.) vorgenommen. Über die Zweckmäßigkeit eines eigenen Namens (Kalkgraben-Schichten) für die Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies besteht kein Zweifel; der Kalkgraben-Steinbruch bei Schliersee als Typlokalität für dieses Schichtglied jedoch hat bisher weder eindeutige Altersbestimmungen geliefert noch erschließt er die Serie in ausreichender Mächtigkeit.

Alter und Fossilführung: Die von PFLAUMANN (1964: 26 ff.) angeführten altersweisenden Mikrofaunen aus Zementmergel-Äquivalenten der Nordfazies stammen aus dem Großbach bei Arzbach (auf dem östlich anschließen-

den Blatt Nr. 8235 Bad Tölz). Danach enthält die Serie unter- und obercampane Anteile. Da jedoch die Piesenkopf-Serie im Liegenden nach Angaben von PFLAUMANN bis ins Obercampan reicht (S. 45), müßten entweder Teile der Piesenkopf-Schichten diese Zementmergel faziell vertreten, wofür sich innerhalb der Nordfazies allerdings kaum Anhaltspunkte ergeben, da die Fazies parallel zum Streichen der Flyschzone äußerst konstant ist. Oder aber die Reichweite der zur Einstufung verwendeten Globotruncanen-Arten läßt Überschneidungen zu.

Auch in dieser Serie finden sich die bereits bei der Piesenkopf-Serie (S. 45) erwähnten Spurenfossilien. Im Karlochl-Graben wurde auf 745 m ü. NN. sogar der seltene Fund einer Muschelschale gemacht. Der allerdings unbestimmbare Schalenrest fand sich mit der konvexen Seite nach oben zeigend

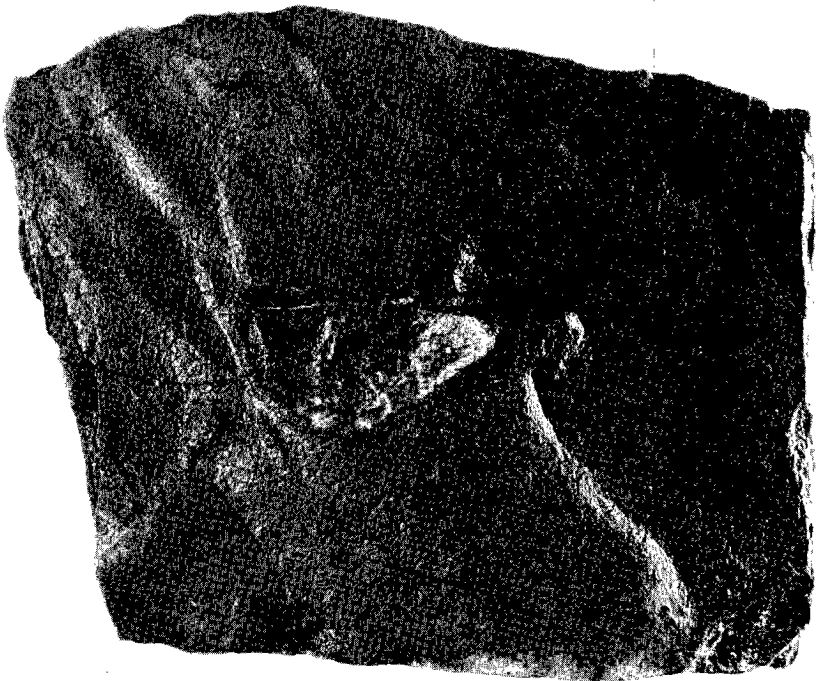


Abb. 15. Muschelschalen-Rest auf Unterseite eines Kalksandstein-Turbidits der Kalkgraben-Serie (Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies), Karlochl-Graben, 754 m ü. NN. Im Zeitpunkt der Ablagerung kam die Schale mit der konvexen Seite nach oben zeigend (d. h. in strömungsdynamisch günstiger Position) auf dem von hemipelagischem Schlack bedeckten Boden des Flyschtroges zur Ruhe. Wegen der Seltenheit von Makrofossilien im bayerischen Flysch ist dieser Fund trotz seines schlechten Erhaltungszustandes bedeutsam. Paläoströmungsrichtung von links oben nach rechts unten.

auf der Unterseite einer Psammit-Bank (Abb. 15). Er war also in einer strömungsdynamisch günstigen Position auf der unterlagernden Pelitschicht zur Ruhe gekommen. Es handelt sich um einen zusammen mit dem Terrigendetritus in das Flyschbecken eingeschwemmten Fossilrest.

Seriencharakter: Die Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies sind im Stallauer Bach lückenlos (bis auf 2 kurze Unterbrechungen von weniger als je 2 m) aufgeschlossen. Ihr Gesteinsbestand ist durch die Detailaufnahme dieses Profils im Maßstab 1:50 (Beil. 1) vollständig erfaßt worden.

Wie schon (S. 43) erwähnt, ist kennzeichnend für die Zementmergel, daß die grauen Kalkmergel und Mergelsteine (die als turbiditische Pelite aufgefaßt dem Schichtungsabschnitt T_e entsprechen) bei zahlreichen „Zyklen“ relativ sehr mächtig werden (1–2 m). Im Unterschied zu der eigentlichen Zementmergel-Serie der Südfazies sind jedoch in der Nordfazies auch die zu diesen mächtigen Mergel-Intervallen gehörigen Kalksandsteine und Siltkalke regelmäßig dickbankig (über 50 cm). D. h. es besteht innerhalb der Zementmergel-Serie der Nordfazies eine positive Korrelation zwischen der Dicke der Kalksandsteinbänke (bzw. der karbonatischen Grauwacken) und der Mächtigkeit der zugehörigen überlagernden grauen Mergelsteine und Kalkmergel. (In der Hällritzer Serie besteht diese Korrelation nicht, in der Bleicherhorn-Serie nur teilweise.) Über jeder Kalksandstein-/Mergelstein-Folge liegt gewöhnlich ein dünner, grüner hemipelagischer Tonstein-Horizont. Auf einen mächtigen Kalksandstein-/Mergelstein-/Tonstein-Zyklus folgen im Durchschnitt drei geringmächtige. Daraus ergibt sich, daß innerhalb der Serie auf je 10 m Profilmächtigkeit in der Regel mindestens ein mächtiger Zyklus entfällt.

Beim Kartieren können die Zementmergel-Äquivalente auch in kleinen Aufschlüssen im Gelände am Auftreten von Meter-mächtigen grauen Mergelpaketen erkannt werden. Lithologisch ähnliche, dicke Mergelsteine treten sonst nur noch in der Bleicherhorn-Serie – vereinzelt auch in der Serie des Reibelsberger Sandsteins – auf, hier jedoch in Gesellschaft der charakteristischen Mürbsandsteine.

Abweichungen von der Normalfolge des „Sedimentations-Zyklus“ können darin bestehen, daß eine neue Schüttung von psammitischem Material unmittelbar über dem Mergelstein-Abschnitt einsetzt unter Fortfall der grünen hemipelagischen Tonsteinlage (Beil. 1), welche offenbar vor, bzw. während der Ablagerung der folgenden Psammitbank erodiert worden ist. (S. 55).

Gesteinstypen: Kalksandsteine, Sandkalke, Silt- und Kieselkalke. Diese Gesteinstypen sind als Hartgesteine meist in einer Bank vereinigt, wobei der Kalksandstein und Sandkalk an der Basis und der Silt- und Kieselkalk in den höheren Bankteilen erscheint. Die Bankdicken liegen gewöhnlich zwischen 50 cm und 1,50 m. Einzelne dickere Bänke können auch noch mächtiger werden; 2 m werden jedoch nie überschritten. Nach unten

kann die Mächtigkeit bis zu wenigen oder 1 cm herabreichen! Dabei handelt es sich dann um dünnste psammitische Lagen an der Basis von geringmächtigen Zementmergel-Abschnitten. Sie sind im Profil (Beil. 1) als selbständige Lagen gekennzeichnet.

Korngrößen und Bankmächtigkeiten sind im allgemeinen positiv korreliert: d. h. dickere Bänke weisen gröberes Korn an der Basis auf, bei dünnen Bänken fehlt oft der Kalksandstein oder Sandkalk an der Basis; sie beginnen mit dem Siltkalk. Paläoströmungsrichtungen verlaufen generell von West nach Ost (Abb. 5, 16).

Von den Gefügeabschnitten der Turbidit-Folge (S. 43) wurde Abschnitt T_a (der gradierte Abschnitt) in dieser Serie im Profil des Stallauer Baches nie beobachtet. Die übrigen Abschnitte sind ausgeprägt entwickelt. Parallelschichtung (T_b , T_d , Abb. 17) und bankinterne Verfäلتelung (T_{c2} , Abb. 18) können bei den meisten Bänken beobachtet werden (s. Beil. 1), während Kleinrippelschichtung (T_{c1}) seltener ist. Hornsteinbänder und -linsen durchschneiden diese Gefüge oft diskordant. Meist tritt der Hornstein in höheren Teilen der Bänke auf. Strömungskolke auf Bankunterseiten ergaben übereinstimmend Transportrichtungen von W nach E.



Abb. 16. Abgüsse von einzelnen größeren Strömungskolken auf der Unterseite einer 55 cm mächtigen karbonatischen Grauwacke-Bank in den Zementmergel-Äquivalenten (Kalkgraben-Serie) der Nordfazies. Paläoströmungsrichtung von W (rechts) nach E. Stallauer Bach, 940 m ü. NN.



Abb. 17. 23 cm mächtige feinsandig bis siltige Kalkarenitbank mit schwach verbogener Parallelschichtung (T_a -Abschnitt) im Oberteil (obere 11–12 cm). Dieser Gefüge-Abschnitt weist z. T. interne Fließ- und Tropfgefüge (sog. Pseudo-Knollen) auf, die durch differentielles Einsinken gravitativ instabiler dünner Silt-Lagen in spezifisch leichtere, unterlagernde Schlickpartien entstehen („bankintere Zergleitung“) bevor die Entwässerung des zu diesem Zeitpunkt noch äußerst wasserreichen Sedimentes begonnen hat. Kleinmaßstäbliche Schrägschichtung (T_{c1}) im Unterteil der Bank (im Bild nicht ersichtlich). Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies (Kalkgraben-Serie), Stallauer Bach, 940 m ü. NN.

Kalkmergel- und Mergelsteine in Form der typischen grauen Zementmergel bilden fast ausnahmslos das Hangende der psammitischen Bänke. Diese Mergelsteine sind bis auf braune Rostflecken, die von vereinzelt auftretenden Pyritkonkretionen herrühren, fast völlig homogen. Die obersten 5–10 cm dieser Mergelpakete sind allerdings meist kräftig verwühlt. Sie enthalten *Chondrites*-Bauten, welche mit dem Material der überlagernden grünen Tonsteine gefüllt sind, und *Helminthoidea*-Spuren, die oft erst beim Anschlagen dieser meist ebenspaltenden Mergellagen sichtbar werden. (Die übrigen tieferen Lagen spalten völlig unregelmäßig mit muscheligen Bruch). Bei den *Chondrites*-Bauten handelt es sich sowohl um die breite Form *Ch. affinis* HEER als auch um die fadendünne Form *Ch. intricatus* BRONGN. Letztere tritt auch in tieferen Teilen der Mergelpakete auf, *Ch. affinis* dagegen wurde in der Zementmergel-Serie des Stallauer Bach-Profiles niemals tiefer als 10 cm unter der Oberfläche des Mergelsteins gefunden. Im Karulloch-Graben



Abb. 18. Extreme bankinterne Verfältelung einer 13 cm mächtigen Kalk-Grauwacke (Bandmaß endet 2 cm unterhalb der Bankobergrenze) der Kalkgraben-Serie (Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies), Stallauer Bach, 940 m ü. NN. Die Verformung des ursprünglich horizontal laminierten Internegefüges hat zu einem sehr frühen Zeitpunkt noch während der Ablagerung der Bank stattgefunden, da die obersten 3 cm nicht mit in die synsedimentäre Deformation einbezogen sind. Das frisch abgelagerte Sediment besaß zu diesem Zeitpunkt einen sehr hohen Wassergehalt, vermutlich mehr als 40%.

wurden an einer Stelle in dieser Serie bis 20 cm tiefe Bauten beobachtet. Die fast stets verwühlten obersten Lagen der grauen Mergelsteine erscheinen meist etwas heller als die unterlagernden nicht verwühlten Partien und sind dann etwas kalkreicher (s. u.).

Die Tatsache, daß wohl das Material der grünen Tonsteine in die grauen Mergelsteine hineingewühlt worden ist, niemals aber das Material der Mergelsteine in die Silt- und Sandsteine und auch niemals sandiges Material von oben in die unterlagernden grünen Tonsteine, wird als Hinweis darauf angesehen, daß die Sedimentation des sandigen, siltigen, und mergeligen Materials innerhalb einer kurzen Zeitspanne und unmittelbar aufeinanderfolgend vor sich gegangen ist, d. h. aus Trübeströmen, während für die Ablagerung der grünen Tonsteine in ausreichendem Maße Zeit zur Verfügung gestanden hat, so daß sie intensiv verwühlt werden konnten, wobei grünes Material bis 10 cm tief in die unterlagernden Mergelsteine verschleppt worden ist.

Bei einigen Zyklen ohne den grünen Tonstein fanden sich dennoch Chondrites-Bauten mit grünem, tonigem Material in den obersten Mergellagen (Abb. 11d). Da unmittelbar darüber die nächste Psammitbank folgt, muß angenommen werden, daß der grüne Tonstein, aus welchem heraus das Material nach unten in den Mergelstein verwühlt worden ist, ursprünglich wohl vorhanden war, jedoch während der folgenden Sandschüttung wieder erodiert worden ist (S. 51).

Helle Mergelkalke und dichte Kalke gehen besonders im Oberteil der Serie aus dem Mergelstein durch Zunahme des Kalkgehaltes gegen das Hangende hervor. Sie bilden entweder eine hervortretende dünne Hartbank am oberen Ende des Mergelabschnittes, oder bei „Zyklen“ mit nur geringmächtigem Mergelintervall eine einheitliche Bank zusammen mit dem Psammitanteil. Sie treten aber auch als eigene dünne Bänke innerhalb der Tonsteine auf. Ihre Bankmächtigkeit übersteigt 30 cm nicht.

Tonsteine: Unter ihnen herrschen grüne, teils graugrüne oder graue Farbtöne vor. Die Tonsteine stellen den hemipelagischen Sedimentationsanteil dar. Sie werden nicht mächtiger als 20 cm. Als Besonderheit tritt etwa in der Mitte der Serie eine 4 cm dicke, tiefgründig hellbraun verwitternde tonige Lage auf (Probe 68–48, Beil. 1), die vulkanogener Herkunft (? Aschenlage) sein könnte.

Vorkommen: Zementmergel-Äquivalente der Nordfazies erscheinen in fünf mehr oder weniger W-E-streichenden Zügen, welche weitgehend über das gesamte Flyschgebiet verfolgbar sind. Der nördlichste Zug gehört der Blomberg–Stallauer-Eck Schuppe an und liefert das vollständige Bankfolgenprofil im Stallauer Bach zwischen 925 und 955 m ü. NN. Sein Aussetzen im W wird auf eine vermutete streichende Störung zurückgeführt, welche den Aufschiebungskontakt der Blomberg–Stallauer-Eck Schuppe auf die nördlich vorgelagerte Enzenauer Berg-Schuppe bildet. Die Vorkommen dieses Zuges enthalten im Fall-Graben auf 930 m ü. NN eine 80 cm mächtige hellgelblichgraue Kalzilutitbank. Einige Meter höher tritt hier außerdem eine 80 cm mächtige Mürbsandsteinbank auf, welche resedimentäre Tonstein-komponenten führt und in dem darüber lagernden Kalkmergel bis 30 cm tief von oben eindringende Chondrites-Bauten aufweist. Weder Mürbsandsteine noch derartig mächtige Kalzilutitbänke wurden andernorts in der Zementmergel-Serie beobachtet. Beide Gesteinstypen gehören zum Bestand der Bleicherhorn-Serie (S. 63). Auch wurden in dem speziell darauf untersuchten Stallauer Bach-Profil Chondrites-Bauten mit einer Eindringtiefe von über 10 cm lediglich in der Bleicherhorn-Serie angetroffen. Trotz dieser lithologischen Hinweise auf Bleicherhorn-Serie wurde der entsprechende Abschnitt des Fall-Grabens (zwischen 875 und 935 m ü. NN) zur Zementmergel-Serie gerechnet, da die Gesteinsfolge insgesamt das dafür typische Aussehen aufweist und mikropaläontologische Altersbestimmungen bisher nicht vorliegen.

Die vier weiter südlich gelegenen Zementmergel-Züge entfallen auf die breite, muldenförmig gebaute Zwiesel-Angert-Kopf-Muldenstruktur. Der nördliche Zug entspricht einer lokalen Einmuldung in der Piesenkopf-Serie im Nordteil der Struktur, welche nach E aushebt, sich nach W aber zunehmend verbreitert. Dementsprechend erschließen im E die kleinen Gräben nördlich der Schnaiter Alm nur eine schmale Zone in Zementmergel-Fazies, die sich jedoch im Hauptast des Stallauer Baches bereits über den Bereich von 1090–1135 m Höhe ü. NN erstreckt, im Schellen-Bach Südostast auf Höhen zwischen 970 und 1000 m bzw. 980 und 1040 m ü. NN im Südast. Im W wird sie dann in dem Graben nördlich vom Voglherd sowie vermutlich südwestlich vom Holler Kopf angetroffen. Da zwischen Schellen-Bach und Voglherd/Holler Kopf keine Aufschlüsse liegen, kann die Kontinuität dieses Zuges nur vermutet werden.

Der nächst südliche Zug bildet den relativ steilen Nordabfall unterhalb des Grates, der von der Schnaiter Alm über den Zwiesel zum Enzenanger verläuft. Er ist nordwestlich vom Enzenanger an einer vermuteten Störung abgeschnitten und zieht, nach S versetzt, nördlich am Fahrt-Kopf vorbei nach W in den Holler Graben hinunter. Der große Aufschluß auf der Nordseite des Stein-Bach Tales auf Höhe 680 m ü. NN gehört zu diesem Zug. Im Stein-Bach selbst kann die Zementmergel-Fazies mit Ausnahme der Mündung des Holler Grabens (wo faziell der Hällritzer Serie zuzurechnende Bankfolgen anstehen) nach E noch bis oberhalb der ersten Brücke bei 710 m verfolgt werden.

Der vierte (von Norden gezählte) Zementmergel-Zug liegt im Stein-Bach Tal zwischen 735 m und 755 m ü. NN. Seine Westfortsetzung wird im Karloch-Graben zwischen 750 und 840 m ü. NN angetroffen, wo auf 760 m Höhe ü. NN ein ca. 35 m mächtiges Bankfolgen-Profil aufgenommen wurde. Eine Bank-für-Bank-Korrelierung mit den Zementmergel-Äquivalenten des Stallauer Bach Profils war bisher nicht möglich. Weitere zu diesem Zug gehörige Vorkommen finden sich in den Zuläufen zum Asch-Bach östlich Vormholz.

Den fünften Zug bilden die Zementmergel-Vorkommen auf der Südflanke der großen Zwiesel-Angert-Kopf-Muldenstruktur, die in den Gräben am Lehenbauern-Berg aufgeschlossen sind. Relikte dieses Zuges treten auch in der stark gestörten Zone im unteren Anzen-Bach auf. Der vierte Zug müßte erwartungsgemäß als Aufsattelung im Zentrum der Angert-Kopf-Zwiesel-Mulde erscheinen. Da die Oberkreide-Stratigraphie in dieser Muldenstruktur östlich vom Fahrt-Kopf wegen der mangelhaften Aufschlüsse bisher mikrofaunistisch nicht abgesichert werden konnte, ist der in der Karte dargestellte Zementmergel-Streifen lediglich vermutet.

Mächtigkeit: Im Standardprofil des Stallauer Baches werden die Zementmergel-Schichten der Nordfazies 170 m mächtig. In allen übrigen Auf-

schlüssen ist die Mächtigkeit sekundären tektonischen Veränderungen unterworfen.

4.1.2.3. Hällritzer Serie, fh (Obercampan-Maastricht)

Der Name ist vom Auftreten der Serie am Hällritzer Eck im Allgäu hergeleitet (RICHTER 1953: 545).

Synonym: Planknerbrücke-Serie (Voralberg, ALLEMANN & BLASER 1950: 188).

Alter und Fossilführung: Die Hällritzer Serie umfaßt nach PFLAUMANN (1964: 29) sowohl Teile des Obercampan als auch des Untermaastrichts. Proben aus dem Zwiesel-Flysch enthielten nur unspezifische Sandschalerfaunen (*Placentamina* sp., *Nodellum* sp., *Hormosina* sp., *Ammodiscus* sp., *Glomospira* sp., *Ammolagena* sp., Proben 59–47, 52, 53).

Seriencharakter Die Hällritzer Serie unterscheidet sich von der Zementmergel-Serie (und deren Äquivalenten in der Nordfazies) durch das Zurücktreten des „Zementmergel“-Abschnittes in den „Sedimentationszyklen“. Im Stallauer Bach wurde die Grenze gegen die unterlagernde Zementmergel-Serie an derjenigen Stelle im Profil gezogen, von der ab keine über 50 cm mächtigen „Zementmergel“-Lagen mehr auftreten. Dies ist ab etwa 955 m ü. NN der Fall. Gleichzeitig erscheinen die ersten bis 1,8 m mächtigen, grobkörnigen Kalk-Sandsteinbänke. Die gesamte untere Hälfte des Profils ist durch eine Wechsellagerung von Kalk-Sandsteinbänken unterschiedlicher Dicke mit dünnen grünen Tonstein-Lagen gekennzeichnet, zwischen denen das Intervall der grauen Mergelsteine meist nur ebenso mächtig wie das des grünen Tonsteine wird oder häufig ganz fehlt. Da im mittleren und höheren Profilabschnitt der Hällritzer Serie des Stallauer Baches einige Profilunterbrechungen auftreten, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob mächtige (bis zu 2 m umfassende) „Zementmergel“-Pakete in dieser Serie überhaupt fehlen oder nur im Stallauer Bach nicht aufgeschlossen sind. Als weitere Besonderheit in diesem unteren Profilabschnitt fällt auf, daß in den „Zyklen“ mit reduziertem Mergelabschnitt die Kalk-Sandsteinbänke häufig mit einer lutitischen Kalklage abschließen. Außerdem treten nicht selten amalgamierte Bänke (S. 59) auf.

Auf die dickbankigen Kalksandsteine und Grauwacken im unteren Profildrittel (Beil. 1), die bis zu 3 m Mächtigkeit erreichen, während die zwischengeschalteten pelitischen Gesteine insgesamt stark zurücktreten (Abb. 11c), folgt im mittleren Profilabschnitt eine dünnbankige Wechsellagerung vom Charakter der Piesenkopf-Schichten. Hier treten einzelne rote Tonstein-Lagen auf, welche ihrer stratigraphischen Position nach den aus Österreich beschriebenen Obersten Bunten Schieferen (JANOSCHEK 1964: 175, PREY 1951) entsprechen. Die obere Hällritzer Serie (wie auch die untere Bleicherhorn-Se-

rie) zeichnet sich durch die oft rostbraune Verwitterungsfarbe der bis 1,6 m mächtigen Kalk-Sandsteinbänke aus.

Gesteinstypen:

Konglomeratische Sandsteine, Kalk-Sandsteine, karbonatreiche Quarz-Arenite und Sandkalke stellen die wichtigsten Gesteinstypen der Serie dar. Die Bänke weisen gewöhnlich graded bedding auf. Bänke, die an der Basis Korngrößen des Grobsandbereiches erreichen, sind (–im Gegensatz zur Zementmergel-Serie –) nicht selten. An der Basis des großen Wasserfalles im Stallauer Bach auf 970 m ü. NN wurde eine Bank mit einem basalen Konglomerat (mit Korngrößen von 3–4 mm) beobachtet. Am häufigsten sind jedoch Bänke, die auch an der Basis nur fein- bis mittelsandiges Material enthalten.

Die Sedimentgefüge sind die gleichen wie bei den oben erwähnten Serien und schließen einen geringmächtigen massiven oder gradierten Abschnitt T_a an der Basis einiger Bänke ein (Beil. 1). Parallelschichtung und bankinterne Verfältelung treten bei einigen Bänken besonders deutlich hervor (Abb. 19 und 20). Der Rippelschichtungs-Abschnitt wird gewöhnlich nur eine oder wenige Rippel-Lagen dick. Hornsteinlinsen sind auch in dieser Serie weitver-

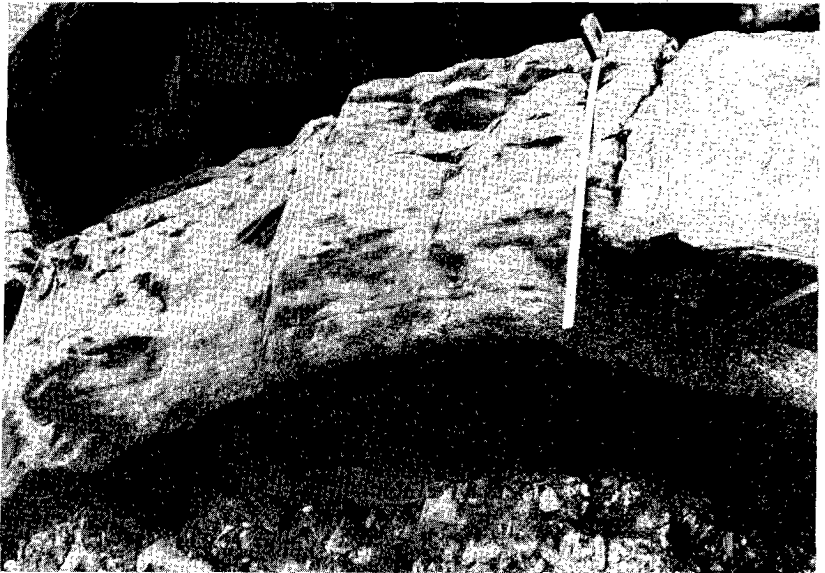


Abb. 19. Karbonatreiche Grauwacken-Bank mit schwach invers gradiertem T_a -Abschnitt, sowie T_b -, T_{e1} -, T_{e2} - und T_d -Abschnitt. Obere Hällritzer Serie, Stallauer Bach, 995 m Seehöhe.



Abb. 20. Steilstehende Schichtoberfläche, welche drei Schichtungsabschnitte innerhalb eines Turbidites freilegt: (1) Oberseite des als hellgrauer Mergelkalk ausgebildeten pelitischen Abschnittes (T_{e1} , rechts, hellgrau), (2) Oberseite des oberen parallel geschichteten Abschnittes (T_d , vorwiegend rechte obere Bildhälfte), (3) wellige Oberseite des bankintern verfältelten Abschnittes (T_{e2} , linke Bildhälfte). Hällritzer Serie, kleine von NE kommende Rinne, die bei 898 m ü. NN in den Schellen-Bach mündet.

breitet und nicht an bestimmte Bankteile gebunden mit Ausnahme der tiefsten Teile, die gewöhnlich frei davon sind. Amalgamierte Bänke sind häufig (Abb. 21 und Beil. 1). Überkrustung der Bänke durch Kalksinter und Algen sowie Moosbewuchs in den Bachläufen erschwert die Beobachtung der Gefüge sehr.

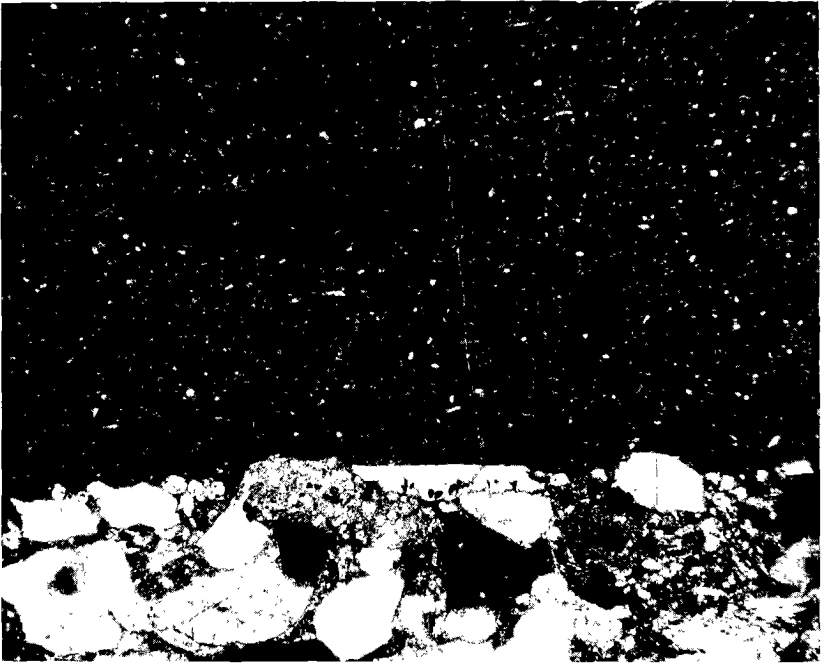


Abb. 21. Amalgamierte Bank bestehend aus grobsandigem Turbidit und kalzilutitischem, schwammnadelführenden Turbidit (Nannofossilkalk, unten). Dünnschliff-Photo, Schliff 59–147, einfach polarisiertes Licht, Vergr. ca. 7×, Hällritzer Serie, Fall-Graben, 1035 m ü. NN.

Auf Bankunterseiten wurden in der Hällritzer Serie an verschiedenen Stellen (so im Fall-Graben auf 970 und 1035 m ü. NN, im Karloch-Graben auf Höhe 740 m ü. NN) Strömungsrichtungen von E nach W gemessen, welche der in der Oberkreide (über dem Reiselsberger Sandstein) sonst vorherrschenden Richtung von W nach E entgegengerichtet sind. Petrographisch unterscheiden sich jedoch die entsprechenden Bänke nicht von den normalen karbonatischen Grauwackebänken, die von W geschüttet worden sind.

Abgesehen von den größten Varietäten führen alle Bänke geringe Mengen Glaukonit (bis zu 10% des Mineralbestandes). Das Zurücktreten oder Fehlen des Glaukonits in den größten Grauwacken wird als Hinweis auf die allothigene Natur dieser Komponente gewertet. Der Glaukonit ist bei diesen Flyschgrauwacken an die Korngrößen des Fein- bis Mittelsandes gebunden. In einer konglomeratischen Grauwacke (Bank-Nr. 8010220, Stallauer Bach), die kaum fein- bis mittelsandige Komponenten in der Matrix enthielt, wurde als einziger Probe kein Glaukonit gefunden.

Siltkalke, Spongite und helle dichte Kalke bilden als fein- bis feinstkörnige klastische Gesteine gewöhnlich die höheren Teile von dicken Bänken oder selbständige dünne Bänke. Besonders auffällig läßt sich im unteren Teil der Serie beobachten, daß die hellen lutitischen Kalke unter Fortfall oder weitgehender Reduzierung des Zementmergel-Abschnittes oft unmittelbar auf die Grauwacke oder den Kalksandstein (oder Siltkalk oder Spongite) folgen und mit diesen eine einheitliche Bank bilden. *Chondrites*-Bauten dringen von oben bis 12 cm tief in die Kalzilitlagen ein. Spongitlagen finden sich in den höheren Abschnitten fast aller Bänke. Sie sind oft mit Hornsteinlagen und -linsen vergesellschaftet, deren Kieselsäure aus den Schwammnadeln stammen dürfte.

Bei den Peliten (graue Kalkmergel, grüne, rote und graue Tonsteine) tritt, wie erwähnt, der graue Kalkmergel im Vergleich zur Zementmergel-Serie stark zurück. Die grünen Tonsteine spielen als hemipelagische Bildungen genetisch die gleiche Rolle wie in den oben besprochenen Serien (S. 43, 47, 55). Neu hinzu treten im Mittelteil der Serie rote Tonsteine, die in wenigen dünnen Lagen erscheinen. Neu gegenüber der Zementmergel-Serie sind auch dunkelgraue Tonsteine, die im Oberteil der Serie oft unmittelbar über den Grauwackebänken folgen und genetisch möglicherweise mit den Kalkmergeln (Zementmergeln) der älteren Schichten vergleichbar sind (? turbiditische Tonsteine).

Vorkommen: Die Hällritzer Serie tritt in vier (bis fünf) ungefähr west-östlich verlaufenden Zügen auf. Der nördlichste Zug, der tektonisch zur Enzenauer Berg-Schuppe gehört, säumt das Flysch-Gebiet im N. Lediglich im NW am Enzenauer Berg weicht er etwas von der Flysch-Nordgrenze nach S zurück, da hier Bleicherhorn-Serie im Grenzbereich zwischen Flysch und Helvetikum hinzutritt. Das könnte allerdings auch für den Stallauer Bach (zwischen Flysch-Nordgrenze und 910 m ü. NN) zutreffen, da die hier beobachteten schwarzen und dunkelgrauen Tonsteine sowie tonmatrix- und glimmerreiche Grauwacken an sich nicht typisch für Hällritzer Serie sind. Ohne Mikrofossilien und ohne die typischen Mürbsandsteine der Bleicherhorn-Serie waren jedoch mögliche Anteile dieser Serie innerhalb der tektonisch stark beanspruchten Zone nicht abgrenzbar. Ähnliche Verhältnisse wurden am Flysch-Nordrand im Schellen-Bach angetroffen.

Sowohl der zweite als auch der dritte Zug ist morphologisch als Höhenrücken ausgeprägt, da die Hällritzer Serie, wenn sie tektonisch nicht außergewöhnlich beansprucht ist, auf Grund des hohen Anteils an harten, relativ mächtigen Kalk-Sandsteinbänken der Erosion größeren Widerstand entgegensetzt als die übrigen Flyschserien. Der zweite Zug bildet innerhalb der Blomberg-Stallauer Eck-Schuppe die Haupterhebungen (Blomberg -1248 m ü. NN, Stallauer Eck -1216 m ü. NN.), desgleichen der dritte Zug innerhalb der Zwiesel-Angert-Kopf Mulde am Hauptkamm des Zwiesel-Flysches (Fahrt-Kopf -1203 m ü. NN, Enzenanger -1226 m ü. NN, Stallauer Kopf

-1322 m ü. NN, Zwiesel-Berg -1348 m ü. NN). Beide Züge werden an der vermuteten Störung westlich vom Enzenauer Kopf und Angert-Kopf nach S versetzt. Die Hällritzer Serie des zweiten Zuges im Stallauer Bach zwischen 955 und 1005 m ü. NN, repräsentiert das Standardprofil, das nur in dieser Serie mehrere, bis zu 10 m mächtige Aufschlußlücken aufweist. Abgesehen von einer Stelle dürfte das Profil jedoch auch hier frei von Störungen sein, da das Streichen und Fallen der Schichten auch über die Aufschlußlücken hinweg (N 75° E, 70° S) konstant bleibt. Das Profil dürfte damit zuverlässige Auskunft über die primäre Schichtmächtigkeit geben. Lediglich im großen Wasserfall zwischen 965 und 980 m ü. NN tritt eine Diagonalstörung mit vermutlich rechtshändiger Horizontalverschiebung auf, an welcher die ursprüngliche Mächtigkeit reduziert sein dürfte.

Tektonisch reduziert ist die Mächtigkeit des zweiten Zuges im Schellenbach (im Südost- sowie im Südast) und im Nordostarm des Fall-Grabens. In dem nur rund 200 m davon entfernten Fall-Graben erreicht die Serie ihre normale Ausstrichbreite. Da jedoch Spezialfaltung hinzutritt, ist auch hier die ursprüngliche Mächtigkeit nicht erhalten. Die weiter westlich gelegenen Vorkommen (im oberen Blümel-Graben und den Gräben westlich davon) bieten keine guten Aufschlüsse mehr. Das Vorkommen am Vogelherd umfaßt entgegen der Karte auch die drei isolierten fz-Darstellungen.

Ebenso liefert der dritte Zug mit Ausnahme des Holler Grabens und des mittleren Stein-Bach-Tales so gut wie keine Aufschlüsse, da diese in dem dicht bewaldeten Gebiet an die Graben- und Bacheinschnitte geknüpft sind. Daß es sich bei dem Zug auf dem Nordflügel der Zwiesel-Angert-Kopf Mulde tatsächlich um Hällritzer Serie handelt, wofür es auf Blatt Penzberg nur morphologische Hinweise gibt, wird eindeutig ersichtlich in den Aufschlüssen der östlichen Fortsetzung im Groß-Bach auf Blatt Bad Tölz. Hier wurde das Auftreten dieses Zuges von Hällritzer Serie erstmals erkannt. Die an sich gut aufgeschlossenen Vorkommen im Holler Graben sind faziell nicht mit der gleichen Sicherheit zur Hällritzer Serie zu stellen, entsprechen dieser mit dem Auftreten von grobkörnigen karbonatischen Grauwacken lithofaziell jedoch besser als der Zementmergel-Serie der Nordfazies. Im Stein-Bach Tal wird der dritte Zug zwischen ca. 705 und ca. 735 m ü. NN angeschnitten. Die große Runse auf dem Nordhang kurz oberhalb der ersten Brücke gehört zu diesem Zug, während bei der Brücke selbst unterhalb und oberhalb noch Zementmergel-Serie im Bach ansteht. Das Vorkommen des Holler Grabens bildet dieser Auffassung entsprechend im Kartenbild einen nach Westen weisenden fingerförmigen Fortsatz des dritten Zuges. Im Karloch-Graben reicht der dritte Zug von der Mündung im Stein-Bach Tal bis ca. 745 m ü. NN. Er ist hier wie auch in den benachbarten Vorkommen des Stein-Bach Tales intensiv verfaltet und stark gestört.

Die Existenz des vierten Zuges, der südlich vom Fahrt-Kopf nach E zur Gassenhofer Alm hinüberzieht, wurde aus dem gleichen Grunde wie für den

dritten Zug (Auftreten von grobkörnigen karbonatischen Grauwacken im Schmied-Graben auf 915 m ü. NN, im nächst östlichen Graben auf 955 m ü. NN und bei der Lokalität „Beim Duft“) vermutet. Da Aufschlüsse auf dem Südabhang des Fahrt-Kopfes und auf der Gassenhofer Alm fehlen, gibt es derzeit außer lithofaziellen Argumenten keine Möglichkeit zur Erhärtung dieser Deutung im Gelände.

Einzelne Vorkommen mit relativ groben Grauwacken nördlich vom Holler Kopf sowie am Weg von Obersteinbach zum Holler Kopf auf 680 m ü. NN wurden als ein in die Zementmergel eingemuldeter selbständiger Zug aufgefaßt, der nach Osten aushebt. Diese Darstellung bot sich als zweckmäßigste tektonische Lösung an, erhebt aber keinen Anspruch auf Endgültigkeit, solange mikropaläontologische Befunde fehlen.

Die Hällritzer Serie tritt schließlich nochmals am Südrand der ehemaligen Oberkreide-Nordmulde, die sich im Laufe der Kartierung als ein komplexes System von Schuppen und Spezialfalten erwiesen hat, als ein fünfter zusammenhängender Zug auf, der im Anzen-Bach zwischen 835 und 845 m, im Stein-Bach-Tal zwischen 755 und 765 m, im Krumm-Graben von 775 bis 840 m (ab 818 m entgegen Karte) und im Karloch-Graben von 825 bis 865 m Höhe ü. NN erschlossen ist. Weder östlich vom Anzen-Bach noch westlich vom Karloch-Graben konnte die Fortsetzung dieses Zuges mit Sicherheit erkannt werden, da die Oberkreide-Aufschlüsse zu mangelhaft sind, um eine Untergliederung nach lithostratigraphischen Gesichtspunkten zu erlauben.

Mächtigkeit: Das Stallauer-Bach-Profil liefert den zuverlässigsten Wert mit 215 m stratigraphischer Mächtigkeit. Ein gewisser Betrag ist zu addieren für den vermutlich an einer Diagonalstörung eingetretenen Mächtigkeitsverlust. Mit einem Wert von 230 bis 250 m dürfte die Mächtigkeit der Hällritzer Serie im Zwieselgebiet recht genau erfaßt sein. Von REICHELT (1960) werden bis zu 300 m für den Ammergau-Flysch angegeben.

4.1.2.4. Bleicherhorn-Serie, fb (Obermaastricht)

Synonyma: Fanóla-Serie (Vorarlberg, ALLEMANN & BLASER 1950), Schliersbergsandstein (östliches Oberbayern, RICHTER 1953), Mürlsandsstein-führende Oberkreide (Salzburg und Oberösterreich, PREY 1949).

Alter und Fossilführung: Alterskriterien für dieses Schichtglied liefern Großforaminifere (Orbitoiden), die Leitformen des Maastrichts für die Bleicherhorn-Serie erbracht haben. Neben *Orbitoides* (Abb. 22, 23)²⁾ kommt *Lepidorbitoides* sowie als weitere Großforaminifere *Siderolites* vor. Bryozonen-,

²⁾Das Material wurde freundlicherweise von Herrn Prof. H. HAGN, München (briefl. Mitt. vom 12.2.71) begutachtet, dem an dieser Stelle dafür gedankt sei. Zu einer artlichen Bestimmung der Formen reichten die vorliegenden Schnitte nicht aus.

Echinodermen- und Lammellibranchiatenreste sind häufig. Rotalgen aus der Familie *Corallinaceae* („Lithothamnium“) fallen auf (Abb. 24). Karbonatfragmente mit Calpionellen, Milioliden, Textulariiden, Lageniden und kleinen Hedbergellen dürften aus älteren Schichten (Malm, Unterkreide, tiefere Oberkreide) stammen. Somit sprechen alle Faunenelemente, sofern sie nicht aus älteren Ablagerungen aufgearbeitet sind, für höhere bis höchste Oberkreide. Die gleiche Faunenvergesellschaftung wurde bereits in der auf Abb. 19 dargestellten Bank aus der oberen Hällritzer Serie angetroffen. Spurenfossilien sind häufig (Abb. 25, 26).

Seriencharakter: Die Bleicherhorn-Serie zeichnet sich lithologisch durch das gemeinsame Auftreten von karbonatarmen, z. T. glimmer- und tonmatrix-reichen Grauwacken („Mürbsandsteinen“) vom Typ des Reiselsberger Sandsteins und karbonatreichen Grauwacken, bzw. Kalksandsteinen vom Typ der Zementmergel oder Hällritzer Serie aus (Abb. 27). Erstere werden häufig von dunklen bis schwarzen glimmerreichen, sandigen Mergeln begleitet, während die Kalk-Sandsteinbänke im Top bis zu 2 m mächtig werdende graue Kalkmergel-Pakete vom Typ der Zementmergel tragen können. Neben

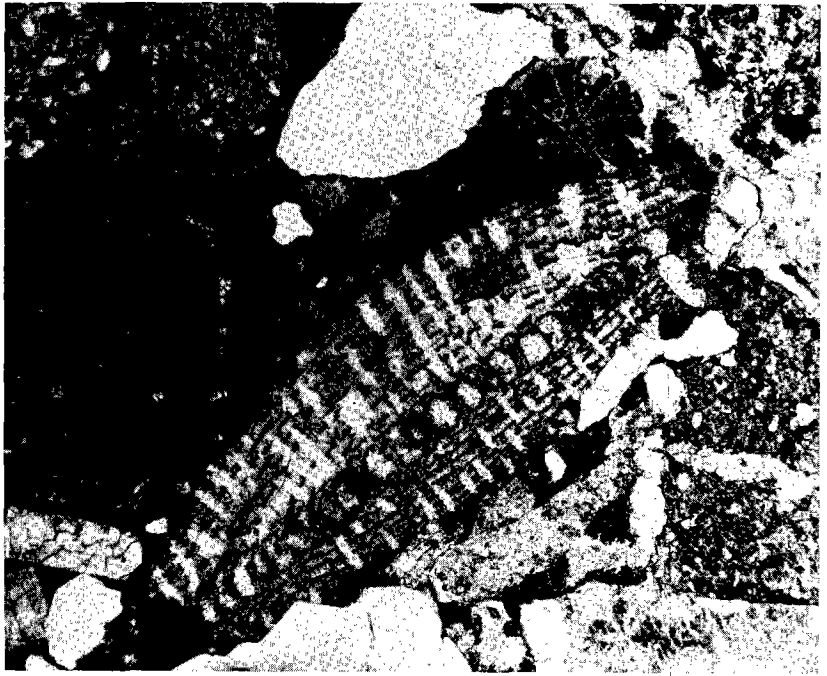


Abb. 22. Orbitoiden-Querschnitt, Bleicherhorn-Serie, Blümel-Graben 765 m ü. NN, Schliff 68–111, einfach polarisiertes Licht, Vergr. ca. 20 \times .



Abb. 23. Orbitoiden-Querschnitt, Bleicherhorn-Serie, Blümel-Graben 710 m ü. NN, Schliff 68–31, einfach polarisiertes Licht, Vergr. ca. 25 ×.

diesen Hauptgesteinstypen ist das Vorhandensein von karbonatreichen Feinkonglomeraten (Korngrößen bis 8 mm Ø) bezeichnend. Unter den pelitischen, bzw. lutitischen Gesteinen treten dunkelgraue Tonsteine, die auch in der Hällritzer Serie bereits häufiger beobachtet wurden, sowie hellgelbliche und hellgraue dichte Kalke hervor. Diese Kalzilutite treten außerdem als resedimentäre Komponenten (intraclasts) in den Mürbsandsteinen auf, wo sie Abmessungen bis zu einem halben Meter erreichen können.

Gesteinstypen: Tonmatrix- und glimmerreiche Quarz-Grauwacken (Mürbsandsteine), karbonatische Grauwacken (Kalksandsteine) und Sandkalke. Mürbsandsteine und Kalksandsteine und die begleitenden Mergel wechsellagern miteinander und bilden die Hauptgesteinstypen. Im Stallauer Bach wurde mehrfach beobachtet, daß beide Gesteinstypen auch ohne zwischengeschaltete Mergel unmittelbar miteinander in Kontakt treten können. Sie bilden dann „amalgamierte“ Bänke (d. h. Bänke, die aus zwei oder mehr Lagen von petrographisch völlig verschiedenem Material aufgebaut sind). So wurde an zwei Stellen im höheren Teil der Serie im Stallauer Bach je eine aus drei Einzelschüttungen bestehende über 2 m mächtige Bank gefunden (mit der vertikalen Abfolge: Mürbsandstein-Kalksandstein-Mürbsandstein, Abb. 28).

Für das Fehlen der pelitischen Gesteine zwischen den Psammitbänken gibt es in diesem Falle zwei mögliche Erklärungen: 1. Die normalerweise über den



Abb. 24. Rotalgen-Bruchstücke („Lithothamnium“, linke Bildhälfte) randlich am Kontakt mit silikatischen Detrituskörnern durch Drucklösung korrodiert, und Orbitoiden-Bruchstück (Bildmitte) aus grobkörniger Karbonatgrauwacke; oberste Hällritzer Serie, Stallauer Bank 995 m ü. NN (gleiche Bank wie Abb. 19). Schliff 68–77, einfach polarisiertes Licht; Vergr. ca. 24 ×.

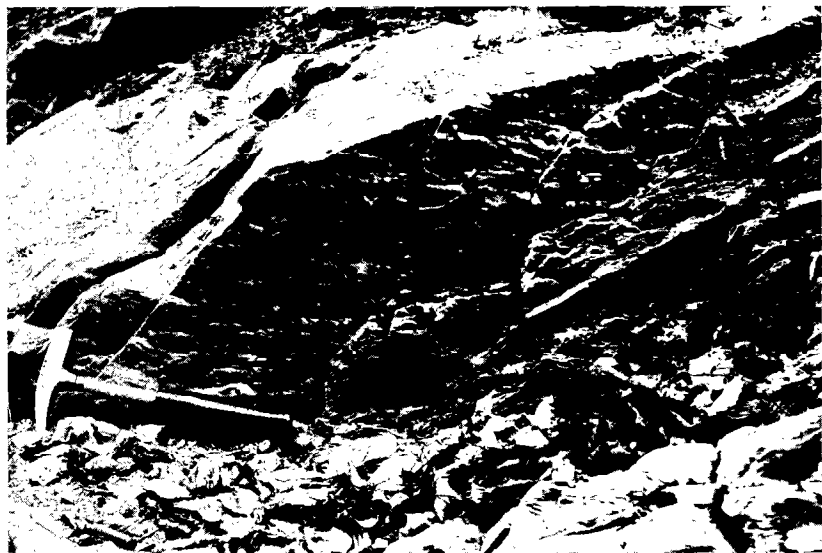
Psammiten folgenden Mergel- und Tonsteine sind zwar primär abgelagert, jedoch während der folgenden Psammitenschüttung wieder erodiert worden. 2. Die zweite Psammitenschüttung folgte zeitlich in so kurzem Abstand auf die erste (ebenso die dritte auf die zweite), daß nicht genügend Zeit zur Sedimentation der Pelite zur Verfügung stand. Für diese Deutung spricht, daß der Kontakt zwischen den Bänken sehr stark wellig verformt und konform mit convolute lamination-Strukturen in der unteren Teilbank ist. Es hat den Anschein, als ob die höhere Teilbank zu einem Zeitpunkt geschüttet worden ist, als die untere Teilbank noch nicht verfestigt war und durch den Aufprall des folgenden (aus einem Suspensionsstrom abgelagerten) Sedimentes verformt werden konnte. Möglicherweise sind beide Schüttungen durch das gleiche Ereignis (Erdbeben), aber an verschiedenen Orten ausgelöst worden, so daß der Zeit-

Abb. 26. Bankunterseite mit strömungsüberprägten Spurennegativen (tüpfelförmiger und leistenförmiger bis schlängelnder Typ) sowie Abgüssen von kleinen Strömungskolken. Die Spuren sind folglich vor Ablagerung der Psammitbank auf der Oberfläche des unterlagernden Tonpelites angelegt worden. Hammerstiel in Strömungsrichtung.

Basale Bleicherhorn-Serie, Schellen-Bach 905 m ü. NN. ►



Abb. 25. *Helminthoidea* sp. HEER. Größere mäandrierende Spur überlagert kleinere, enger gewundene vom gleichen Typ. Plattiger Kalkmergelstein, Bleicherhorn-Serie, Blümel-Graben (mittlerer Ast, welcher den Fußpfad am Enzenauer Berg auf 820 m ü. NN kreuzt), 800 m ü. NN. (Vergr. ca. 1:1).



unterschied zwischen der Ablagerung der tieferen und der nächsthöheren Teilbank der unterschiedlichen Weglänge entspricht, welche beide Trübe- ströme bis zum Ablagerungsort zurückzulegen hatten. Es wurde deswegen besonders darauf geachtet, ob sich Anzeichen dafür finden ließen, daß die miteinander abwechselnden Schüttungen von petrographisch verschiedenar- tigem Material aus entgegengesetzten Richtungen kommen. Dafür konnten jedoch keine sicheren Anzeichen gefunden werden. Die naheliegende Vermu- tung, daß die dem Reiselsberger Sandstein ähnlichen Mürbsandsteine von E geschüttet worden sind, während die der Zementmergel-, bzw. Hällritzer-Se- rie entsprechenden Kalksandsteine generell von W stammen, konnte bisher nicht bestätigt werden. Im Gegenteil fanden sich bei den Mürbsandstein-Bän- ken andeutungsweise von W nach E verlaufende Strömungsrichtungen, (so im Schellenbach-Südost-Arm auf 935 m ü. NN., ebenso im Stallauer Bach). Kalksandstein-Bänke der Bleicherhorn-Serie im Stallauer Bach-Profil zeigen (sowohl aufgrund von Sohlmarken als auch aufgrund von Rippelschichtung) vereinzelt Richtungen von E nach W (vgl. Abb. 26); die Mehrzahl hingegen weist Richtungen aus W auf. Die internen Sedimentgefügetypen der Kalk- sandstein-Bänke sind im Prinzip die gleichen wie in der Hällritzer Serie



Abb. 27. Basale Bleicherhorn-Serie im Stallauer Bach, 1008 m ü. NN. Neben dicken, karbonatreichen Grauwackebänken von Typ der Hällritzer Serie mit nur gering ent- wickeltem pelitischen Abschnitt T_c (zwei helle Bänke rechts im Bild) treten erstmals dunkle, quarz- und glimmerreiche Tonmergel-Lagen auf (Mitte und linke Bildhälfte), denen höher im Profil (unmittelbar links vom Bildrand) die ersten Mürbsandsteine fol- gen. Hammer (auf der 2. Bank von rechts) als Maßstab.

(Abb. 29, 30). Erwähnenswert ist, daß sich unter den richtungsanzeigenden Sedimentgefügen auf Bankunterseiten der Mürbsandsteine des Stallauer Baches auch Fächermarken (fächerförmige Fließmarken, frondescent casts)



Abb. 28. Amalgamierte, aus drei Einzelschüttungen aufgebaute Bank der mittleren Bleicherhorn-Serie, Stallauer Bach 1025 m ü. NN. Die mittlere Bank ist ein Kalksandstein vom Typ der Hällrizer Serie; die untere und die obere Bank sind Mürbsandsteine. Die obere Bank beginnt (am Ende des Hammerstiels) über einem „convolute-lamination“ Sattel der 2. Bank und füllt die durch bankinterne Verfaltung verursachten Mulden in der Oberläche dieser Bank aus; d. h. die 2. Bank war noch nicht verfestigt bei der Ankunft des Trübestromes, welcher die 3. Bank abgelagert hat.



Abb. 29. Karbonatgrauwacke-Bank mit unterem Parallelschichtungsabschnitt (T_b , 12 cm), flach einfallender Rippelschrägschichtung (T_{c1} , 4 cm) und intensiver bankinterner Verfältelung (T_{c2} , obere 41 cm). Basale Bleicherhorn-Serie, Stallauer Bach, 1000 m ü. NN.



Abb. 30. Höchste aufgeschlossene Bank der Bleicherhorn-Serie im Stallauer Bach-Profil auf 1032 m Seehöhe mit 90 cm mächtigem Rippel-Schrägschichtungs-Abschnitt, der von mehreren Lagen flachwelliger (bis Parallel-) Schichtung unterbrochen wird. Paläotransport-Richtung von E nach W.

fanden, die sich fächerförmig zur stromabwärts gerichteten Seite hin verbreitern.

Korngrößenmäßig weisen die Psammitgesteine der Bleicherhorn-Serie die größten Einzelbänke unter den Oberkreide-Gesteinen des Gebietes auf. Dabei handelt es sich um karbonatreiche Grauwacken oder Kalksandsteine, welche im Basisteil von gut gradierten Bänken Konglomerat-Korngrößen von 0,5–1 cm erreichen (Blümel-Graben 710 und 765 m ü. NN, Schellen-Bach Südostarm 927 m ü. NN). Die Mürbsandsteine dagegen bleiben im ganzen feinerkörnig als die lithologisch verwandten Typen im Reiselberger Sandstein. Graded bedding kann regelmäßig beobachtet werden und führt zu feinkörnigen Karbonat-Grauwacken oder Sand- und Siltkalken im Oberteil der karbonatreichen Varietäten. Darunter finden sich auch in dieser Serie wiederum Spongite.

Beachtung verdient das Auftreten von resedimentären Konglomeraten mit Korngrößen bis zu mehreren Dezimetern Länge. Die „Gerölle“ bestehen ausschließlich aus hellen Kalzilutiten und dunklen Tonstein-Scheiben. Dieses Material stammt aus der unmittelbaren Unterlage der betreffenden Bänke aus dem Flyschbecken selbst und ist während der Ablagerung des sandigen

Materials erodiert worden. Obwohl diese resedimentären Komponenten vermutlich keine längeren Transportwege hinter sich haben, sind sie z. T. gut gerundet. Dies dürfte sich daraus erklären, daß das Material äußerst wenig verfestigt war, wie auch aus den stark verbogenen Formen von länglichen Komponenten ersichtlich ist (Abb. 31).

Stellen, wo eine der Wiederaufarbeitung unterworfenen Tonsteinlage noch z. T. erhalten und terrassenförmig stehen geblieben ist, können als Negativformen auf der Unterseite der Sandsteinbänke als tellerförmige Vertiefungen (mit Durchmessern bis zu mehreren Metern) oder Stufen beobachtet werden. Diese (beckeninternen) Erosionserscheinungen und resedimentären Konglomerate fanden sich im Stallauer Bach-Profil (Abb. 32) vorzugsweise in Verbindung mit Mürbsandsteinen. D. h. in den meisten Fällen besteht die Matrix der resedimentären Konglomerate aus dem Material des Mürbsandsteins, nur in Ausnahmefällen aus dem Material des Kalksandsteines.

Petrographisch unterscheiden sich Mürbsandstein und Kalksandstein durch das Zurücktreten bis Fehlen von Karbonat bei ersterem. Die Mürbsandsteine sind petrographisch als Quarz-Grauwacken anzusprechen, die



Abb. 31. Mürbsandstein-Bank mit stark deformierten, resedimentären Kalzilutit-Schollen und Tonstein-Scheiben („Intraklasten“), die aus unmittelbar unterliegenden Horizonten (am Ende des Hammerstiels) aufgearbeitet worden sind. Bleicherhorn-Serie, Stallauer Bach 1030 m ü. NN.



Abb. 32. Negative von Mergelterrassen in der Unterseite einer Mürbsandstein-Bank. Der nur wenig verfestigte mergelige Schlick ist bei Ankunft des den Mürbsandstein ablagernden Trübestromes teilweise denudiert worden, teilweise jedoch erhalten geblieben. Die Denudationsterrassen erscheinen nun, nachdem der Mergel durch die Verwitterung entfernt worden ist, als Vertiefungen in der Bankunterseite des Sandsteins. Bleicherhorn-Serie, Stallauer Bach 1015 m ü. NN.

Kalksandsteine als karbonatreiche Grauwacken oder häufig als Sandkalke. Glaukonit ist fast immer vorhanden, wenn auch in den Mürbsandsteinen oft nur in Spuren.

Unter den Schwermineralen steht Granat an erster Stelle. Der für die Oberkreide charakteristische Staurolith ist fast immer mit wenigen Prozent vertreten. Eine Unterscheidung der Mürbsandsteine von denen des Reiselsberger Sandsteins aufgrund dieses Minerals ist jedoch nicht möglich, da auch im Reiselsberger Sandstein gelegentlich Staurolith gefunden wurde (FREIMOSER 1964: 33). Ferner gehören Zirkon, Turmalin, Rutil und Apatit zum Schwermineralbestand dieser Serie.

Sand- und glimmerreiche Mergel stellen einen zusätzlichen Gesteinstyp dar, der aus älteren Serien des Bayerischen Flysches mit Ausnahme des Reiselsberger Sandsteins nicht bekannt ist und im Zusammenhang mit den Mürbsandsteinen auftritt. Das Gestein ist in frischem Zustand dunkelgrau bis schwarz und zeigt braune Verwitterungsfarben.

Pelitische Gesteine sind in der Bleicherhorn-Serie mit grauen Kalkmergeln vom Typ der Zementmergel vertreten, die hier in der jüngsten Ober-

kreide wieder beträchtliche Mächtigkeit erreichen können (bis über 2 m). Ferner gehören dazu graue, geringmächtige Tonsteine, die gewöhnlich über Kalk-Sandsteinbänken folgen sowie die hemipelagischen grünen Tonsteine.

Vorkommen: Die Bleicherhorn-Serie war in den bisherigen Darstellungen des Zwiesel-Flysches noch nicht bekannt. Ihr Vorhandensein konnte jedoch aus den von HAGN (1960: 140) angegebenen Orbitoidenfunden aus „Brekzien vom Zwiesel bei Bad Tölz“ gefolgert werden. Sie findet sich mit Siicherheit in einem Streifen am Nordwestrand des Zwiesel-Flysches, in dem neue Orbitoidenfunde gemacht wurden. Sie ist ferner eindeutig nachweisbar in einem, das gesamte Zwiesel-Flyschgebiet von West nach Ost durchziehenden, relativ schmalen Streifen über der Hällritzer Serie der Stallauer Eck-Blomberg Schuppe. Dieser Zug ist im Standard-Profil des Stallauer Baches (zwischen 1005 und 1035 m ü. NN) erschlossen. Außerdem führt die zentrale Angert-Kopf-Zwiesel-Mulde im Osten auf der Isarseite im Kern eindeutig Bleicherhorn-Serie. Wegen mangelhafter Aufschlüsse ist die Abgrenzung innerhalb dieser Muldenstruktur weiter im Westen auf Blatt Penzberg noch mit Unsicherheiten behaftet.

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit im Stallauer Bach-Profil beträgt 135 + x m. Da die Serie im Hangenden tektonisch von der Piesenkopf-Serie gekappt wird, ist zu diesem Wert ein unbekannter Betrag für möglicherweise im Top fehlende Anteile hinzuzurechnen. REICHEL (1960) gibt bis zu 200 m für den Trauchgau-Flysch im W an.

4.2. Helvetikum-Zone

(REINHARD HESSE)

Helvetikum ist am bayerischen Alpenrand nur in einer schmalen Zone von unzusammenhängenden Vorkommen erschlossen. Seine Bedeutung als Gipfelbildner, die das Helvetikum in den Schweizer Alpen (Glarner Alpen) zu einer der wichtigsten geologischen Einheiten macht, büßt es östlich des Rheins mehr und mehr ein. Das „Tölzer Helvetikum“, wie das Helvetikum zwischen Loisach und Isar in der Literatur genannt wird, ist eine nur rund 1 km breite, morphologisch nicht besonders hervortretende Zone. Der aufgeschlossene Bereich selbst ist nur etwa 400 m breit und schmiegt sich in dem von dichtem Hochwald bestandenen Nordabhang des Zwiesel-Flysches auffällig an den Flysch an. Allein die steilen Steinbruchwände des Enzenauer „Marmorbruches“ fallen schon von weitem auf und verraten, daß zwischen Flysch und Molasse noch eine weitere geologische Zone eingeschaltet ist. Die Nordgrenze des Helvetikums gegen den steil aufgerichteten Molasse-Südrand erscheint auch morphologisch im Gelände als Depression. Ultrahelveti-

kum, das als selbständige tektonische und paläogeographische Einheit zwischen Flysch und Helvetikum liegt, tritt zwischen Loisach und Isar in Tagesaufschlüssen oberflächlich nicht in Erscheinung. Es wurde jedoch sowohl im Kocheler Moos (Tiefbohrung Kochel 2, DOBEN & FRANK 1983: 128, 130 u. Profiltafel) als auch im Isartal (auf dem benachbarten Blatt 8235 Bad Tölz, HESSE & SCHMIDT-THOMÉ 1975: 41) in Bohraufschlüssen angetroffen.

Während die nächstgelegenen Helvetikumvorkommen im W (die „Kögel“ im Murnauer Moos) und E (am Tegernsee) ausschließlich oder größtenteils Unterkreide zu Tage bringen, umfaßt das „Tölzer Helvetikum“ stratigraphisch nur höhere Oberkreide und Alttertiär. Die nachfolgende Darstellung bezieht sich im wesentlichen auf VON STACKELBERG, der dieses Helvetikum im Rahmen seiner Diplomarbeit (1957) bearbeitet hat. Ergänzende Geländebeobachtungen wurden von den Herren Dr. BÖGEL, OHMERT und STEPHAN mitgeteilt. Ferner wurden eigene sedimentpetrographische Analysen von Gesteinsproben bei der lithologischen Beschreibung der Serien mitverwendet. Da die Ergebnisse VON STACKELBERGS (1957) nahezu vollständig im Druck vorliegen (VON STACKELBERG 1960), können die Erläuterungen für den Helvetikum-Teil kurz gefaßt werden.

4.2.1. Stallauer Grünsandstein, ss (Untercampan)

Synonym: Wang-Grünsandstein (auf STUDER 1872 zurückgehende Bezeichnung von RICHTER et al. 1939: 666, die im Allgäuer Helvetikum noch verwendet wird, z. B. SCHWERD & HÄUSSLER (1983: 60).

Alter und Fossilführung: Der Stallauer Grünsandstein enthält eine individuenreiche Fauna, vor allem von Lamellibranchiaten und Gastropoden. IMKELLER (1901) führt u. a. folgende Arten an:

- Terebratula* sp.
- Vola quadricostata* SOW.
- Lima canalifera* GOLDF.
- Inoceramus crispi* MANTELL
- Ostrea goldfussi* HOLZAPFEL
- Ostrea (Alectryonia) semiplana* SOW. var. *armata* GOLDF.
- Exogyra laciniata* NILSSON
- Exogyra matheroniana* D'ORB. var. *auricularis* LAM.
- Gryphaea vesicularis* LAM.
- Cucullaea* cf. *subglabra* D'ORB.
- Trigonia* sp.
- Crassatella arcacea* F. A. RÖMER
- Cardium* cf. *productum* SOW.
- Cyprina* cf. *bifida* VON ZITTEL
- Natica* aff. *lyrata* SOW.
- Turritella quadrifasciata* SCHAFFH.

Die aragonitschaligen Muscheln sind stets nur als Steinkerne vorhanden, während kalzitische Schalen erhalten geblieben sind. Gryphaeen und Turritellen sind z. T. verkieselt.

Die Gryphaeen erscheinen massenhaft angereichert in einigen mergeligen Sandsteinlagen im Oberteil der Serie, welche VON STACKELBERG (1960: 9) bereits zu den im Hangenden folgenden Übergangsschichten rechnet. Der Stallauer Grünsandstein sollte demzufolge nicht mehr bis ins Obercampan hineinreichen und sich stratigraphisch auf das Untercampan beschränken. Nach PFLAUMANN (1968: 189) kommt für den tieferen Teil dieses Schichtgliedes auch Obersanton in Frage.

Lithologie: Der Stallauer Grünsandstein ist ein auffällig grüner, glaukonitreicher feinkörniger Sandstein. Dünnschliffanalysen von Probenmaterial aus den Sauerberger Bohrungen³⁾ bei Bad Tölz (HESSE & SCHMIDT-THOMÉ 1975) haben im Mittel 23,5% Glaukonit ergeben (5 Analysen). Daneben tritt fast immer ein beträchtlicher Karbonatgehalt (20% im Mittel) auf, während der Quarzgehalt durchschnittlich 47% beträgt. Die Tonmatrix erreicht in einigen Fällen bis 12% Anteil, während kieseliger Zement weniger als 4% einnimmt. Entsprechend der Nomenklatur von HUCKENHOLZ (1963) ist dieses Gestein eine karbonatführende glaukonitreiche Quarz-Grauwacke. In einer Schwermineralanalyse des gleichen Materials wurden fast 60% des Phosphatminerals Kollophanit festgestellt, das in Schwermineralkonzentrationen gewöhnlich selten zu finden ist. Sein reichliches Auftreten in Verbindung mit einem Glaukonitsediment überrascht jedoch nicht. Mit abnehmender Häufigkeit wurden der Reihe nach ferner Zirkon, Turmalin, Rutil, Granat, braune Hornblende und Staurolith beobachtet.

Vorkommen: Der massige, ungeschichtete Stallauer Grünsandstein ist neben dem Enzenauer „Marmor“ (S. 86) die morphologisch am deutlichsten hervortretende Serie des Tölzer Helvetikums. Er bildet im Kern von mehreren Sattelzügen ausgeprägte kleinere Höhenrücken, deren Verlauf zwischen Schellen-Bach und Stallauer Bach im Gelände verfolgt werden kann. Unmittelbar östlich vom Stallauer Bach können trotz stark gestörter Lagerung drei Sättel unterschieden werden, von denen der mittlere besonders mächtig wird. Westlich des Baches setzt der südliche Zug im Gelände streckenweise aus, die beiden nördlichen jedoch ziehen mehr oder weniger zusammenhängend nach W bis zum Schellen-Bach durch. In ihnen liegen eine Reihe aufgelassener Steinbrüche, aus welchen bis zu Anfang dieses Jahrhunderts der Stallauer Grünsandstein zur Herstellung von Schleifsteinen gewonnen wurde. Auf der Westseite des Schellen-Baches fehlt der mittlere Zug, der nördliche und süd-

³⁾ Die Dünnschliffe werden am Bayer. Geol. Landesamt unter Nr. 1688 und 1692 aufbewahrt.

liche sind vorhanden⁴⁾. Zwei weitere kleine Vorkommen liegen südlich von Unterenzenau und unmittelbar südlich von Baumberg. Die isolierten Grünsandstein-Aufschlüsse des Geist-Bühels und des Fuchs-Bühels nördlich bzw. westlich von Bichl bilden als Rundhöcker die einzigen Zeugen der helvetischen Zone in der Loisachebene. Im Fuchsbühel streichen die von Klüften durchsetzten Grünsandsteine ungefähr O-W und fallen nahezu saiger ein.

Mächtigkeit: VON STACKELBERG (1960: 7) gibt 30 m als Maximalwert an. In den Sauerberger Bohrungen (HESSE & SCHMIDT-THOMÉ 1975) wurden bis zu 40 m Stallauer Grünsandstein (einschließlich der Übergangsschichten) angetroffen.

4.2.2. Übergangsschichten, sp (Untercampan)

Alter und Fossilführung: VON STACKELBERG (1960: 10) erwähnt folgende Makrofossilien aus den durch Vermergelung des Grünsandsteins hervorgehenden Übergangsschichten:

Gryphaea vesicularis LAM.

Turritella quadrifasciata SCHAFFH.

Placenticeras sp.?

Baculites vertebralis LAM.

Belemnitella mucronata SCHLOTH.

Gryphaea tritt in den sogenannten „Gryphaeen-Bänken“ (S. 76) massenhaft auf. VON STACKELBERG faßt die Übergangsschichten entsprechend der Gliederung IMKELLERS (1901) noch mit den Pinswanger Schichten zusammen, welche HAGN (1954) im Gebiet von Neubeuern als eigenes Schichtglied ausgeschieden hat. Die von VON STACKELBERG angeführte Mikrofauna der Übergangsschichten stammt aus diesen Äquivalenten der Pinswanger Schichten.

Als Alter für die Übergangsschichten im Schellen-Bach gibt PFLAUMANN (1968: 191) auf Grund der pelagischen Foraminiferenfauna Untercampan an.

Lithologie: Wie der Name besagt, handelt es sich um den lithologischen Übergang aus dem Stallauer Grünsandstein in die hangenden mergelreichen Serien. Außer glaukonitischen, sandigen Mergeln tritt ein karbonatreicher Grünsandstein auf, der einen höheren Karbonatgehalt als der eigentliche Stallauer Grünsandstein besitzt, und die erwähnte Anreicherung von Gry-

⁴⁾ Nach freundl. briefl. Mitteilung von W. OHMERT (vom 19.8.1971) könnte es sich bei dem hier als südlichen Zug aufgefaßten Vorkommen allerdings auch um die streichende Fortsetzung des mittleren Zuges nach Westen handeln, da auf der Ostseite des Baches, südlich davon, noch einmal Übergangsschichten innerhalb der Pattenuer Mergel erscheinen, welche mit gleichem Recht als Äquivalent des südlichen Sattelzuges angesehen werden können.

phaeen aufweist („Gryphaecenbänke“). Außerdem erwähnt VON STACKELBERG (1960: 10) im Zusammenhang mit dieser Serie „helle Mergel mit wenig Glaukonitkörnern“, welche den Pinswanger Schichten entsprechen, jedoch in der Karte nicht als eigenes Schichtglied ausgeschieden sind.

Vorkommen und Mächtigkeit: Die Übergangsschichten überlagern den Stallauer Grünsandstein in geringer Mächtigkeit im Hangenden und treten fast immer zusammen mit diesem auf. VON STACKELBERG gibt bis zu 7 m Mächtigkeit an. Ein isoliertes Vorkommen findet sich innerhalb der Pattenauer Mergel auf der Ostseite des Schellen-Baches. Ein weiterer Aufschluß von Übergangsschichten ohne dazugehörigen unterlagernden Grünsandstein wurde von OHMERT (mündl. Mitt. 1969) auf der Westseite des Schellen-Baches entdeckt und neu in die Karte aufgenommen. Eine Revision der Proben VON STACKELBERGS durch OHMERT hat an verschiedenen Stellen (so bei den Probenpunkten 7, 17 und 25) ein den Übergangsschichten entsprechendes Alter ergeben. Die Verbreitung der Übergangsschichten wurde hier nach Angaben von Herrn Dr. OHMERT gegenüber der Darstellung VON STACKELBERGS (l. c., Beil. 1) entsprechend erweitert. Die bei Probenpunkt 25 angenommene West-Ost-Störung entfällt demgemäß.

Pinswanger Schichten (Unteres Obercampan). Wie oben (S. 77) angeführt, sind die über den glaukonitischen Sandmergeln auftretenden hellen Mergel nur an einer Stelle (Probenpunkt 20) mikrofaunistisch als Pinswanger Schichten ausgewiesen. Dieses Schichtglied wurde daher auf der Karte nicht dargestellt. Nach PFLAUMANN (1968: 193) kommt diesen Schichten am Schliersberg und im Leitzach-Tal ein Alter von frühem Obercampan zu. Nach OHMERT (1967: 7 u. 8) kann auch spätes Unterocampan noch mitbeteiligt sein.

Unter den durch VON STACKELBERG (1960: 10) bestimmten Mikrofossilien finden sich

- Eggerellina inflata* (FRANKE)
- Ataxophragmium compactum* BROTZ.
- Ramulina aculeata* (D'ORB.)
- Bolivinoides decoratus* (JON.) *laevigatus* MARIE
- Pseudovalvulineria clementiana* (D'ORB.)
- Gyroidina nitida* (REUSS)
- Pullenia reussi* CUSHM. & TODD

4.2.3. Pattenauer Schichten, spa (Obercampan-Untermaastricht)

Alter und Fossilführung: Die nachfolgenden Fossilisten sind aus VON STACKELBERG (1960: 12) entnommen.

Makrofauna:

Serpula subtorquata MÜNSTER
Inoceramus aff. *crispi* MANT.
Pachydiscus nebergicus (VON HAUER) var. *stallauensis* IMKELLER
Belemnitella mucronata SCHLOTH.

Neben den Inoceramenbruchstücken und *Belemnitella mucronata*, deren Häufigkeit charakteristisch für diese Schichten ist, finden sich reichlich Fischschuppen.

Mikrofauna:

Triplasia beisseli (MARIE)
Lituola grandis (REUSS)
Gaudryina (*Gaudryina*) *rugosa* D'ORB.
Arenobulimina obesa (REUSS)
Arenobulimina subsphaerica (REUSS)
Dorothia pupa (REUSS)
Plectina sp.
Lenticulina rotulata LAM.
Neoflabellina rugosa D'ORB.
Ramulina aculeata (D'ORB.)
Gümbelina striata (EHRENBG.)
Gümbelina globulosa (EHRENBG.)
Pseudotextularia elegans RZEHAK
Bolivinoides decoratus (JON.) *laevigatus* MARIE
Bolivinoides draco miliaris HILT. & KOCH
Eouvigerina aspera aspera (MARSS.)
Buliminella laevis (BEISSEL)
Bolivina incrassata REUSS.
Gyroidina umbilicata (D'ORB.)
Stensiöina pommerana BROTZ.

Die Foraminiferen sind teilweise pyritisiert. Ostracoden, Schwammnadeln, Inoceramenprismen und Seeigelstacheln liefern häufige Begleitkomponenten dieser Fauna. Wegen des Auftretens charakteristischer Arten der Gattungen *Bolivinoides* und *Bolivina* sind die Pattenauer Schichten dem Oberen Obercampan und dem Untermaastricht zuzurechnen.

Lithologie und Mächtigkeit: Die Pattenauer Mergel sind hellgrauc, hellgrünlichgraue bis blaugraue, sandarme Pelite mit schwankendem Kalkgehalt. Zum Teil stellen sie gut schlämbbare Mergel dar, z. T. sind es aber auch harte, splittrige Mergelkalke. Sie erreichen eine Mächtigkeit von maximal 30 m.

Vorkommen: Die Pattenauer Schichten nehmen die Mulden zwischen den Grünsandstein-Sätteln ein, wo sie als wasserstauer Horizont feuchtes, sumpfiges Gelände verursachen. Wie bereits oben (S. 78) erwähnt, haben sich die Vorkommen bei den Probenpunkten 7, 17, 25 (VON STACKELBERG l. c., Beil. 1) nach der Revision durch OHMERT als Übergangsschichten erwiesen.

4.2.4. Gerhardsreiter Schichten, sg (Untermaastricht)

Ältere Schreibweise: Gerhardsreuter Schichten (HAGN 1960)

Alter und Fossilführung: Folgende Fossilien wurden durch VON STAKKELBERG (1960: 14) bestimmt.

Makrofauna:

Trochocyathus mamillatus VON GÜMBEL
Trochocyathus carbonarius REUSS
Cyphosoma cf. *corollare* Ad.
Limea nux VON GÜMBEL
Amussium inversum NILSSON
Nucula subredempta J. BÖHM
Leda reussi VON GÜMBEL
Leda siegsdorfensis J. BÖHM
Leda semipolita J. BÖHM
Cucullaea chiemiensis VON GÜMBEL
Arca leopoldiensis ALTH.
Dentalium multicanaliculatum VON GÜMBEL
Turbo trunensis J. BÖHM
Solarium granulatum ZEK
Volutilithes acuta SOW.
Scaphites constrictus SOW.
Desmoceras planorbiforme J. BÖHM
Bostryhoceras (Heteroceras) ex gr. polyplocum RÖMER

Mikrofauna

Lituola grandis (REUSS)
Neoflabellina reticulata (REUSS)
Gümbelina sulcata (EHRENBG.)
Pseudotextularia elegans RZEHAK
Pseudotextularia intermedia DE KLASZ
Pseudotextularia varians RZEHAK
Gublerina acuta robusta DE KLASZ
Bolivinoides draco draco (MARSSON)
Buliminella carseyae PLUMMER
Bolivina incrassata REUSS
Bolivina incrassata REUSS „gigantea“

Neben den genannten kalkschaligen Foraminiferen kommen reichlich Sandschaler (z. B. *Bathysiphon*, *Lituola*, *Spiroplectammina*) vor, deren Auftreten mit der verstärkten Zufuhr von Quarz und anderen klastischen Komponenten in den Mergeln in Zusammenhang steht. Die Mikrofauna ist häufig pyritisiert. Die für die Pattenauer Schichten charakteristischen Inoceramenprismen fehlen. Seeigelstacheln sind häufig.

Auf Grund der vorhandenen *Bolivina*- und *Bolivinoidea*-Arten, sowie *Neoflabellina reticulata* und *Pseudotextularia varians* spricht VON STACKELBERG (1960: 15) den Gerhardsreiter Schichten des Tölzer Gebietes ein Maastricht-Alter zu. OHMERT & WITT (1966: 91) geben Unter- bis Mittelmaastricht für die Tegernseer Vorkommen an. PFLAUMANN (1968: 196 f.f) bestimmte an einer Probe auf Blatt Miesbach ebenfalls Untermaastricht als Alter.

Lithologie und Mächtigkeit: In den Gerhardsreiter Schichten herrschen dunkle Farbtöne (dunkelgrau, dunkelgraubraun bis schwarz) vor, womit sie sich von den wesentlich helleren Pattenauer Schichten unterscheiden. Außerdem führen die großenteils mergeligen Gesteine einen beträchtlichen Quarz- und Glimmergehalt, der in den Pattenauer Schichten noch fehlt. Dunkle, bis 50 cm starke Kalkbänke sind in den tieferen Lagen eingeschaltet. Auch im höheren Teil der Serie, die eine Mächtigkeit bis zu 30 m erreicht, treten dünne Kalkbänke auf.

Vorkommen: Im Stallauer Bach auf ca. 850 m ü. NN treten im Osthang Gerhardsreiter Schichten auf, die an einer NE verlaufenden Diagonalstörung gegen Stallauer Grünsandstein (im Bachbett) versetzt sind. Westlich des Baches liegt ein größeres, durch VON STACKELBERG (1960: 15) neu aufgefundenes Vorkommen. Ein weiteres kleines Vorkommen, ebenfalls auf dem Südflügel des dritten Sattelzuges gelegen, findet sich zwischen den beiden mittleren, zwischen Schellen-Bach und Stallauer Bach gelegenen Gräben. Auf der Westseite des Schellen-Baches ist der Kontakt zu den unterlagernden Pattenauer Schichten erschlossen. Schließlich findet sich ein letztes kleines Vorkommen im W südlich von Unterenzenau.

4.2.5. Hachauer Schichten, sh (Obermaastricht)

Alter und Fossilführung: In den Sandsteinen der Hachauer Schichten fand VON STACKELBERG (1960: 16) folgende Lamellibranchiaten-Fauna:

Vola quinquecostata SOW.

Vola sexangularis (D'ORB.) var. *alpina* REIS

Limatula semisulcata NILSSON

Ostrea cf. *goldfussi* HOLZAPFEL

Gryphaea vesicularis (LAM.) var. *proboscidea* D'ARCH.

Gryphaea vesicularis LAM.

Gryphaea sublaciniata REIS

Gryphaea vesicularis var. *proboscidea*, die kleine Abart von *Gr. vesicularis*, wurde massenhaft in einer quarzitähnlichen Bank gefunden. Aus den Sandmergeln wurde eine nur unspezifische Mikrofauna mit Sandschalern (*Bathysiphon*, *Lituola*, *Spiroplectammina*) und wenigen schlecht erhaltenen Kalkschalern ausgeschlämmt. Nach einem Vergleich mit anderen Gebieten

kommt VON STACKELBERG (1960: 17, Fußnote) zu dem Schluß, es liege „kein Grund vor, das Obermaastricht-Alter der Hachauer Schichten anzuzweifeln“.

Lithologie und Mächtigkeit: Die Hachauer Schichten umfassen einen unteren, fast schwarz aussehenden, sehr sand- und glimmerreichen Mergelhorizont und einen oberen, ebenfalls dunklen, fein- bis mittelkörnigen Sandsteinhorizont. Beide Niveaus sind glaukonitführend. Der Sandstein kann außerdem kohlige Bestandteile enthalten und wird stellenweise fast quarzitisch. Auf den Unterseiten der Sandsteinbänke sind Lebensspuren zu beobachten (z. B. auch in einem Bohrkern der Hachauer Schichten aus der Bohrung Sauerberg 35, Blatt 8235 Bad Tölz; HESSE & SCHMIDT-THOMÉ 1975)). Die Mächtigkeit des Mergelhorizontes wie auch diejenige des Sandsteinhorizontes wird durch VON STACKELBERG (1960: 16) auf je 15 m beziffert.

Vorkommen: Hachauer Schichten treten nur an drei Stellen im Gebiet auf: 1. Im Schellen-Bach (besonders auf der Westseite), wo jedoch nur die mergelige Fazies vorhanden ist. Der Sandstein ist tektonisch unterdrückt. 2. Im Kalten-Bach (Ostarm = Vorderriß-Graben). Hier überlagern die Sandsteine in normaler Abfolge die Mergel. 3. Südlich Unterenzenau, wo die Sandmergel auf Gerhardsreiter Schichten folgen, und, nach einer kurzen Aufschlußunterbrechung, ebenfalls von den Sandsteinen überlagert werden.

4.2.6. Basales Alttertiär, P (? Dan, Paleozän oder Untereozän)

Alter und Fossilführung: Unter dieser Bezeichnung sollen hier zwei Horizonte, der „Weiße Kalksandstein“ und der „Glaukonitische Sandstein“ VON STACKELBERGS (1960: 18 ff.) zusammengefaßt werden, die keine altersweisenden Fossilien geliefert haben, jedoch auf Grund ihrer Stellung zwischen den Hachauer Schichten des Obermaastricht und unter- bis mitteleozänen Ablagerungen stratigraphisch annähernd eingeordnet werden können. Sie gehören entweder dem Paleozän oder dem Untereozän oder beiden Stufen an. Da eine genaue Einstufung bisher nicht gegeben werden kann, ist auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Sedimentation im Südhelvetikum, dem diese Schichten zuzurechnen sind, an der Wende Kreide/Tertiär unterbrochen war und das Paleozän (oder Teile davon) durch eine Schichtlücke vertreten wird (HAGN 1967: 270). An Fossilien erwähnt VON STACKELBERG Bryozoen und kleinwüchsige Ostreen aus höheren Partien des „Weißen Kalksandsteins“ und aus dem „Glaukonitischen Sandstein“, der außerdem Seeigel lieferte.

Lithologie und Mächtigkeit: Bei dem „Weißen Kalksandstein“ handelt es sich nach Vergleichsmaterial von der Sauerberger Bohrung 35, in welcher

dieses Gestein ebenfalls auftritt, um einen hellgrauen bis fast weißen, kalkig zementierten Quarz-Sandstein mit deutlicher Korngrößen-Abnahme zum Hangenden. Die basale konglomeratische Varietät führt zahlreiche große Feldspäte und Quarzitbruchstücke. Dieses Gestein ist möglicherweise ein Äquivalent der von HAGN (1967: 271) erwähnten hellen, sehr grobkörnigen Arkosen, die er als Transgressionsbildungen des helvetischen Tertiärs von Neubeuern am Inn auffaßt. Nach oben entwickelt sich aus dem Konglomerat durch Korngrößen-Abnahme ein grobkörniger, stellenweise karbonatischer Quarz-Sandstein, der seinerseits in einen feinkörnigen Kalksandstein übergeht. Die Farbe des Gesteins wird dabei dunkler. Die Mächtigkeit dieses rein lithologisch definierten Schichtkomplexes beträgt etwa 15 m.

Der „Glaukonitische Sandstein“ ist ein feinkörniger, glaukonitreicher Quarz-Sandstein mit karbonatischem Bindemittel. Auch er erreicht 15 m Mächtigkeit.

Vorkommen: Außer dem Hauptvorkommen des „Weißen Kalksandsteins“ im Ostarm des Kalten-Baches (Vorderriß-Graben), in welchem er von der „Glaukonitschicht“ (s. u.) überlagert wird, findet sich ein weiteres kleines Vorkommen auf der Ostseite des Schellen-Baches, auf welches ebenfalls die „Glaukonitschicht“ folgt.

4.2.7. Alveolinen-Schichten

Alter und Fossilführung: Die Alveolinen-Schichten zeichnen sich durch das Auftreten von *Alveolina oblonga* D'ORB. und *Nummulites atacicus* LEYMERIE aus, zwei Formen, die zusammen ein untereozänes Alter dieses Horizontes anzeigen. Ferner fand VON STACKELBERG (1960: 23) nicht näher bestimmte Arten der Gattungen *Assilina*, *Discocyclina*, *Operculina* und *Miliola*. HAGN (1967: 285) sieht in diesen Schichten Äquivalente der Mittelschichten (Zwischenschichten) des Kressenberges.

Lithologie, Vorkommen und Mächtigkeit: Die Alveolinen-Schichten werden von einem festen, glimmerfreien, graubraunen Sandstein verkörpert, der in sehr dunkle bis fast schwarze quarzitisches Varietäten übergehen kann. Mitunter finden sich inkohlte Holzreste. Das Gestein ist kalzitisch gebunden und zeigt eine mehr oder weniger weitreichende Durchtränkung mit Brauneisen. Die unteren Horizonte sind tonreicher und bestehen aus einem leicht zerfallenden Mergelsandstein, der reichlich Glimmer und etwas Glaukonit führt.

Die Mächtigkeit in dem einzigen Vorkommen im Kalten-Bach südöstlich von Oberenzenuau beträgt etwa 15 m.

Wegen seiner geringen Verbreitung ist dieser Horizont in der Karte mit dem im Hangenden folgenden Assilinen-Sandstein zusammengezogen worden.

4.2.8. Assilinen-Sandstein, es (Cuis)

Alter und Fossilführung: Folgende Großforaminiferen sind aus den Heilbrunn-Tölzer Vorkommen dieses Schichtgliedes bekannt geworden (VON STACKELBERG 1960: 25):

Nummulites atacicus LEYM. (= *N. biarritzensis* D'ARCH.)
Assilina granulosa (= *Ass. leymERICI*)
Alveolina oblonga D'ORB.

Sie liegen in der für das Untereozän des bayerischen Helvetikums charakteristischen kreideschaligen Erhaltung vor. VON STACKELBERG, der die stratigraphische Reichweite dieser Formen an Hand anderer Aufschluß-Profile diskutiert, spricht dem Assilinen-Sandstein ein untereozaänes Alter zu.

Lithologie und Mächtigkeit: Der Assilinen-Sandstein ist ein im angewitterten Zustand meist hellgrauer, im frischen Zustand dagegen oft dunkelgrau bis grünlicher, mittel- bis grobkörniger Sandstein, dessen Schichtung durch Lagen von Assilinen und Nummuliten angedeutet wird. Feinerkörnige Varietäten sind meist dunkler und zeigen gelblich-braune Farbtöne. Charakteristisch ist ein beträchtlicher Gehalt an kohligen Bestandteilen. Durch Herauslösung des kalkigen Bindemittels entsteht ein mürber, poröser Sandstein, in welchem die Assilinen und Nummuliten z. T. nur als Hohlformen erhalten sind. Im Dünnschliff erkennt man neben einem hohen Quarzgehalt, der gewöhnlich zwischen 80 und 90% liegt (einschließlich Quarz in Kristallin-Gesteinsbruchstücken), Feldspäte (4–8%), vereinzelt Glimmer und Glaukonit. Bei karbonatisch zementierten Gesteinstypen liegt der Quarzgehalt wesentlich niedriger (bei 50%). In einer Schwermineral-Analyse (Probe 13 a, Bohrung Sauersberg 35) wurden gleichhohe Gehalte an Zirkon (33%) und Disthen (33%) festgestellt. In einer weiteren Probe (H 8) aus dem Enzenauer Steinbruch fehlte der Disthen, während Zirkon 67% aller Schwerminerale ausmacht. Die Mächtigkeit gibt VON STACKELBERG (1960: 24) mit 20 m an.

Vorkommen: Die Hauptvorkommen liegen in der Folge von Tertiärsedimenten auf beiden Seiten des Schellen-Baches. Auf der Westseite des Baches bildet der Assilinen-Sandstein hier den Kern eines Sattels. Im Kalten-Bach (Ostarm = Vorderriss-Graben) folgt er über den Alveolinen-Schichten.

4.2.9. Glaukonitschicht und Nummulitenkalk:

Beide Schichten sind mit 3 bzw. 5 m zu geringmächtig, um in der Karte als selbständige Schichtglieder ausgeschieden zu werden.

Alter und Fossilführung: VON STACKELBERG (1960: 26 ff) beschreibt aus beiden Horizonten *Nummulites planulatus* (LAM.), eine schon von IMKELLER (1895/96) erwähnte Form, und schließt daraus auf Altersgleichheit dieser beiden faziell verschiedenartig ausgebildeten Ablagerungen. In der Glaukonitschicht kommen außerdem

Terebratula cf. hilarionis MEVEGHINI,
Exogyra eversa MELLEVILLE und
Gryphaea gümbeli MAYER vor,

während HAGN (1955) in einem dem Nummulitenkalk äquivalenten Gestein aus dem Enzenauer Steinbruch *Assilina granulosa* (D'ARCH.) und *Discocyclina pratti* bestimmte, außer dem schon erwähnten *N. planulatus*. Beide Schichten werden aufgrund der Großforaminiferen als (oberes) Untereozän angesehen.

Lithologic: Bei der Glaukonitschicht handelt es sich um einen dicht mit Glaukonitkörnern durchsetzten mergeligen Kalk, der lt. VON STACKELBERG neben klastischem Quarz auch Brauneisen-Pseudooide enthält, letztere besonders in den obersten Partien dieser Schicht. Im angewitterten Zustand erscheint das Gestein rotbraun und zerfällt, besonders in der Toplage, in einen „braunen bis rostroten Mergelsand“. Diese Schicht hat IMKELLER (1895/96) als Roterz bezeichnet.

Der Nummulitenkalk besteht aus einer Wechsellagerung von grauen, nummulitenführenden Kalken mit geringem Quarz- und Glaukonitgehalt und grünlichen, feinkörnigen, glaukonitreichen Kalksandsteinen ohne Nummuliten. Diese Kalkbänke werden bis 30 cm mächtig. Im Liegenden geht der Nummulitenkalk in die sandreichere Fazies des Assilinen-Sandsteins über.

Vorkommen: Die Glaukonitschicht ist im Kartenbereich aus zwei kleinen Vorkommen bekannt: Einmal von der Ostseite des Schellen-Baches, wo sie zwischen „Weißem Kalksandstein“ (s. o.) und Assilinen-Sandstein auftritt und wegen der Häufigkeit von *Gryphaea gümbeli* als oberes Cuis angesehen wurde und nicht als normale Unterlage („glaukonitischer Sandstein“, S. ?) des Assilinen-Sandsteins, der folglich hier im tektonischen Kontakt mit seiner Unterlage steht. *Gryphaea gümbeli* ist aus dem Roterz, Schwarzerz und Nebengestein des Kressenberges bekannt – ebenfalls Bildungen des höheren Untereozäns, bzw. des tieferen Mitteleozäns (HAGN 1967: 281 ff.). Das zweite Vorkommen liegt im Kalten-Bach (Ostarm = Vorderriss-Graben). Auch hier folgt die Glaukonitschicht über dem „Weißen Kalksandstein“ und wird

von den Alveolinen-Schichten (also Äquivalenten des Assilinen-Sandsteins) wiederum tektonisch überlagert.

Der Nummulitenkalk begleitet den Enzenauer „Marmor“ im Liegenden. Er ist auf beiden Seiten des Schellen-Baches zu finden, ferner im Vorderriß-Graben (Kalten-Bach, Ostarm) und im Hinterriß-Graben (Kalten-Bach, Südarm). Dazwischen findet er sich auf beiden Flügeln des Sattels im Enzenauer „Marmor“. Der lange Rücken südlich Unterenzenau, der aus Assilinen-Sandstein und Enzenauer Marmor aufgebaut wird, wird im Norden auf 200 m Längserstreckung vom Nummulitenkalk begleitet. Das Gestein hält sich nach VON STACKELBERG (1960: 31) gleichmäßig in einem Abstand von 10 m nördlich von der Steilwand, die vom Assilinen-Sandstein gebildet wird. Da die Reihenfolge des Auftretens hier nicht mit der stratigraphischen Aufeinanderfolge übereinstimmt, wird das Vorkommen als reduzierter Nordflügel des Sattels im Enzenauer „Marmor“ gedeutet, der im Kalten-Bach Südarm noch in voller Mächtigkeit entwickelt ist, weiter im Westen jedoch den Enzenauer „Marmor“ an einer streichenden Störung verliert (l. c. Abb. 19, Profil 15). In der Kartendarstellung ist der Nummulitenkalk mit dem im folgenden beschriebenen Enzenauer „Marmor“ zusammengefaßt.

4.2.10. Enzenauer „Marmor“, ek (? Oberes Cuis–Unteres Lutet)

Äquivalente: Roterz, Schwarzerz des Kressenberges

Alter und Fossilführung: Die reiche Fauna des Enzenauer „Mormors“ ist bereits von SCHAFFHÄUTL (1863), IMKELLER (1895/96) und SCHLOSSER (1925) beschrieben worden. VON STACKELBERG (1960: 32 ff.) stellte nachfolgende Fossilliste zusammen:

Makrofossilien:

- Nummulites distans* DESH.
- Operculina canalifera* D'ARCH.
- Asterocyclina* sp.
- Rotularia spirulaea* LAM.
- Serpula schaffhüti* MAYER
- Balanophyllia vermicularis* SCHFH.
- Rhizocrinus cornutus* SCHFH.
- Conoclypeus conoideus* LESKE
- Echinolampas escheri* AGASSIZ.
- Echinanthus depressus* DESOR
- Prenaster alpinus* DESOR
- Linthia (Periaster) aequifissa* DESOR
- Linthia (Periaster) suborbicularis* MÜNSTER
- Membranipora bipuncta* SCHFH.
- Terebratulula aequivalvis* SCHFH.
- Terebratulina* sp.
- Lima interlirata* BAYAN

Pecten suborbicularis MÜNSTER
Arca appendiculata SOW.
Limopsis rhombica COSSM. & PISS
Glycymeris alpinus MAYER
Glycymeris cf. *obliquus* SCHFH.
Crassatella gibbulosa LAM.
Cardium cf. *asperulum* LAM.
Pleurotomaria puncticulosa v. GÜMBEL
Niso aff. *trebellatus* LAM.
Scala aff. *coronalis* DESH.
Natica lorioli DESH.
Ampullina sigaretina LAM.
Ampullina patula LAM.
Ampullospira hybrida LAM.
Ampullospira conica LAM.
Hipponyx comptus DESH.
Hipponyx dilatus LAM.
Hipponyx spirostris LAM.
Mesalia intermedia DESH.
Strombus piriformis SCHAFH.
Strombus ornatus DESH.
Pirula tricarinata LAM.
Cassidaria diadema DESH.
Eutritonium (*Sassia*) *bicinctum* DESH.
Sycum cf. *bulliforme* LAM.
Fusus surculaeformis COSSM. & PISS.
Fusus rugosus LAM.
Fusus angulatus LAM.
Mitra cf. *parisiensis* DESH.
Mitra cf. *deluci* DEFRANCE
Mitra cf. *fusellina* LAM.
Mitra sp.
Voluta ventricosa DEFRANCE
Voluta mutata DESH.
Voluta bicorona LAM.
Voluta cf. *elevata* SOW.
Lyra harpula LAM.
Harpa baylei MAYER
Harpa elegans DESH.
Conus helveticus MAYER
Cryptoconus evulsus DESH.
Cryptoconus approximatus (DESH.)
Surcula polycesta (BAYAN) var. *bayani* DE BOURY
Drillia brevicauda (DESH.) var. *sec.* LAM
Nautilus centralis SOW.

Das Alter des Enzenauer „Marmors“, der nach HAGN (1967: 285) „entweder dem Oberen Cuis, dem Zeitbereich Oberes Cuis bis Unteres Lutet oder überhaupt nur dem Unteren Lutet entspricht“, läßt sich bisher noch nicht ge-

nauer einengen. „Untersuchungen an Großforaminiferen müssen darüber erst noch Klarheit verschaffen“ (HAGN, l. c.).

Lithologie und Mächtigkeit: Dieser rote bis rötlich-braune, von Fossilien erfüllte Kalk ist in vielen Baudenkmalern Oberbayerns als Baustein wiederzufinden. Im Dünnschliff kann man stets Quarz, Brauneisen-Pseudooide sowie vereinzelt Glaukonitkörner erkennen. Stellenweise kann das Gestein sehr sandig werden. Die Hangendgrenze gegen die Stockletten ist eine „eigentlich knollige, ausgewaschene Oberfläche“ (IMKELLER 1895/96), die im Schellen-Bach besonders großflächig erschlossen ist und zahlreiche, besonders schön herausgewitterte Exemplare von *Conoclypeus conoideus* geliefert hat. Hier finden sich auch zahllose andere, oft zerbrochene Fossilien, sowie Bruchstücke von Enzenauer Marmor, die mit einer Brauneisenkruste überzogen und wieder verkittet worden sind. TRAUB (1953) deutete diese Bildungen als Aufarbeitungserscheinungen im Gefolge einer Emersion. Die Fazies des Enzenauer „Marmors“ ist eine küstennahe Flachmeerbildung mit sehr günstigen Lebensbedingungen für Kalk-abscheidende Organismen.

Eine Schwermineral-Analyse von Material aus dem Enzenauer Steinbruch ergab (Probe H 1) Zirkon 67%, Turmalin 12%, Rutil 11%, Granat 4,5%, Staurolith 3%, Sillimanit 13%, Rest 1%. Der Enzenauer „Marmor“ wird bis zu 20 m mächtig.

Vorkommen: Die wichtigsten Vorkommen liegen im W des Gebietes. Vom Enzenauer „Marmorbruch“, in dem das Gestein noch bis vor kurzem als Baustein gebrochen wurde, verläuft ein durchgehender Zug nach E bis über den Hinterriss-Graben (Kalten-Bach, Südarml) hinaus. Die Darstellung von STACKELBERGS, der in seiner Karte in der Ostwand des Bruches Assilinen-Sandstein angibt, und damit indirekt auch eine faziell bedingte Mächtigkeitszunahme des Assilinen-Sandsteins bei gleichzeitiger Reduktion des Enzenauer „Marmors“ nahelegt, ist insofern überraschend, als dem Geländebefund nach eher mit einer Vorstaffelung des östlich der Störung gelegenen Flügels nach Norden (statt nach Süden) zu rechnen ist. Diese Störung bildet den Abschluß des Bruches nach Osten. Herr Dr. H. BÖGEL, München, dem ich diesen Hinweis verdanke, stellte Probenmaterial zur Verfügung, um zu prüfen, ob es sich bei dem von VON STACKELBERG angenommenen Assilinen-Sandstein möglicherweise um versandeten Enzenauer Marmor handelt. Die Schwermineralführung dieses Vorkommens ähnelt jedoch sehr stark derjenigen des Assilinen-Sandsteins (Probe H 8), während aus einer weiteren Probe aus eindeutigem Enzenauer „Marmor“ Schwerminerale nicht in ausreichender Menge isoliert werden konnten. Zur Klärung dieser Frage sind daher eingehendere mikropaläontologische und sedimentologische Untersuchungen notwendig.

Zwischen Hinter- und Vorderriss-Graben (Kalten-Bach Südarm und Ostarm) sind mehrere kleine Rippen von Enzenauer Marmor vorhanden. Ebenso tritt er im Schellen-Bach auf der Westseite mehrfach auf. Auf der Ostseite ist jedoch nur noch ein schmaler Streifen vorhanden. Zwei weitere kleine Vorkommen liegen in je 300–400 m Abstand westlich und östlich vom Stallauer Bach.

4.2.11. Stockletten, el (Oberlutet)

Alter und Fossilführung: Aus den Stockletten werden häufig artenreiche Mikrofaunen beschrieben (z. B. PFLAUMANN 1968: 199 ff.), die mit Hilfe pelagischer Hantkeninen stratigraphisch einstuftbar sind.

VON STACKELBERG (1960: 38) führt von zwei Proben aus dem Schellen-Bach *Hantkenina dumblei* WEINZ & APPL sowie *H. longispina* CUSHM. an. In einer weiteren Probe aus der Nähe der Jochalm (östlich von Blatt Penzberg) bestimmte HAGN (Fußnote in VON STACKELBERG 1960: 38) zusätzlich noch *H. liebusi* SHOKHINA. Westlich von Bad Tölz scheinen die Stockletten damit auf das obere Lutet beschränkt zu sein, während sie in anderen Gebieten sowohl im Nord- als auch im Südhelvetikum bis in das obere Led reichen. Dies könnte damit zusammenhängen, daß die Stockletten auf unserem Blatt im Hangenden tektonisch amputiert sind.

Lithologie und Mächtigkeit: Die Stockletten sind gelblich- bis grünlich-graue, meist sandfreie Mergel, die in der Nähe der Flyschüberschiebung ein schiefriges Aussehen bekommen können.

Die aufgeschlossene Mächtigkeit im Kartenbereich beträgt 30 m. Vergleicht man diesen Wert mit anderen Gebieten, in denen bis 100 m (Haunsberg, TRAUB 1953) und mehr (200–300 m am Kressenberg) Stockletten auftreten, so ist auch für das Tölzer Gebiet eine tektonische Reduktion einer ursprünglich weitaus mächtigeren Mergelfolge anzunehmen.

Vorkommen: Stockletten sind an den verschiedensten Stellen des Gebietes zusammen mit Enzenauer „Marmor“ aufgeschlossen. Die größten Vorkommen liegen im Hinter- und Vorderriss-Graben (Kalten-Bach Südarm und Ostarm). Im Schellen-Bach sind sie auf engem Raum zwischen Flysch und Enzenauer „Marmor“ eingequetscht und füllen Fugen und Spalten im „Marmor“. Nördlich davon treten sie in einer kleinen, im Enzenauer „Marmor“ angelegten Spezialmulde auf. Die beiden Vorkommen von Enzenauer „Marmor“ in der Nähe des Stallauer Baches führen im Hangenden geringmächtige Stockletten. Im Westen treten sie noch einmal in dem östlichen Seitenarm des Fall-Grabens auf, der südlich vom Enzenauer Steinbruch fließt.

Die Vorkommen westlich von Bad Tölz enthalten keine Einschaltungen von Lithothamnienkalken.

4.3. Molasse

(WALTER STEPHAN)

Als Molasse werden die Ablagerungen bezeichnet, die in der Tertiärzeit als Abtragungsschutt in den Randsenken des entstehenden Alpengebirges abgelagert worden sind. Ihr südlicher Teil wurde von der letzten alpinen Faltungsphase noch erfaßt, vom ursprünglichen Untergrund abgeschert und nordwärts geschoben. Dieser in mehrere Mulden verschuppte Teil wird als Faltenmolasse bezeichnet. Der nicht mehr in die alpine Faltung einbezogene Teil steht ihr als Vorlandmolasse gegenüber, bildet z. T. aber auch noch ihre autochthone Unterlage.

Die Molasse tritt im Kartenbild wenig hervor, da sie von quartären Ablagerungen weitgehend bedeckt ist. Umso mehr fällt der Härtlingsrücken des Buchbergs auf, der das Blatt unübersehbar quert. Er markiert den Südflügel der Penzberger Mulde. Südlich von ihm verläuft, ebenfalls von E nach W, die tektonische Grenze zwischen der Faltenmolasse und der Helvetikum-Zone. Am Nordrand des Blattes verläuft die Grenze zur Vorlandmolasse; ihr aufgerichteter Südrand steht nördlich von Eurach an. Die gesamte, in mehrere Muldenzüge unterteilte Faltenmolasse ist daher hier nur 6–7 km breit. Ihre Verschmälerung gegenüber der Ausdehnung im W (Hohenpeißenberg ca. 16 km) ist u. a. darauf zurückzuführen, daß der südlichste Muldenzug der westlichen Faltenmolasse, die Murnauer Mulde, im Bereich der Kochelsee-Moore sein Ende findet.

Die Penzberger Molasse bildet im Hinblick auf ihre Stellung in der gesamten Faltenmolasse einen „Brückenkopf“, der sich für stratigraphische und fazielle Vergleiche mit den östlicher bzw. westlicher gelegenen Vorkommen anbietet. Leider fehlen im Blattgebiet natürliche Aufschlüsse, in denen größere Profilschnitte durchgehend aufgeschlossen und ständig zugänglich sind. Die Kartierung wurde dadurch erschwert. Sie kann sich zudem selten auf Horizonte stützen, die im Gelände erkennbar und durchgehend verfolgbar sind. Bei der Auswertung der Kartierungsbefunde konnten jedoch mehrere große künstliche Aufschlüsse berücksichtigt werden. Im W hatte der Bau der Autobahn im Einschnitt nördlich Sindelsdorf vorübergehend ein über 700 m langes Profil vorzüglich erschlossen. Bei Schönmühl wurde früher schon beim Bau eines Kraftwerkstollens ein wichtiges Profil aufgenommen. Der gleiche, stratigraphisch besonders interessante Abschnitt im Südflügel der Penzberger Mulde ist dann, wenn auch unmittelbar jenseits des östlichen Blattrandes, ständig in einem Graben nördlich des Stallauer Weihers, am Südhang des Buchbergs, zugänglich. Andere künstliche Aufschlüsse, vor allem die des auf-

gelassenen Bergbaus, haben weitere Molasse-Profile geliefert, die in mehreren Veröffentlichungen bereits berücksichtigt worden sind⁵⁾.

Gliederung und Altersstellung. Die in der Molasse kartierbaren Schichten stellen Fazieseinheiten dar, deren Grenzen diachron verlaufen. Die für die Penzberger Molasse angewendeten Gliederungsprinzipien entsprechen denen, die für die Darstellung auf der „Geologischen Karte 1:25 000 Miesbach“ (STEPHAN & PAULUS, 1968: 203 f.) angewendet wurden. Hier wird daher auch erstens nach dem faziellen Charakter der Schichten unterschieden (z. B. Tonmergel-Schichten). Zweitens wird die Brackwassermolasse, soweit erforderlich, in zeitgebundene „Flözgruppen“ gegliedert (STEPHAN 1965).

Arbeiten der letzten Jahrzehnte (HÖLZL 1948, 1962; HAGN & HÖLZL 1952) haben das Rupelalter der Tonmergel-Schichten erhärtet. Der Grenzziehung Rupélien/Chattien muß allerdings mit Vorbehalt begegnet werden. Die Grenze liegt nach HÖLZL etwa im Niveau der Baustein-Schichten des Schmerold-Grabens (Mitte des Bl. 8236 Tegernsee). Profilvergleiche konnten nachweisen (STEPHAN 1965), daß die Baustein-Schichten nach W zu allmählich in ein tieferes stratigraphisches Niveau absinken. Die Tonmergel-Schichten des Bl. Penzberg sollten demnach auch mit ihren obersten Abschnitten vollständig zum Rupel gehören. Entsprechend könnten die nach W zu älter werdenden Baustein-Schichten hier die stratigraphische Grenze zum Rupel teilweise unterschreiten.

Die stratigraphische Einstufung der jüngeren Schichten der Faltenmolasse ist mehrfach behandelt worden, sehr eingehend und übersichtlich von ZÖBELEIN (1953). PAULUS (1963) hat die Grenzziehung Chattien/Aquitaniens überprüft. Er konnte dabei aufgrund der marinen Faunen die Grenze in der Nonnenwald-Mulde ca. 90 m über dem Oberen Nonnenwald-Sand fixieren. Zu diesem Ergebnis war bereits KNIPSCHER (1957: 895) in seinem Beitrag zur Einstufung der Promberger Schichten gekommen. Während ZÖBELEIN noch die unteren Zweidrittel der Promberger Schichten ins Chattien stellte, gehören nach KNIPSCHER und PAULUS nur das untere Drittel dazu (vgl. Abb. 9 in PAULUS 1981: 273). PAULUS wies weiter darauf hin, daß die Grenze Chattien/Aquitaniens auf Grund der Landschneckenfauna in der Nonnenwald-Mulde um ca. 250–300 m über der mit marinen Mollusken und Foraminiferen ermittelten Grenze liegt. Alle noch jüngeren Molasse-Schichten, soweit sie zur Subalpinen Molasse des Blattgebietes gehören, haben ein Aquitanalter.

Bei der Bezeichnung der Schichten sind in den vergangenen Jahrzehnten vertraute Begriffe aufgegeben bzw. eingeengt worden, um eindeutig gliedern

⁵⁾ Die geologisch wichtigen Unterlagen der Pechkohle-Bergwerke werden im Archiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes aufbewahrt. Im Kernmagazin des Amtes sind auch durchgehend gekernte Standard-Profile der chattischen Flözmolasse vorhanden.

zu können und um Mißverständnisse zu vermeiden. Begriff und Inhalt der Tonmergel-Schichten sind unverändert geblieben; ihr oberster sandiger Abschnitt, der zu den Baustein-Schichten überleitet und sehr reich an marinen Makrofossilien ist, wird als „Höhere Tonmergel-Schichten“ herausgestellt.

Die Baustein-Schichten, früher u. a. auch als „Konglomeratzone“ bezeichnet, sind lithofaziell zuweilen schwer abzugrenzen. Dies hatte zur Folge, daß der biofazielle Wechsel von der Meeres- zur Brackwasser-Molasse in den Profilen oft ungenau erfaßt worden ist. Mit der Abgrenzung der „Marinen Baustein-Schichten“ wird der oberste Teil der Unteren Meeresmolasse eindeutig abgegrenzt.

Die Untere Brackwasser-Molasse setzt mit dem Auftreten brackischer oder/und limnischer Horizonte ein; es erübrigt sich für den Übergang zusätzliche Namen, wie z. B. „Übergangszone“ oder „Übergangsschichten“ zu verwenden, die einen Kompromiß zu dem lithofaziellen Ausklingen der Baustein-schichtenfazies darstellen.

Die sehr fossilreichen Brackwasser-Ablagerungen, namensgebend für die Brackwasser-Molasse, sind stets vor allem mit limnischen Horizonten (u. a. Pechkohle) vergesellschaftet. Auch marine Einflüsse, limnisch-fluviatile oder gar terrestrische, kommen im brackischen Bereich zur Geltung, der sowohl dem Meer wie dem Land ausgeliefert war. Der Begriff Brackwasser-Molasse hat den Begriff „Cyrenenschichten“ ersetzt. Es ist besser, damit nur die cyrenenführenden Schichten zu bezeichnen.

Die Notwendigkeit, die sehr mächtige Obere Brackwasser-Molasse zu gliedern, hat zu weiteren Benennungen geführt, die sich jedoch als unzureichend bzw. mißverständlich erwiesen, z. B. „Obere Cyrenenschichten“ und „Oberste Cyrenenschichten“. Angesichts der Fazies-Verschiebungen ist es generell ratsam, zunächst lokalbezogene Bezeichnungen für die Schichtfolgen zu verwenden. In der produktiven Brackwasser-Molasse sind daher auch revierbezogene Flözgruppen ausgeschieden worden (STEPHAN 1965). Früher hatte schon WEITHOFER (1899) in der Penzberger Molasse z. B. die „Schwaiger-Schichten“ als eine exakt abgegrenzte Flözgruppe ausgeschieden, was wesentlich einer klaren Profilsprache gedient und stratigraphischen Vergleichen genutzt hat. Die hier verwendete Gliederung bezieht sich weitgehend auf eine Zusammenfassung von PAULUS (1963), die wesentliche Korrekturen und Ergänzungen älterer Schichttabellen enthält. Sein Nachweis, daß der Untere Glassand der Nonnenwald-Mulde in der Peißenberger Mulde nicht mehr entwickelt ist, und somit der Obere Glassand der Nonnenwald-Mulde dem Unteren Sand der Peißenberger Mulde entspricht, ist das beste Beispiel dafür, daß lithologische Bezugshorizonte der Molasse im stratigraphischen Niveau auf weite Strecken nicht aushalten.

Die angeführten Makrofossilien sind meist noch von O. HÖLZL bestimmt worden. Angaben zur Mikrofossilführung sind vom Schrifttum übernom-

men worden; sie gehen auch auf die Ergebnisse von Untersuchungen des mikropaläontologischen Labors im Bayerischen Geologischen Landesamt zurück. Die beigegebenen Fossilisten geben nur Arten an, die im Blattgebiet gefunden bzw. in den Bergwerksbohrungen bei Iffeldorf, unmittelbar jenseits des westlichen Blattrandes angetroffen wurden.

Der nachfolgende Überblick zeigt die Altersstellung, die Fazies und die Mächtigkeit aller im Blattgebiet bisher angetroffenen Molasseschichten, d. h. auch derjenigen, die nur untertage in Untersuchungsstollen des Bergwerks oder in Tiefbohrungen der Erdölindustrie angetroffen worden sind.

Obere Süßwasser Molasse	limnisch-terrestrisch		
Obere Meeresmolasse	marin		
Obere Bunte Molasse	limnisch-terrestrisch		
Daser-Schichten	brackisch	ca.	100 m
Nantesbuch-Sandstein	marin-brackisch ?	ca.	50 m
Promberger Schichten	marin	ca.	280 m
Oberer Nonnenwald Sand	brackisch-marin	ca.	30 m
Schwaiger Schichten	brackisch	ca.	200 m
Unterer Nonnenwald Sand	brackisch-marin	ca.	30–40 m
Penzberger Liegend-Flözgruppe	brackisch-limnisch	ca.	330 m
Untere Bunte Molasse	limnisch-terrestrisch	ca.	1200 m
Untere Brackwasser Molasse	brackisch-limnisch	ca.	160 m
Marine Baustein-Schichten	marin		60–70 m
Tonmergel-Schichten	marin	ü.	860 m
Deutenhausener Schichten	marin	ü.	60 m

4.3.1. Faltenmolasse

4.3.1.1. Deutenhausener Schichten (Sannois)

Sie erreichen im Blattgebiet, als das älteste Schichtglied der Unteren Meeresmolasse, das östliche Ende ihrer bekannten Verbreitung, die von Vorarlberg bis zum Kochelseebecken reicht (FISCHER 1960). Das Vorkommen ist nur aus Schürfböhrungen westlich von Bichl an der Loisach bekannt geworden, wo es unter der quartären Bedeckung ansteht. Es besteht zum geringen Teil aus mittel-dunkelgrauen, feingeschichteten Tonmergeln, wie sie vor allem für die nachfolgenden Tonmergel-Schichten charakteristisch sind. Im Gegensatz zu diesen sind die Deutenhausener Schichten sandiger. Mittelgraue, zuweilen schwach dunkelgraue, fein-mittelkörnige Sandsteine herrschen vor. Sie sind teilweise flaserig oder enthalten Zwischenlagen und Linsen aus Tonmergeln; auf den glimmerbesetzten, hin und wieder wulstigen Schichtflächen finden sich gelegentlich kohlige Pflanzenreste. Es kommen jedoch auch mittelgraue feinkonglomeratische-brekziöse Sandsteine mit kalkigem oder kieseligem Bindemittel vor.

Von den zwischen steil einfallenden Tonmergel-Schichten und der tektonischen Grenze zum Helvetikum ebenfalls steil einfallenden Deutenhausener Schichten könnte durch die Bohrung hier eine Mächtigkeit von ca. 60 m erschlossen worden sein; die Gesamtmächtigkeit ist angesichts der gegebenen tektonischen Position nicht abzuschätzen.

4.3.1.2. Tonmergel-Schichten, ol T

Sie bilden die älteste fazielle Einheit der Molasse, die im Blattgebiet Über-tage ansteht. Die Vorkommen sind an den Südflügel der Penzberger Mulde gebunden, wo sie in dem zur Kochelsee-Niederung abfallenden Südhang des Buchberg-Rückens anzutreffen sind. Die Aufschlüsse sind entsprechend dieser morphologischen Situation ungünstig. Nur in flachen Gräben stehen meist die an der Oberfläche verwitterten Schichten an, wobei hauptsächlich sandigere Bänke hervortreten.

Abgrenzung: Die natürliche Grenze der Tonmergel-Schichten zum Liegenden ist nicht erschlossen. Im wesentlichen stehen nur ihre oberen Profilabschnitte an. Die Grenze zum Hangenden wird dort festgelegt, wo die Baustein-Horizonte beginnen. Die Grenzziehung ist meist leicht in durchgehend aufgeschlossenen Profilen vorzunehmen, wie z. B. im Autobahneinschnitt Sindelsdorf. Bei unzureichenden Aufschlüssen können die in den Höheren Tonmergel-Schichten häufig eingeschalteten Sandsteinbänke die Abgrenzung im Gelände erschweren, zumal auch die marine Molluskenfauna die Obergrenze überschreitet.

Mächtigkeit: Die Mächtigkeit der anstehenden Tonmergel-Schichten im Südflügel der Penzberger Mulde beträgt über 860 m, wenn das isolierte Vorkommen nordöstlich Sindelsdorf dem Gesamtprofil angeschlossen werden darf. Nach unseren Kenntnissen von anderen Gebieten muß jedoch auch hier damit gerechnet werden, daß tiefere Horizontabschnitte eingeschuppt sind. Die Gesamtmächtigkeit der Tonmergel-Schichten auf Blatt Penzberg, incl. der nur mit Tiefbohrungen erfaßten Abschnitte, wird mit mindestens 1500 m bis ca. 2000 m veranschlagt.

Ausbildung: Nach lithologischen Gesichtspunkten können auch hier Tiefere und Höhere Tonmergel-Schichten unterschieden werden.

Die Tieferen Tonmergel-Schichten enthalten ganz überwiegend mittelgraue (mattgraue) ± feinstsandige Tonmergel. Sandreichere bzw. mm-starke sandige Lagen unterbrechen ihr gleichförmiges Aussehen. Sandsteinbänke bzw. -linsen sind selten. Vereinzelt treten sehr sandarme Bänke bzw. härtere Lagen mit höheren Kalkgehalten auf. Die Tieferen Tonmergel-Schichten sind im allg. makrofossilarm. Nur im obersten Teil stellen sich zunehmend Sandsteinbänke mit Makrofossilien ein, die den Übergang zu den Höheren Tonmergel-Schichten anzeigen. Angewitterte bzw. verwitterte Tonmergel sind braun-gelbbraun. Die Beschreibung der Tieferen Tonmergel-Schichten

stützt sich fast ausschließlich auf das Vorkommen in der Autobahntrasse Sindelsdorf, wo sie durchgehend 200 m mächtig aufgeschlossen waren.

Die Höheren Tonmergel-Schichten bilden im zuletzt erwähnten Vorkommen die obersten 120 m der gesamten Tonmergel-Schichten. Die ebenfalls meist mittelgrauen Tonmergel dieses Abschnitts sind sandreicher und häufiger als Sandmergel ausgebildet. Sie verzahnen sich sehr intensiv mit mittelgrauen \pm mergeligen Sandsteinen. Bis 10 m mächtige, massige Sandsteinbänke bzw. -linsen können auf kurze Distanz faziell in Tonmergel übergehen. Die mittelgrauen Sandsteine sind auf den Schichtflächen häufig mit feinem Glimmer dicht besetzt und zerfallen plattig. Die Höheren Tonmergel-Schichten sind auch dadurch gekennzeichnet, daß sie horizontweise häufig bis sehr häufig marine Makrofossilien führen. Diese kommen aber auch als gut erhaltene Einzelexemplare vor. Pflanzenhäcksel auf Schichtflächen, seltener sogar Kohleschmitzen, deuten auf Einschwemmungen in einen Ablagerungsraum des Meeres hin, der dem eigentlichen Küstensaum unmittelbar vorgelagert gewesen ist.

Bereits über der Basis der Höheren Tonmergel-Schichten treten im Autobahneinschnitt harte, teils quarzitisch anmutende Bänke aus grauem Sandstein auf, die sehr fossilreich sind. Dieser Sandsteintyp, der faziell den marinen Baustein-Schichten näher als den Tonmergel-Schichten steht, stellt sich wiederholt ein.

Fossilführung: Die Tieferen Tonmergel-Schichten enthalten sehr spärlich Makrofossilien, meist kleine dünnschalige Mollusken. Die Höheren Tonmergel-Schichten sind hingegen reich an Makrofossilien. Die großwüchsige dickschalige *Cyprina islandica rotundata* AGASSIZ hat dieser Schichtfolge früher den Namen Cyprinen-Schichten gegeben. Zu den häufig anzutreffenden Formen zählen hier u. a. auch *Nucula compta* GOLDFUSS und *Cardium* sp. Als äußerst artenreich erwies sich die Fauna der obengenannten harten grauen Sandsteine; teilweise sind Muschelpflaster ausgebildet. Eine Muschelbank enthielt auch Haifischzähne.

Im Vorkommen am Westrand von Bad Heilbrunn (SICHERMANN) wurden *Cyprina islandica rotundata* AGASSIZ, *Cardium heeri* MAYER-EYMAR und *Pitaria* sp. nachgewiesen. Im Profil des Stallauer Bachs finden sich in den Tonmergeln Bruchstücke kleiner, stark gerippter, dünnschaliger Muscheln sowie u. a. Seeigelreste, in Sandmergelbänken massenhaft kleine Turritellen. Reste kleiner dünnschaliger Muscheln sind in den obersten Mergellagen aller Vorkommen häufig. Die Fossilliste (Beil. 2) gibt die bisher bestimmten Arten von den Fundstellen des Blattgebietes an. Es ist ersichtlich, daß bisher nur die häufigsten Arten erfaßt worden sind und die Aufstellung nicht repräsentativ ist.

Auch die Mikrofauna ist nur in Einzelproben untersucht worden. Die systematisch im Autobahneinschnitt entnommenen Proben sind verloren ge-

gangen. Angaben über Mikrofossilien aus Fundstellen des Blattgebietes wurden von SCHMIDT-THOMÉ (1955: 425) und SICHERMANN (1965) gemacht. PAULUS (1963: 64) erwähnt, ohne nähere Angabe, eine artenreiche marine Foraminiferenfauna aus Tonmergel-Schichten, die im Südflügel der Nonnenwald-Mulde von der Bohrung Königsdorf 2 erschlossen wurde.

Vorkommen: Der Südhang des Buchberg-Höhenrückens westlich der Loisach ist nur geringmächtig überdeckt. In Gräben und an anderen geeigneten Stellen sind die Tonmergel-Schichten daher ein wenig aufgeschlossen, ehe junge Ablagerungen sie im auslaufenden Flachhang bedecken. Östlich der Loisach stehen Tonmergel-Schichten im Prallhang des Schellen-Bachs nordöstlich von Langau an. Mittelgraue-graue bräunlich verwitternde, gebankte Tonmergel mit Schalenresten enthalten hier cm-starke Bänkchen aus einem sehr feinkörnigen blaugrauen, bräunlich verwitternden Sandstein. Tonmergel stehen auch am Westrand von Bad Heilbrunn an (SICHERMANN 1965). Im Durchbruch des Stallauer Bachs durch den Buchberg-Rücken südlich Ramsau sind gute Einzelaufschlüsse vorhanden.

4.3.1.3. Marine Baustein-Schichten, o1B

Sie bilden den obersten, überwiegend sandig ausgebildeten Abschnitt der Unteren Meeresmolasse. Mit dieser Abgrenzung entsprechen sie etwa den „Baustein-Schichten im engeren Sinn“ (KORSCHOLT 1890) bzw. den „Tieferen Baustein-Schichten“ (SICHERMANN 1965). Ihre marinen Fossilien vertreten eine typische Küstenfauna. Pflanzliche, vom Land eingeschwemmte Reste sind häufig, ebenso gut erhaltene Blattabdrücke auf feinkörnigem Sandstein („Blättermolasse“, VON GÜMBEL). Die als Bausteine verwendbaren Sandsteine, die anderenorts auch heute noch gebrochen werden, haben der ganzen Schichtenfolge zu ihrer Bezeichnung verholfen.

Abgrenzung: Die sehr guten Aufschlüsse mit durchgehenden Profilen vermittelten die erforderliche Übersicht und ermöglichten eine einwandfreie Abgrenzung. Im Autobahn-Einschnitt folgt unmittelbar über der mittelgrauen Tonmergel/Sandstein-Serie der Höheren Tonmergel-Schichten eine mächtige Bankfolge grauer massiger Sandsteine. Sie markiert hier den Beginn der Marinen Baustein-Schichten. An anderen Orten ist der Fazieswechsel nicht so schroff ausgeprägt. So stellt sich zuweilen an der Basis erst eine Wechsellagerung von geringmächtigen Sandsteinbänken und Mergellagen ein, ehe mächtige Sandsteine folgen. Hier kann es zu unterschiedlichen Grenzfestlegungen kommen, die sich jedoch im Bereich weniger Meter bewegen.

Die oberen Horizonte der Marinen Baustein-Schichten enthalten durchwegs grobkörnige bis konglomeratische Sandsteine und Konglomerate. Sie treten im Profil wechselhaft auf und greifen als Bestandteil der Brackwasermolasse auch auf diese über. Selbst recht markante Konglomeratbänke sind

nur abschnittsweise entwickelt, was die Kartierungsbefunde erweisen. Die obere Abgrenzung ist mithin dann gegeben, sobald voll ausgebildete brackische bzw. limnische Horizonte einsetzen.

Mächtigkeit: In allen Profilen des Blatt Penzberg sind die Marinen Baustein-Schichten etwa 70 m mächtig, nur im benachbarten Buchberg-Graben 60–65 m. Die vorwiegend sandige Ausbildung, die hier weitgehend noch in der Unteren Brackwassermolasse zunächst anhält, weist auf lokale Bedingungen hin, die auch die Abgrenzung und somit die Mächtigkeit beeinflussen. Der Vergleich mit den Profilen der östlichen Subalpinen Molasse ergibt, daß die Marinen Baustein-Schichten nach Westen zu allmählich geringmächtiger werden: Haushamer Mulde, Sulzgraben 143 m – Haushamer Mulde, Westfeld 82 m – Mariensteiner Mulde 80 m – Penzberger Mulde, Südflügel 70 m.

Ausbildung: Die vorwiegend fein-grobkörnige sandige Beschaffenheit prägt das bis Aussehen der Marinen Baustein-Schichten. Mächtige, massige, klobige Sandsteinbänke treten bereits an ihrer Unterkante auf, wiederholt auch in höheren Lagen. Zwischen ihnen sind Bänke aus grauem, feinkörnigen Sandstein eingeschaltet, deren Schichtflächen glimmerig und oft mit inkohlten Pflanzenresten bedeckt sind. Nach SICHERMANN (1965) zeigen die Sandsteine unter dem Mikroskop ein gleichförmiges Quarz-Plagioklas-Gefüge in calcitischer Matrix. Die Glimmerschüppchen sind annähernd schichtparallel eingeregelt, die Biotite in geringem Maße chloritisiert. In den Schwermineralanalysen (ANDRÉE 1936, WIESENER 1943) folgen nach Granat (meist über 50%) Turmalin und opake Mineralien (um 10%), sodann Apatit, Staurolith und Zirkon. Andere stets vorkommende Mineralien sind meist nur mit 1% beteiligt.

Konglomeratbänke treten im Blattgebiet untergeordnet auf. Sie werden auch nur bis einige Meter mächtig. Sie stellen sich, faziell wechselnd, in allen Profilen vorwiegend in den höchsten Horizonten ein. Im Abschnitt St. Johannisrain–Schönmühl–Rain sind sie bestenfalls schwach entwickelt. Entsprechend heben sich die Marinen Baustein-Schichten hier im Gelände auch nicht sonderlich von den Höheren Tonmergel-Schichten ab. Die Gerölle der Konglomerate erreichen im Blattgebiet nur einen \emptyset von max. 3 cm. Einzelgerölle, Geröllinseln und Geröllpflaste auf Schichtflächen sind auch in den Sandsteinen der tieferen Horizonte zu finden. Nach dem Geländebefund und nach Geröllanalysen bestehen die Konglomerate aus einer Vergesellschaftung von Restgeröllen, unter denen Quarz (Gangquarze) überwiegt. BODEN (1925: 468) gibt für die Geröllzusammensetzung der „Bausteinzone“ (die auf die Untere Brackwassermolasse übergreift) im Südflügel der Penzberger Mulde pauschal folgende Werte an:

Gangquarze	84%
Gneis, Glimmerschiefer, Phyllit	2%
Dolomit	10%
Arkosen, Quarzite	2%

Seine Auszählung (l. c. S. 463 f.) an einer Konglomeratbank unmittelbar 0 vom Riederer Weiher ergab:

Quarz im allg. bis 3, selten bis 4,5 cm Ø	550 Gerölle
Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite bis 2 cm Ø	13 Gerölle
Quarzite, Kiesel-schiefer bis 2,5 cm Ø	7 Gerölle
Arkosen (6 mit 1 cm Ø, 1 mit 3,5 cm Ø)	7 Gerölle
Dolomite und Kalkalpine Gerölle	n. b.

Die dort nicht beobachteten Dolomite hat Boden in recht erheblicher Menge und in einer Kgr. von 1–2, max. 3 mm in Konglomeraten eines weiter im Osten gelegenen ehemal. Steinbruchs (R 52 810; H 89 150) festgestellt. SCHIEMENZ (1960: 74) fand ebenfalls durchwegs sehr abgerollte Kieselgesteine, vorwiegend Gangquarze, in einer Probe, die ihm SCHMIDT-THOMÉ aus dem „marinen Rupel bei Penzberg“ (vermutlich aus den Baustein-Schichten des Schönmühl-Stollens) überlassen hat.

Mergellagen, meist nur bis 20 cm mächtig, schalten sich vereinzelt zwischen mächtige Sandsteinbänke ein und sind oft weitgehend zerrieben oder verdrückt. Sie treten aber auch in Wechsellagerung mit Sandsteinbänkchen auf.

Die geringmächtigen Pechkohle- bzw. Kohlelettenlagen, die sich vereinzelt einstellen, sind weitaus stärker beansprucht. Es ist noch ungeklärt, inwieweit und ob nur eingeschwemmte organische Substanz sich an der Zusammensetzung der meist nur mm-starken Lagen beteiligt.

Fossilführung: Die massigen, klobigen Sandsteinbänke sind fossilfrei und ebenso unergiebig sind die tektonisch stark beanspruchten Mergellagen. Gut erhaltene Makrofossilien finden sich daher vorzugsweise in den Sandstein-Mergel-Wechsellagen. Als besonders fossilreich erwiesen sich Vorkommen östlich der Loissachschleife bei Achmühl, die in Baugrundaufschlüssen vorübergehend aufgeschlossen waren. Sehr viel Gastropoden fanden sich auf Schichtflächen eines sehr feinkörnigen Sandsteins. Ausgefüllte Grabgänge durchsetzten einige Bänke. Die fossilreichsten Horizonte stellen sich hier ca. 55 m über der Unterkante der gesamten Schichtenfolge ein. In den Sandsteinen war neben Blattresten vor allem sehr häufig *Dentalium* sp. vertreten. Zum Hangenden hin erwiesen sich hier auch Konglomeratlagen als fossilreich.

Im Schönmühlstollen wurden beim Bau in drei Lagen zahlreiche, sehr mächtig erhaltene *Mytilus*-Schalen geborgen, von denen nach GÖRGES die meisten *M. aquitanicus* MAYER sehr ähnlich sind, einige auch *M. faujasi* BRONGT (ZÖBELEIN 1953: 122).

Die Fossiliste (Beil. 2) für die marinen Makrofaunen gibt die bisher aus dem Blattgebiet bestimmten Arten an, soweit sie in Belegstücken vorgelegen haben oder auch schon veröffentlicht worden sind. Die Anzahl der bestimmten Molluskenarten ist hier geringer als die von entsprechenden Fundorten der östlichen Nachbargebiete. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß

der Bearbeiter der marinen Makrofauna OTTO HÖLZL im Blattgebiet selten tätig war und die reichen neuen Funde ihm nur noch z. T. zur Bestimmung vorgelegt werden konnten. Verwertbare Literaturangaben zur Makrofauna fanden sich nur bei ZÖBELEIN (l. c.), SCHMIDT-THOMÉ, HÖLZL 1962, SICHERMANN 1965 und zur Mikrofauna bei SICHERMANN 1965, für den PAULUS, WITT und HINSCH die Probe H 03 aus dem ersten Mergelhorizont der tieferen Baustein-Schichten am Hochfeld, Bad Heilbrunn bearbeitet haben. Ältere Faunenangaben wurden nicht übernommen, teils weil die Fundortsangabe zu ungenau war, teils weil das Belegmaterial durch Kriegseinwirkung verloren gegangen und nicht mehr zu überprüfen ist.

Vorkommen: Sandsteine und Konglomerate, soweit sie zu den Marinen Baustein-Schichten gehören, bilden vom W des Blattes bis zur Loisachschleife bei Achmühl etwa die südliche Hangkante des Buchberg-Höhenrückens. Sie bilden auch noch die südlichste Schichtrippe, die im westlichen Abschnitt des Höhenrückens bis zum Riederer Weiher als Hauptkamm morphologisch hervortritt. Östlich vom Weiher steht zunächst unmittelbar nördlich des Weges nach St. Johannsrain ein über 2 m mächtiges Konglomerat an, in dem früher auch ein kleiner Steinbruch versuchsweise angelegt worden ist. Ebenfalls im Hauptkamm unmittelbar nördlich des Weges ist in einem weiteren alten Steinbruch (R 52 810, H 89 150) ein knapp 12 m mächtiges Profil gut erschlossen. Es enthält mittel- grobkörnige Sandsteine mit einigen konglomeratischen Lagen und geringmächtige Konglomeratbänke, die bereits BODEN (1925) untersucht hat. Von hier aus weiter nach E zu bis zur Loisach tritt die Geröllführung mehr und mehr zurück und entsprechend fallen die Marinen Baustein-Schichten auch morphologisch nicht mehr auf.

Sie werden dann östlich der Loisach teilweise von Moränen bedeckt. Der Stallauer Bach mit seinen Zuflüssen bietet südlich Ramsau gute, wenn auch isolierte Aufschlüsse (S. 132). Erst mit dem ansteigenden Rücken des Buchbergs stehen sie dann wieder zunächst im Kamm bei Wörnern und dann durchgehend im unteren Teil seines Südhangs an. Forstwege und der Buchberg-Graben bieten gut zugängliche, vorzügliche Aufschlüsse an.

4.3.1.4. Untere Brackwassermolasse, o1C

Sie schließt sich an die Ablagerungen der Unteren Meeresmolasse an, ist im Blattgebiet allerdings relativ geringmächtig und zusätzlich mit der Bunten Molasse verzahnt. WEITHOFER hat wiederholt auf die Vorkommen von „Cyrenenschichten“ im Südflügel der Penzberger Mulde hingewiesen, was aber eine gewisse Unsicherheit späterer Autoren bei der Profilsprache nicht verhinderte. Eine Untergliederung erübrigt sich im Hinblick auf die geringmächtige Ausbildung der Schichtenfolge, die daher in den Profilen und auf der Karte hier nur allgemein als Untere Brackwasser Molasse ausgeschieden worden ist.

Abgrenzung: Das erste Auftreten brackisch-limnischer Schichten ermöglicht ihre Abgrenzung von der Meeresmolasse. Die Abgrenzung gegen das Hangende ist schwieriger, da die folgende Bunte Molasse anfangs sehr viel graue limnische Horizonte enthält. Das Vorkommen des letzten Flözhorizontes mit übrigen relativ mächtigen brackischen Mergeln in seinem Hangenden wurde daher als Kriterium zur Abgrenzung genommen.

Die Schwierigkeiten bei der Abgrenzung sind durch die mannigfaltige Ausbildung der Brackwassermolasse im Übergangsbereich vorgegeben. Bezeichnungen wie z. B. „Übergangsschichten“ finden sich daher oft in der Literatur. Sie verwischen allerdings den tatsächlich vollzogenen Wechsel vom marinen zum brackischen Milieu und sollten vermieden werden, damit regionale Vergleiche und paläogeographische Rekonstruktionen exakter vorgenommen werden können.

Sandsteine mit marinen Fossilien als Glied marin-brackisch-limnischer Sedimentzyklen gehören zum festen Bestandteil der Brackwassermolasse. Sie können bei kleinen isolierten Aufschlüssen die Schichtenzuweisung im Gelände erschweren. Im Profil des Autobahn-Einschnitts überlagern z. B. marine bzw. marin-brackische Horizonte das unterste Pechkohlenflöz, bei dem hier die Unterkante der Brackwassermolasse angegeben worden ist. Mächtige Cyrenenmergel treten jedoch wenig höher auf und zeigen an, daß der Umschwung in den paläogeographischen Sedimentationsbedingungen vollzogen ist.

Gelegentlich treten mm-starke Pechkohlelagen bereits innerhalb der Marinen Baustein-Schichten auf. Abgesehen davon, daß es, wie erwähnt, noch ungeklärt ist, ob nur eingeschwemmte pflanzliche Substanz lagenweise angereichert worden ist, so treten sie doch isoliert auf.

Viele Autoren haben die Grenze an die Oberkante von Konglomeratbänken gelegt (z. B. LENSCH, 1965, Beil. 1, Profil 5). Die Abgrenzung allein nach lithologischen Kriterien ist jedoch meist nur ein Notbehelf, der immer mit großer Unsicherheit belastet ist.

Die Abgrenzung der Unteren Brackwassermolasse als selbständige Einheit auf Bl. Penzberg wird indessen mehr durch die mit ihr verzahnte Bunte Molasse erschwert. Gefleckte Gesteine stellen sich recht bald über den untersten brackischen Mergeln, wenn auch zunächst nur in geringmächtigen Lagen, ein. Sie werden nach oben hin jedoch immer häufiger, bis sie im Profil sogar überwiegen. Trotz dieser faziellen Verzahnung wurde die Schichtenfolge als Untere Brackwasser Molasse bezeichnet, da sie brackische Horizonte als wesentliche Glieder enthält.

SCHMIDT-THOMÉS Überlegungen, wie er die Verzahnung bewerten sollte, zeigen sich im Text und an Profilen (1955). Profil 7, Taf. 1 und der Text (S. 423) sprechen oberhalb der „Baustein-Schichten“ von einer „Übergangs-

zone der Unteren Süßwassermolasse“. Er hält daran auch noch im Text zum Profil des Buchberg-Grabens fest (Abb. 3, S. 425), nicht jedoch bei der Wiedergabe des gleichen Profils (Prof. 8) auf Taf. 1! Hier scheidet er unterhalb der Unteren Bunten Molasse „Untere Cyrenen Schichten“ als selbständige Einheit aus, was der hier und bereits von WEITHOFER getroffenen Darstellung entspricht.

Mächtigkeit: In der vorgenommenen Abgrenzung ist die Untere Brackwassermolasse im Südflügel der Penzberger Mulde gut 160 m mächtig. Dies entspricht auch der Mächtigkeit, die einem alten Schurfprofil bei St. Johannisrain zu entnehmen ist (vgl. LENSCH 1965: 15 und Beil. 1, Prof. 5).

Ausbildung: Die Brackwassermolasse umfaßt Ablagerungen paläogeographischer Küstenbereiche von Land und Meer. Sedimente des verbrackenden Meeres sind namengebend. Zu den charakteristischen Gesteinen gehören u. a. auch Pechkohlenflöze. Der gesamte Schichtenverband ist daher auch als Flözmolasse bezeichnet worden.

Die zyklische Ablagerungsfolge der faziell unterschiedlichen Sedimente (STEPHAN 1965) ist im Blattgebiet in der Unteren Brackwassermolasse wenig ausgeprägt, da die marinen und brackischen Glieder schwach entwickelt sind. Insgesamt finden sich nur 5 mächtige Cyrenenmergel und ebensoviel Flözhorizonte. Im Ablagerungsraum herrschte offenbar zudem ein engständiger und lebhafter Fazieswechsel. Wie erwähnt, tritt auch schon die Bunte Molasse zunehmend in Erscheinung. Im ganzen drängt sich ein Vergleich mit der faziellen Ausbildung der Unteren Brackwassermolasse der Mariensteiner Mulde auf. Sie ist dort als „Mariensteiner Haupt-Flözgruppe“ bezeichnet (STEPHAN 1965, Beil. 1) und zeigt selbst im Detail parallele Entwicklungen.

Die verschiedenen Gesteine dürften grundsätzlich so wie die entsprechenden Gesteine der Nachbargebiete ausgebildet sein. Die pelitischen Gesteine sind dort meist Dolomitmergelgesteine. Als „milde Mergel“ enthalten sie viel Ton. „Feste Mergel“ sind mehr oder weniger kalkig und sandhaltig. Im bergfrischen Zustand fest und hart zerbröckeln sie unter Witterungseinfluß. Graue Mergel finden sich häufig in marinen Horizonten, in brackischen schlägt die Farbe ins grüngraue um, die sich auch im limnischen Bereich findet. Zu den limnischen Sedimenten gehört außer der Pechkohle auch der „Stinkstein“, infolge des deutlich wahrnehmbaren bituminösen Geruchs beim Anschlagen so bezeichnet. Er ist ein spröder, splittriger, bräunlich-gelblicher bituminöser Süßwassermergelkalk. Ursprünglich als Seekreide entstanden, enthält er oft lagenweise massenhaft plattgedrückten Schnecken- bzw. Muschelschill. Er findet sich meist als bankiges Zwischenmittel innerhalb der Flözhorizonte, vertritt aber auch vertaubte Flöze. Die grauen bis hellgrauen, schwach gelblichen Mergel der terrestrischen Ablagerungen sind rotbraun-braungelb gefleckt (Bunte Molasse). Graue Tonmergel, teilweise noch bunt gefleckt, finden sich auch noch in der durch eine Tiefbohrung er-

schlossenen Unteren Brackwassermolasse der Nonnenwald-Mulde (PAULUS, 1963: 64). Im Ablagerungsbereich organischer Substanzen herrschen braune-schwarzbraune Mergel, jedoch auch tief dunkelgraue vor.

Neben Kalkmergeln gibt es Mergelkalke, die bei stärkerem Sandgehalt in sandige Kalkmergel und Mergelkalksandsteine übergehen. Die harten Kalkmergel bzw. Mergelkalke sind sehr stark vertreten. Sie bilden vorwiegend die Schichtrippen des Buchberg-Höhenrückens nördlich von Sindelsdorf.

Die feinkörnigen grauen Sandsteine sind meist kalzitisch gebundene Dolomitsandsteine mit wenig Quarz. Während das Profil des Autobahn-Einschnitts, abweichend vom Profil des Buchberg-Grabens, keine mächtigen, massigen Sandsteinbänke aufweist, stellen sich diese nach E zu mehr und mehr ein. Ein Steinbruch (R 53 150, H 89 320) zur Bausteingewinnung bestand bei St. Johannsrain innerhalb der Brackwassermolasse. Er zeigt über 12 m mächtige, hellgraue, feinkörnige dickbankige Sandsteine, deren Schichtflächen öfters wulstig ausgebildet sind; vereinzelt sind mürbe Sandsteine mit kohlgiger Substanz eingeschaltet. Der Steinbruch ist auch schon im Profil eines alten Schurfs eingetragen (LENSCH 1965, Beil. 1, Prof. 5), der in diesem Abschnitt verlässliche Anhaltspunkte für die Grenzziehung lieferte.

Eine stärkere Geröllführung in Sandsteinen bzw. eine Wechsellagerung mit Konglomeratbänken macht sich etwa im Niveau des erwähnten Baustein-Sandsteins, ca. 70–80 m über der Unterkante der Brackwassermolasse, bemerkbar. Auch unmittelbar über der Unterkante sind noch die typischen Konglomerate der Meeresmolasse anzutreffen. Ohne ausreichende Aufschlüsse läßt sich daher die Grenze im Gelände nicht immer auskartieren. Das gilt z. B. für die Quarz-Konglomerate östlich des Riederer Weihers, die oben beschrieben wurden.

Im Abschnitt St. Johannsrain-Edenhof stehen im Hauptkamm des Höhenrückens am südlichen Waldrand 3–4 m mächtige harte Sandsteinbänke mit geringmächtigen Quarz-Konglomeratlagen an, die nordöstlich Edenhof 1,20 m mächtig werden. Nach dem Geländebefund wären sie als „Grenzkonglomerate“ anzusehen, auf Grund der Profilkonstruktionen und -vergleiche sind sie jedoch höher einzustufen. Im Abschnitt nördlich Rain sind im südlichen Schichtrippenrücken ca. 5 m mächtige mittel-grobkörnige kreuzgeschichtete Sandsteine aufgeschlossen. Der nördliche Rücken zeigt in einem aufgelassenen Bruch ca. 10–15 m mächtige Bausandsteine. In einem nördlich davon gelegenen Schurf stehen 2 m mächtige Konglomeratbänke an, deren Gerölle auch hier noch überwiegend aus Gangquarzen bis 2 cm Ø bestehen.

Das Profil der Unteren Brackwassermolasse des Buchbergs auf Blatt Penzberg enthält mindestens zwei konglomeratische Horizonte. Der untere, ca. 42 m über Unterkante, bildet die Hangoberkante des Buchbergs, der obere steht erst jenseits des Buchbergkamms im Nordhang an, nach der Profilkonstruktion gut 110 m über Unterkante.

Das Profil des Autobahn-Einschnitts weist neben zahlreichen Kohleletten-Lagen drei geringmächtige Pechkohleflöze auf. Das Flöz an der Basis der Brackwassermolasse ist hier 1–5 cm mächtig. Im Abstand von ca. 32 m wurde darüber ein 0,45 m mächtiger, nahezu völlig vertaubter Flözhorizont angetroffen. Er enthält hauptsächlich Stinkstein neben geringmächtiger Kohle. Das obere Flöz aus reiner Pechkohle ist hier 13 cm mächtig. Der alte, bereits oben zitierte Schurf bei St. Johannsrain gibt 5 Flöze an, die wie die Flözhorizonte der anderen Profile in etwa ein vergleichbares Niveau einhalten.

Fossilführung: Die Brackwassermolasse zeichnet sich durch ihren Fossilreichtum aus. Ihre marinen, brackischen, limnischen und terrestrischen Horizonte enthalten jeweils spezifische Molluskenfaunen.

In einigen Horizonten wurden Ostreen und Turritellen angetroffen, die in marin-brackischen Bereichen auftreten. Ca. 65 m über der Basis der Brackwasser Molasse wurde im Profil des Autobahn-Einschnitts ein sehr charakteristischer marin-brackischer Mergel vorgefunden. Seine Bezeichnung als „*Protoma-Ampullina*-Horizont“ nimmt Bezug auf das Profil der Mariensteiner Mulde (STEPHAN 1966), in dem sich eine vergleichbar artenreiche und bezeichnende Molluskenfauna einstellt, übrigens fast genau im gleichen Niveau. Folgende Arten wurden angetroffen:

- Protoma diversicostata* (SANDBERGER)
- Ampullina (Megatylotus) crassatina* (LAMARCK)
- Murex* sp.
- Mytilus aquitanicus* MAYER-EYMAR
- Psammobia protracta* MAYER-EYMAR
- Polymesoda convexa* BRONGNIART
- Tympanotonus margaritaceus* (BROCCHI).

Mit diesem Horizont sind Schillbänke verzahnt, die fast nur *Mytilus*-Schalen enthalten, seltener *Murex*-Gehäuse und vereinzelt extrem großwüchsige Exemplare von *Tympanotonus* und *Polymesoda*.

Die brackischen Fossilhorizonte enthalten häufig und zahlreich die beiden charakteristischen Arten *Polymesoda convexa* und *Tympanotonus margaritaceus*. Zu den häufigen Arten der Cyrenenmergel gehören ferner auch hier

- Congeria basteroti* (DESHAYES)
- Psammobia protracta* MAYER-EYMAR
- Melanopsis hantkeni* HOFMANN
- Pirenella plicata plicata* (BRUGUIERE).

Die Fossilien liegen als Einzelexemplare im Mergel, häufig sind sie auch auf Schichtflächen angereichert und zuweilen eingeregelt. Angehäuft sind sie in Fossilbänken zu finden; besonders Ostreen-Bänke stellen sich ein. Einige Horizonte enthalten massenhaft Hydrobien.

Aus den „Tiefen Cyrenenschichten“ der Bohrung Königsdorf 2 zwischen 862 und 964 m u. NN in der Nonnenwald-Mulde gab PAULUS (1963: 64) *Ammonia beccarii* und brackische Ostrakoden an.

In den limnischen Ablagerungen sind u. a. *Unio* sp., *Hydrobia* sp. vertreten, sehr häufig *Radix* sp. und *Coretus cornu cornu* (BRONGNIART).

Die Landschneckenablagerungen enthalten als häufigste Arten *Pomatias antiquum antiquum* (BRONGNIART) und *Cepaea subsulcosa subsulcosa* (THOMAE).

Vorkommen: Im Südflügel der Penzberger Mulde, d. h. im Buchberg-Höhenrücken, steht diese Serie nördlich von den Marinen Baustein-Schichten an. Gut aufgeschlossen sind jedoch meist nur die harten Kalkmergel- bzw. Kalkmergelsandsteinbänke. Die charakteristischen brackischen Mergel und die Pechkohleflöze sind in den vom eiszeitlichen Gletscher ausgeschürften Senken zwischen den Geländerippen unter geringmächtiger Überlagerung anzutreffen. Sandsteine und Konglomerate bilden die Kammlagen des Buchbergs vor dem östlichen Blattrand.

4.3.1.5. Untere Bunte Molasse, oLU

Im Hangenden der Unteren Brackwasser Molasse folgen limnische und terrestrische Schichten, die gemeinhin als Untere Bunte Molasse zusammengefaßt werden. Im Blattbereich sind in ihrem unteren Teil bei der Kartierung sehr viele graue limnische Horizonte beobachtet worden. Die typischen Gesteine der Bunten Molasse, die mit ihnen auftreten, sind mehr hellgrau, gelblich-braun gefleckt. Der obere Teil der Unteren Bunten Molasse ist hingegen vorwiegend rot-bunt gefleckt. Diese Unterteilung stützt sich nur auf einige Aufschlüsse und ältere Angaben (vgl. LENSCH 1965). Sie ist im Gelände mangels geeigneter Aufschlüsse schwer zu überprüfen und wurde nicht in die geologische Karte übernommen. SCHMIDT-THOMÉ (1955, Taf. 1, Prof. 8) hat unterhalb der Brackwasser Molasse noch „Unterste Bunte Molasse“ ausgeschieden. Die untersuchten und beschriebenen Profile bieten dafür keinen Anlaß.

Abgrenzung: Schwierigkeiten bei der Abgrenzung gegen das Liegende ergeben sich aus der Verzahnung mit der Brackwasser Molasse, was bereits oben eingehend besprochen worden ist. Die Unterkante der Unteren Bunten Molasse wird hier an die Oberkante der brackischen Mergel gelegt, die das oberste Flöz überlagern. Mit dem Erreichen des Flözes O der Penzberger Liegend-Flözgruppe wird die Untere Bunte übereinstimmend mit allen anderen Autoren gegen das Hangende abgegrenzt.

Die Grenze zwischen dem unteren und dem oberen Teil der Unteren Bunten liegt nach alten Markscheiderangaben bei einem weißen, feinkörnigem Sandstein, etwa 450 m über ihrer Unterkante.

Mächtigkeit: Die Gesamtmächtigkeit im Profil Penzberg-St. Johannisrain der Penzberger Mulde beträgt ca. 1200 m. Dies entspricht sinngemäß anderen Angaben. SCHMIDT-THOMÉ (1955: 423) gibt ca. 1300 m an, jedoch incl. Unterer Brackwasser Molasse. LENSCH (1965) gibt 1050 m an, jedoch ohne 150 m, die er den „Übergangs-Schichten“ im Liegenden hinzugefügt hat. Der untere Teil der Unteren Bunten ist ca. 450 m, der obere ca. 750 m mächtig.

Ausbildung: Die Bunte Molasse hebt sich von der fossilreichen Brackwasser Molasse durch eine sehr monotone Wechselfolge meist geringmächtiger und fossilarmer Bänke aus kalksandreichen Mergeln, Sandmergeln, Kalkmergeln und mergeligen Sandsteinen ab. Diese Gesteine sind meist bräunlich-grau bis gelbgrau, auch ausgesprochen farbig, rötlich bis violett; vor allem sind sie buntgefleckt.

Der untere Teil der Unteren Bunten Molasse enthält im Autobahn-Einschnitt vorwiegend gelbbraungefleckte graue Gesteine. Immer wieder sind jedoch hier geringmächtige graue, auch dunkelgraue-dunkelgrünlichgraue milde Mergel eingeschaltet, die in dieser Anhäufung für die Bunte Molasse nicht typisch sind. Ganz offensichtlich verzahnt sich hier Untere Bunte mit Unterer Süßwasser bzw. Brackwasser Molasse, die nach Osten zunehmend sich einstellt. Bereits im Nordhang des Buchbergs (ca. R 62 06, H 91 05) treten etwa 150 m oberhalb der Basis der Unteren Bunten unvermittelt stark sandige brackische Mergel mit *Psammobia*, *Tympanotomus* und vereinzelt *Protoma* sowie feinkörnige Sandsteine und graue, gut geschichtete, stark sandige Tonmergel mit mariner Fauna auf. Die Aufschlüsse im Liegenden (oberhalb im Graben) und im Hangenden (unterhalb in mehreren Gräben erschlossen) enthalten durchwegs Gesteine der Bunten Molasse, so daß im gesamten Nordhang des Buchbergs ansonsten ein „normales“, ungestörtes Schichtenprofil ansteht. Unter dieser Voraussetzung könnten die hier anstehenden brackischen und marinen Lagen mit solchen der Philipp-Flözgruppe in der Haushamer Mulde korreliert werden. Auf die fazielle Umstellung im Bereich des Buchbergs deuten z. B. auch mächtige, zahlreiche Blattreste führende Sandsteine hin, die auch als Bausteine gebrochen worden sind und jenseits des östlichen Blattrandes liegen (WEITHOFER 1903: 59), wo auch sie zur Unteren Bunten gestellt wurden.

Als mögliche stratigraphische Äquivalente bieten sich der obere Teil der Liegend-Flözgruppe, die Philipp-Flözgruppe und die Großkohl-Kleinkohl-Flözgruppe der Haushamer Mulde an. Sie sind zusammen etwa so mächtig, wie der untere Teil der Unteren Bunten Molasse in der Penzberger Mulde. LENSCH (1965) wies bereits ebenfalls auf die nicht übliche Ausbildung der Unteren Bunten hin. Er zitierte alte Schurfaufnahmen, die für den entsprechenden Profilschnitt des Autobahn-Einschnitts gelbe und blaugraue, glimmerige feste Sandsteinbänke, abwechselnd mit kohle- und fossilführenden Mergeln angeben. Der untere Teil der Unteren Bunten besteht nach den Schurfaufnahmen in den oberen 140 m aus gelblichen Sandsteinen. Ein knapp 10 m

mächtiges Konglomerat bildet ihr Liegendes, ein knapp 5 m mächtiger weißer feinkörniger Sandstein das Hangende.

Es kann daher nur der obere Teil der Unteren Bunten Molasse mit LENSCH als eigentliche Bunte Molasse bezeichnet werden. Die Untertageaufnahmen des Markscheiders Schluge vom Jahr 1890 geben für diesen Teil rot-buntgefleckte harte Mergel, Sandmergel und Sandsteine an.

Fossilführung: Graue-dunkelgraue Mergelhorizonte mit Landschnecken stellen sich wiederholt im Profil des Autobahn-Einschnitts ein. Seltener sind graue-dunkelgraue Mergelhorizonte mit einer limnischen Gastropodenfauna. Die terrestrischen wie die limnischen Mergel sind durchwegs sehr geringmächtig (-0,3 m). Ein 1,4 m mächtiger dunkelgrauer milder Mergel mit limnischen Arten, darunter *Radix* sp. und *Coretus* sp., bildet daher einen besonders auffälligen Horizont des Profils. Im Verband mit limnischen Horizonten treten u. a. auch kohlige, tonig-schiefrige Lagen auf. Kohleschmitzen, jedoch keine durchgehende Kohlelage, sind ebenfalls in diesen Lagen beobachtet worden. HÖLZL (1957: 29) erwähnt das seltene Vorkommen von *Sphaerium oepfingense* (KLEIN) in der Unteren Bunten. Im oberen Teil der Unteren Bunten wies HÖLZL *Pomatias antiquum* (BRONGNIART), *Cepaea subsulcosa* (THOMAE), *Triptychia (Triptychia) escheri* (SANDBERGER), *Radix* sp. sowie Reste von Schildkröten nach. Die Vorkommen brackischer und mariner Fossilien am Buchberg wurden oben erwähnt. Nach PAULUS (1963: 64) enthielten die Mergelproben einer Tiefbohrung nur Characeen.

Vorkommen: Westlich der Loisach steht die Untere Bunte Molasse der Penzberger Mulde im Nordhang des Buchberg-Höhenrückens im Anschluß an Vorkommen der Brackwasser Molasse ohne Überlagerung häufig an. Sie bildet beidseitig von Johannesberg ein Feld von Schichtrippen im Randgebiet der Moorniederungen. Östlich der Loisach sind die Aufschlüsse zunächst spärlich. Im Bachbett an der Sägemühle bei Ramsau finden sich gelbe, bunt gefleckte Mergel. Im Nordhang des Buchbergs liegen weit verbreitete Vorkommen. Ein von SE (R 62 28, H 90 84) nach NW verlaufender tief eingeschnittener Graben enthält die besten Aufschlüsse. Im oberen Grabenteil sind in harten, grauen, mit 48–52° N-einfallenden Kalkmergel- und feinkörnigen Kalksandsteinbänken graue Mergelsteine eingebettet, deren Schichtung durch bis 4 cm mächtige harte Sandsteinlagen hervorgehoben wird. Unterhalb folgen im Graben stark gelbbraun gefleckte Kalkmergel. Vor Erreichen des Waldrandes stehen die oben beschriebenen brackischen und marinen Lagen an. Der tiefere Teil des Buchberghangs ist von Schutt bzw. Moräne bedeckt, doch steht in Gräben die Untere Bunte in der typischen Ausbildung auch hier noch an. In beiden Gräben östlich des Hofes Hammerl sind z. B. mit 30° N-einfallende feinstsandige Kalkmergel aufgeschlossen. Sandsteine treten hier fast ganz zurück.

Die Untere Bunte steht noch einmal im Kern der Penzberger Mulde und in einem schmalen Streifen zwischen der Penzberger und der Nonnenwald-Mulde sowie in dieser selbst an, ist jedoch selten gut erschlossen. Die Darstellung der Kartierungsbefunde auf der Karte mußte weitgehend auf Untertageaufschlüsse des Bergbaus zurückgreifen, der mehrfach die obersten Horizonte angefahren hat. Das westlichste Vorkommen am Bahnwärterhaus beim Sonnen-Berg ist schon von ROTHPLETZ (1917: 258) erwähnt worden. Beim Autobahnbau zeigte es sich, daß der Sockel des Sonnen-Bergs ringum aus Bunter Molasse besteht, die bei E-W-Streichen mit $71-73^\circ$ nach S einfällt. Es fanden sich hier hellgraue Mergelfeinstsandsteine, milde graue braungefleckte Mergel, graue-gelbliche mittelkörnige Sandsteine und braun verwitterte violettgefleckte sandige Mergel sowie tief verwitterte rötliche und gelbe Mergel. Östlich der Loisach ist jeweils in den Gräben südlich bzw. nördlich von Podling an einigen Stellen steilstehende, tief verwitterte Untere Bunte gerade noch unter der quartären Bedeckung angeschnitten. Die Bohrung Königsdorf 2 hat bis 862 m u. NN im Südflügel der Nonnenwald-Mulde vorwiegend graue Tonmergel mit bräunlichen, grünlichen und violettroten Flecken, untergeordnet Kalksandsteine angetroffen. Nördlich bzw. nordöstlich von Höfen stießen Aufschlußbohrungen südlich der Randstörung auf tektonisch stark gestörte, buntgefleckte grünlichgraue, schwach feinstsandige Tonmergel. Im Hinblick auf die Ergebnisse der nahegelegenen Forschungsbohrung Höfen dürften sie dem oberen Teil der Unteren Bunten Molasse angehören.

4.3.1.6. Penzberger Liegend-Flözgruppe

Die Brackwasser Molasse zwischen der Unteren Bunten Molasse und dem Unteren Sand wird als Penzberger Liegend-Flözgruppe (STEPHAN 1965) bezeichnet; mit ihr beginnt die Obere Brackwasser Molasse („Obere Cyrenenschichten“, bzw. nur ihr unterer Teil). Diese Flözgruppe enthält die Flöze 0–24 gemäß der Numerierung des Bergwerks, die vom Liegenden zum Hangenden geht. Das Profil der Flözgruppe ist übertage spärlich erschlossen. Seine Darstellung beruht daher weitgehend auf Aufnahmen des Markscheiders Schluge a) im Schurfstollen bei Brandl (südwestlich Schönrain), Südflügel der Nonnenwald-Mulde, Bereich 36,7 m oberste Untere Bunte Molasse und anschließend Flöz 0–12, b) im Hauptquerschlag durch die Nonnenwald-Mulde, Tiefbausohle IV., Bereich Flöz 3–20, c) im Hauptquerschlag durch den Nordflügel der Nonnenwald-Mulde, Tiefbausohle I., Bereich Flöz 18–Unterer Sand, d) im Untersuchungsquerschlag Bernwies.

Abgrenzung: Als Unterkante wird traditionell Flöz 0 gewählt, über dem z. T. recht mächtige Cyrenenmergel einsetzen. Oben schließt die Flözgruppe ab, sobald der Untere Sand erreicht ist.

Mächtigkeit: Die aus den Stollenprofilen in der Penzberger und in der Nonnenwald-Mulde ermittelte Gesamtmächtigkeit schwankt zwischen 330 und 345 m.

Ausbildung: Die älteren Bergbau-Unterlagen mit ihren Angaben sind bereits von LENSCH (1961, Beil. 1, Prof. 4) und STEPHAN (1965, Beil. 2, Prof. 2) ausgewertet worden. Danach stellen sich in den unteren 90 m wiederholt brackische Mergel bzw. Sandsteine ein. Es folgt ein ca. 140 m mächtiger fossilärmer Abschnitt; nur in seinem Mittelteil wird ein ca. 5 m mächtiger Cyrenenmergel aufgeführt. Im oberen Abschnitt stellen sich dann wiederum brakische Horizonte ein, die jedoch erst oberhalb des Flözes 22 sehr mächtig werden. Hier ist auch ein mariner Horizont verzeichnet. Die Flözgruppe schließt im Ostteil der Nonnenwald-Mulde unmittelbar im Liegenden des Unteren Sandes mit einem weiteren marinen Horizont ab.

Der untere Abschnitt war während der Kartierung im Stadtgebiet von Penzberg durch Bohrungen und in einer Baugrube (Realschule) aufgeschlossen, in der ein etwa 70 m mächtiges, allerdings lückenhaftes Profil aufgenommen werden konnte. Es enthielt übereinstimmend mit den Untertage-Profilen mächtige, teilweise sehr fossilreiche graue Mergel mit *Polymesoda convexa*, *Psammodia protracta*, *Tympanotonus margaritaceus* u. a. Ein Horizont mit sehr vielen Cardien könnte einen stärkeren marinen Einfluß in diesem Niveau anzeigen. Die milden Mergel gehen durch Sandaufnahme z. T. in sandige Mergel und Sandmergel über. Insgesamt wurden hier nur drei Sandsteinbänke beobachtet: im tiefsten Teil ein ca. 1,2 m mächtiger hellgrauer feinkörniger Sandstein, im oberen ein 0,70 m mächtiger grauer harter Kalksandstein sowie ein über 1,4 m mächtiger mergeliger Sandstein.

Die Bergwerksunterlagen gehen meist nur auf die Ausbildung der Flözhorizonte detaillierter ein.

Flöz 3 war in der Penzberger Mulde bei gleichbleibender Mächtigkeit besser als in der Nonnenwald-Mulde ausgebildet (WEITHOFER). Hier wies es im West- und Mittelfeld des Südflügels immerhin noch 50 cm Kohle auf, während nach E hin sich zunehmend Stinksteinbänke einschalteten. Im Nordflügel enttäuschten die Abbauversuche (GEISSLER). Sandsteine bilden hier das Liegende des Flözes, während \pm sandige Mergel ihre Stelle im Südflügel einnehmen. Ein auffallend fossilärmer Mergel stellt sich überall im Hangenden ein.

Flöz 12 war gleichfalls in der Penzberger Mulde am besten entwickelt (WEITHOFER). In der Nonnenwald-Mulde enthält es als charakteristisches Merkmal viele \pm starke Stinksteinbänke, die zusammen oft so mächtig (50–55 cm) wie die Kohle sind. Im Bereich des Muldenbodens spalteten limnische Mergel und eine mit Sand aufgefüllte Rinne zudem das Flöz auf, dessen Nebengestein meist als relativ sandarmer Mergel entwickelt ist (GEISSLER).

Flöz 16, das in der Nonnenwald-Mulde ganz vertaubt ist, war das Hauptflöz für den Abbau in der Penzberger Mulde (WEITHOFER 1918: 61). Von hier beschrieb WEITHOFER (S. 32) aus dem Südflügel fossile Trockenrisse. Sie umschließen unmittelbar im Liegenden des Flözes ca. 25 cm (im \emptyset) große Fel-

der. Die Risse in der mergeligen limnischen Liegendbank waren mit dunklem Mergel und limnischen Fossilresten aufgefüllt. Unmittelbar im Dach des Flözes kommen *Polymesoda*- und *Tympanotonus*-Schalen reichlich vor.

Flöz 20 war wie die oben genannten 3 Flöze im S besser als im N ausgebildet. Erst bei den folgenden Flözen unter dem Unteren Sand ist die Kohleführung in der Nonnenwald-Mulde weitaus besser.

Flöz 22 (Flöz „Haber“) enthielt auf beiden Flügeln der Nonnenwald-Mulde durchschnittlich 60–70 cm Kohle und etwa ebenso viel Bergmittel (meist Stinkstein). Eine rund 80 m breite, NE–SW-verlaufende Rinne, aufgefüllt mit limnischen, lichtgrauen tonigen Mergeln, spaltete auch dieses Flöz örtlich auf.

Flöz 23 (Flöz „Schöller“) mit durchschnittlicher Kohleführung ist nur in der Nordmulde abgebaut worden. Das trifft auch für Flöz 24 (Flöz „Fohr“) zu, das lange Zeit das tragende Flöz war und auf 2,5 km im Streichen vollständig abgebaut worden ist. Der Horizont enthielt ca. 60 cm Kohle und 40 cm vorwiegend Stinkstein; sehr quellfähige Mergel begleiteten ihn im Hangenden und im Liegenden.

Fossilführung: Mit der Brackwasser Molasse kehrt auch ihre reiche typische Fauna wieder, die allerdings auch hier nicht systematisch untersucht worden ist. Zu den häufigen brackischen Arten zählen auch hier u. a.:

Congeria basteroti (DESHAYES)
Polymesoda convexa (BRONGNIART)
Psammobia protracta (MAYER-EYMAR)
Melanopsis hantkeni HOFMANN
Pirenella plicata (BRUGUIERE)
Tympanotonus margaritaceus (BROCCHI).

Außerdem konnten nachgewiesen werden:

Melanooides winkleri (MAYER-EYMAR)
Potamides cf. lamarcki (BRONGNIART)
Pirenella plicata galeotti (NYST).

Im marin-brackischen Milieu treten auf:

Anadara gümbeli MAYER-EYMAR
Arca (Cunearca) gümbeli MAYER-EYMAR
Ostrea cf. cyathula LAMARCK
Ostrea cf. plicata (BRUGUIERE) var.
Corbula carinata DUJARDIN
Mytilus aquitanicus MAYER-EYMAR
Pitaria (Cordiopsis) polytropa ANDERSON.

Limnische Fossilien treten vor allem in den Begleitschichten der Flöze bzw. kohleführender Lagen auf. Nachgewiesen wurden u. a.

Unio sp.
Radix sp.
Hydrobia sp.

Hydrobia cf. obtusa (SANDBERGER)

Coretus cornu (BRONGNIART) var.

Hier sind außerdem immer wieder Reste von Krebscheren, Fischen und Characeen zu finden.

Pomatias antiquum (BRONGNIART) und *Cepaea subsulcosa* (THOMAE), häufige Formen in der Unteren Bunten Molasse, treten auch hier in terrestrischen Lagen auf, aus denen auch *Grewia crenata* (UNGER) bekannt geworden ist.

Aus dem Flöz 20 wurde ein Zahn von *Anthracotherium magnum* CUVIER geborgen. Die chattische Leitform *Plebecula ramondi* (BRONGNIART), aus einem „Stinkkalk bei Penzberg“, und ihr Zusammenvorkommen mit diesem Zahn dürfte die Alterszuweisung der Fundschichten unterstreichen (ZÖBELEIN 1953: 128 f.).

Eine marine Fauna in den Horizonten oberhalb von Flöz 22 wird vermerkt, jedoch ohne weitere Angaben. Hingegen hat HÖLZL aus dem marinen Horizont an der Oberkante der Flözgruppe 14 Arten bestimmt (s. Fossilliste), mit hin mehr als im Unteren Sand.

Blattreste wurden während der Kartierung in grauen stark sandigen Mergeln des unteren Abschnitts gefunden, Treibholzreste in einem anderen Horizont. Aus limnischen Lagen erwähnte HÖLZL ferner Blätter von *Cinnamophyllum cf. scheuchzeri* (HEER).

Weitere Arten aus der „Oberen Brackwasser Molasse“ sind ohne genaue Fundortangabe veröffentlicht worden. Nach HÖLZL (1957: 65; 1962: 112) ist z. B. *Tellina langeckeri* HÖLZL in den „Cyrenenschichten“ der Nonnenwald-Mulde sehr verbreitet. Seine Angabe kann sich mithin auch auf die Schwaiger Schichten beziehen. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, daß die bekannten häufigen Arten als Durchläufer auch in der Unteren Brackwasser Molasse vertreten sind.

Vorkommen: Die Penzberger Liegend-Flözgruppe bildet u. a. den Kern der Penzberger Mulde, der das Stadtgebiet von Penzberg quert. Die Flözgruppe ist hier in Baugrundaufschlüssen gelegentlich immer wieder zu beobachten. Am Ostende der Nonnenwald-Mulde stehen im Graben bei Brandl und in dem nach S folgenden Graben steil stehende Schichten an, die durch Bergbauschürfe näher untersucht worden sind. Am besten aufgeschlossen ist der 200 m südlich von Brandl liegende Graben, in dessen Hang fossilreiche Schillbänke austreichen sowie Mergel mit den charakteristischen brackischen Mollusken, die hier den untersten Teil der Flözgruppe bilden. Bei Brandl ist das Flöz 12 erschürft worden. – Untertage ist die Flözgruppe an beiden Enden des Querschlags vom Untersuchungsschacht Bernwies angetroffen worden. Die Forschungsbohrung Höfen traf 150–160 m südlich der Randstörung hellgraue feinkörnige Sandsteine und Kalkmergelsandsteine mit Mergelzwischenlagen an. Die Schichten fallen hier mit ca. 55° ein, sind

teilweise von Störungsflächen durchsetzt und gehören nach der Profilkonstruktion zum untersten Teil der Penzberger Liegend-Flözgruppe.

4.3.1.7. Unterer Nonnenwald-Sand – Schwaiger Schichten – Oberer Nonnenwald-Sand

Beide Sande, der Untere und der Obere Nonnenwald-Sand, unterscheiden sich von allen anderen Sandsteinen der Subalpinen Molasse deutlich durch ihre Zusammensetzung und ihr Aussehen. Sie stellen daher ausgezeichnete Leithorizonte dar (WEITHOFER). Es hat sich allerdings gezeigt, daß selbst diese lithologischen „Leithorizonte“ bei der Übertragung auf Nachbargebiete Anlaß zu falschen Schichtparallelisierungen gegeben haben. WEITHOFER (1899: 274; 1920: 57) hatte die beiden „Quarzsande“ dem 1. und 2. Sand von Peißenberg gleichgesetzt. Andere Autoren folgten ihm, bis LENSCH (1961) die bis dahin gültige Korrelation zur Diskussion stellte. KRAUS und PAULUS (1962) und PAULUS (1963) wiesen schließlich nach, daß der Untere Nonnenwald-Sand nicht dem 1. Sand von Peißenberg entspricht. Die frühere Bezeichnung „Glassande“, jeweils für den gesamten Horizont, wurde aufgegeben, weil dies lithologisch nur eingeschränkt zutrifft und die Hinzufügung einer Ortsbezeichnung notwendig und zweckmäßig ist. Der Name Nonnenwald-Sand findet sich bereits bei KRAUS und PAULUS, GILLITZER (1964) und MÜLLER (1970); er ist im Hinblick auf die Hauptverbreitung beider Sande in der Nonnenwald-Mulde angebracht. Im Text der Erläuterungen beziehen sich die Abkürzungen Unterer bzw. Oberer Sand ausschließlich auf den Unteren bzw. Oberen Nonnenwald-Sand des Blattgebietes.

Die Bezeichnung Schwaiger Schichten für die brackische Schichtengruppe zwischen beiden Sanden geht auf WEITHOFER (1899: 282; 1914: 73/74) zurück. Die namengebenden Höfe bei Schwaig liegen östlich von Promberg.

Abgrenzung: Die beiden Sandhorizonte, die jeweils einen Meeresvorstoß aus dem Osten anzeigen, bilden charakteristische Grenzhorizonte gegenüber den brackischen Schichtfolgen. Lediglich der Obere Sand hebt sich nur lithologisch von den marinen Mergeln der Promberger Schichten im Hangenden ab. Die Schwaiger Schichten liegen zwischen beiden Sanden und enthalten die Flöze 25–32 nach der Numerierung des Bergwerks.

Mächtigkeit: Der Untere Sand ist in der Penzberger und in der Nonnenwald-Mulde etwa 30–40 m mächtig. Von den Schwaiger Schichten sind im Kern der Penzberger Mulde nur 50–60 m (ZÖBELEIN 1957: 24) erhalten; in der Nonnenwald-Mulde werden sie ca. 200 m mächtig. Hier ist auch der Obere Sand mit einer Mächtigkeit von ca. 30 m voll ausgebildet.

Ausbildung: Untersuchungen des Mineralbestandes (ANDRÉE 1936, WIESENER 1943) ergaben, daß sich beide Sande von anderen Sandsteinen der Subalpinen Molasse dadurch unterscheiden, daß sie karbonatarm bzw. -frei sind und reichlich opake Mineralien, sowie vor allem Zirkon und Andalusit ent-

halten. Die Sedimentzufuhr mußte nach diesen Ergebnissen (vgl. LEMCKE 1967, FÜCHTBAUER 1964: 234, u. a.) auch von N (kristalline Gesteine des Mol-danubikums) erfolgt sein. Am Ausbiß verwittern die „eigenthümlichen Quarzsandsteine“ (WEITHOFER) zu losem Sand; daher die Namengebung. Hellweiße Farben verleihen beiden Sanden ein auffallendes Aussehen. Dies geht teilweise auf Kaolinbeimengung (WEITHOFER) zurück und vor allem darauf, daß helle Mineralien (überwiegend Quarz neben Feldspat) und aufgearbeitete Schalenreste von Mollusken in einer mehlig-weißen Silt-Ton-Fraktion unregelmäßig verteilt beigemischt sind. Beide Sandhorizonte sind im Gesamtprofil nicht durchgehend einheitlich ausgebildet.

Der Untere Sand steht am Nordrand des Bl. Penzberg westlich der Loisach in mehreren „Quarzbichln“ an, deren Aufschlüsse zugänglich und mehrfach beschrieben worden sind. ZIMMERLE (1964) hat ihn hier, soweit erschlossen, sedimentpetrographisch untersucht und die dabei geborgenen Fossilreste von HÖLZL bestimmen lassen. Nach den Untersuchungen von ZIMMERLE liegt eine Orthoquarzit-Subarkose (nach PETTJOHN 1957) mit untergeordnetem Feldspatgehalt (Orthoklas > Plagioklas) und Bruchstücken silikatischer Gesteine vor. Glimmer, Chlorit und Glaukonit sind in Spuren vertreten. Die Feldspäte sind nicht in Kaolin umgebildet. Detritische Karbonatkörner, sonst meist die Hauptkomponente der Molassesandsteine, fehlen. Der Schwermineralgehalt beträgt im hellen Sand 0,01–0,6 Gew. %. Die staubartige Silt-Ton-Fraktion des Sandes besteht nach Röntgenuntersuchungen hauptsächlich aus Quarz, untergeordnet aus Feldspat, Illit, Chlorit und Kaolinit. Der sehr unregelmäßig verteilte Anteil von primärer Matrix und sekundärem Zement ist sehr gering.

Die Schwermineralien sind in dunklen 1–10 mm starken Lagen angereichert (bis zu 50 Gew. %). Die Konzentrate haben als Hauptgemengteile Ilmenit und Magnetit, als Nebengemengteile Zirkon, Monazit, Xenotim, Granat, Andalusit, Turmalin, Rutil, Staurolith, Cyanit, Epidot, Titanit, Hornblende, Topas, Dumortierit, Chloritoide, braunen und grünen Spinell.

Im Sand kommen gelegentlich konglomeratische Horizonte (Kgr. max. 37 mm) vor. Sie enthalten über 80% gerundete Quarze sowie andere kristalline Komponenten. Nicht selten sind die Gerölle einzeln oder linsenförmig angereichert. Neben Kalksandsteinkonkretionen finden sich im Sand einzelne Linsen, in denen Biotit, verwitterte Biotite und Muskowit in einer Menge bis zu 5 Gew. % angereichert sind. Linsenförmige Tonlagen enthalten Quarz, Feldspat, Muskowit, Illit, Chlorit, Kaolinit und Calzit sowie gröberkörnige Quarz- und Feldspat-Anteile.

Die Sande sind vorwiegend mittel-grobkörnig und schwach sortiert. Siebanalysen ergeben eine ungewöhnliche Kornverteilung, weil die meisten Körner, was im Schliffbild deutlich wird, vor der Verfestigung des Sandes zerbrochen sind. Der Sand ist bankweise horizontal feingeschichtet oder kreuzge-

schichtet. Die primären Ablagerungsstrukturen wechseln sehr rasch sowohl horizontal wie vertikal; sie weisen auf sehr unruhige Sedimentationsverhältnisse hin. Marine Mollusken, die HÖLZL (s. u.) bestimmte, treten zusammen mit Formen auf, die aus marin-brackischen und brackischen Bereichen bekannt sind. Eine derartige Vergesellschaftung kann paläogeographisch durchaus einer Küstenregion zugeordnet werden, deren Sande intensiv aufgearbeitet und sortiert worden sind. Die Einschwemmung fremden Materials zeigt sich auch am Vorkommen kohligter Pflanzenbestandteile (Pflanzenreste, Pollen, Sporen). Sie finden sich ebenso wie die eingeschwemmten Mollusken zerstreut oder lagenweise im Sand angereichert. Mit ZIMMERLE sind die hier beschriebenen Teile des Unteren Sandes daher als typische Küstensande des chattischen Meeres zu bezeichnen.

Nach WEITHOFER (1899: 271) lassen sich im Gesamtprofil des Unteren Sandes zwei Bänke erkennen, eine untere dunklere graugelbe und eine obere hellere weißgraue.

In einer Baugrube konnte (R 53 80, H 91 12) während der Kartierung ein Profil aufgenommen werden, das u. a. die E-W-streichenden, stark überkippten, mit 66° nach S einfallenden oberen Horizonte des Unteren Sandes erfaßte. Die untere Hälfte des erschlossenen Sandes (ca. 15 m) besteht hier aus einem auffallend harten blaugrauen Sandstein, der Sandsteinen der Bausteinschichten im Aussehen ähnelt. Die folgenden 5,4 m zeigten überwiegend lockere, weißgraue fein-grobkörnige Sande mit stark kohleführenden Sandlagen und einem 4 cm mächtigen, von Sandlagen durchsetzten Kohleflöz. Die oberen Lagen besonders enthielten zerstreut viele Holzreste, die in einem Horizont auch angereichert vorkamen. Zuoberst wurden kreuzgeschichtete fossilführende Sande beobachtet. Mit einem 1,7 m mächtigen, grobkörnigen, gebankten hellweißen Sandstein schloß der Untere Sand ab. Darüber folgte ein 4,8 m mächtiger massiger, heller feinkörniger Müßsandstein, der evtl. noch dem Unteren Sand zugerechnet werden kann.

Der Untere Sand ist auch im Ostteil der Nonnenwald-Mulde vom Untersuchungsschacht Bernwies querschlägig angefahren worden (SCHMIDT-THOMÉ 1955: 426 und Taf. 1, Prof. 8). Dieser Aufschluß in der Muldenmitte liegt nur ca. 1 km vom östlichen Blattrand entfernt. In der streichenden Verlängerung nach E liegt ca. 5 km weiter der Fundort der Roßwieser Schichten an der Isar, die „in der engsten Nachbarschaft des Unteren Glassandes“ (PAULUS 1963: 73) liegen. SCHMIDT-THOMÉ und später auch HÖLZL gehen leider nur auf die Fossilführung (s. u.), jedoch nicht näher auf die lithologische Ausbildung des Sandes im Bernwieser Querschlag ein.

Die Schwaiger Schichten mit den Flözen 25–32 sind ein typisches Glied der Brackwasser Molasse, deren Ausbildung zuvor beschrieben worden ist. Die untersten 44 m waren im Anschluß an den Unteren Sand in der oben erwähnten Baugrube ebenfalls aufgeschlossen. Der 0,30–0,35 m mächtige Flözhorizont an der Basis, der zuoberst aus Stinkstein mit limnischen Fossilien be-

steht, wird unmittelbar von einer marinen Schillage mit Ostreen und anderen dickschaligen Muscheln überlagert. Darüber folgen marin-brackische Mergel mit einer sehr individuen- und artenreichen Molluskenfauna (*Anadara* sp., *Mytilus* sp., *Cardium* sp., Pirenellen, *Psammobia* sp., u. a.). Nach oben zu werden die Mergel brackisch, schließlich limnisch. Die folgenden Sedimentzyklen des Profils enthalten neben weiteren Flözhorizonten gut 12 m über der Basis nochmals eine marin-brackische Schillage mit *Ostrea* sp., *Mytilus* sp., u. a., sowie sehr großwüchsigen Exemplaren von *Polymesoda* und *Tympanotonus*. Ca. 37 m über der Basis stellt sich ein ca. 0,70 m mächtiger Flözhorizont ein, das Flöz 25, mit dem das Bergwerk seine Numerierung fortsetzte. Sein unterer Teil enthält mehrere Stinksteinbänke, sein oberer ist mehr mergelig-letting entwickelt. Sein Kohleanteil insgesamt liegt < 10 cm. Unmittelbar im Hangenden stellen sich auch hier sehr fossilreiche graue Cyrenenmergel mit bis 12 cm mächtigen Schillagen ein, die vorwiegend *Polymesoda* und *Tympanotonus* enthalten. Das Flöz war nur im Nordflügel der Nonnenwald-Mulde mit < 40 cm Kohle abbauwürdig. Bei Bernwies tritt eine *Mytilus*-reiche Lage ebenfalls unmittelbar im Hangenden des Flözes auf. Graue Sandsteine mit Konglomeratlagen stellen sich hier zwischen den Flözen 25 und 26 ein.

Flöz 26, 5–8 m über Flöz 25, war das Hauptflöz der Schwaiger Schichten, im Schnitt 55–60 cm mächtig, im Westfeld des Südflügels sogar rund 70 cm. Es enthielt meist seltener als die anderen Flöze Zwischenmittel, allerdings auffallend viel *Coretus*-Kalkschalen und ist daher ungewöhnlich aschereich (15–18% i. wf.). Unmittelbar im Hangenden stellt sich eine charakteristische Cyrenenbank ein und stellenweis sind zudem postsedimentäre Auswaschungen angetroffen worden, die mit fossilführenden brackischen Mergeln aufgefüllt worden sind.

Flöz 28, ca. 36 m über Flöz 26, wurde mit knapp 60 cm Kohle nur im Nordflügel abgebaut. Flöz 29, ca. 35 m über Flöz 28, war das jüngste bauwürdige Flöz des Penzberger Reviers, allerdings nur örtlich im Nordflügel der Nonnenwald-Mulde.

WEITHOFER (1915: 32) wies bereits eigens darauf hin, daß Brackwassereintrübe die Moorbildung beim Flöz 25 jäh beendet haben, so daß sich die typischen Brackwasserfossilien bereits im Dach des Flözes finden. Die oben beschriebenen Sedimentzyklen lassen nicht nur hier, sondern mehrfach Zäsuren erkennen, bei denen die Sedimente jäh wechseln. Es ist bezeichnend, daß dies im Hangenden des Unteren Sandes geschieht, der die Brackwasser-Zyklen ungewöhnlich unterbricht.

Mit Annäherung an den Oberen Sand enthalten Mergel der Schwaiger Schichten eine niedermarine Mikrofauna und z. T. sogar eine großwüchsige Foraminiferenfauna, die faunistisch die Promberger Schichten vorwegnehmen (S. 120). Bisher war nur die mächtige brackische Ausbildung im oberen Teil der Schwaiger Schichten bekannt (STEPHAN 1965, Beil. 2, Prof. 2). Die

seinerzeit ausgewerteten Markscheider-Aufnahmen enthielten keine Hinweise auf das Vorkommen mariner Faunenhorizonte. Umso mehr mußten marine Einschlüsse in den entsprechenden Schichten des Peißenberger Ostfeldes auffallen (STEPHAN l. c., Prof. 1). Der damit angedeutete Gegensatz zwischen einer stärker marinen Ausbildung im W gegenüber einer rein brackischen im E widerspricht jeder Erfahrung. Wie sich zeigt, beruhte er nur auf mangelhafter Profilkenntnis. Die oberen Schwaiger Schichten enthalten dort wie hier nicht nur mächtige brackische Horizonte, sondern auch marine Einschübe.

Hier ist daran zu erinnern, daß sich marine Faunenhorizonte auch in der Penzberger Liegend-Flözgruppe mit Annäherung an den Unteren Sand einstellen, besonders in dem oben erwähnten marinen Mergel an der Oberkante der Gruppe. Bei der Deutung der Umstände, die zur Bildung der Sande führten, darf daher auch die fazielle Entwicklung der umgebenden Sedimente nicht übersehen werden. Auch die Häufung von Brackwassereintrüben im unteren Teil der Schwaiger Schichten ergänzt das Gesamtbild der Entwicklung.

Der Obere Sand wurde bisher nicht näher untersucht. Er besteht nach WEITHOFER (1899: 271) aus zwei Bänken, die meistens durch ein nicht unerhebliches mergeliges Zwischenmittel getrennt sind, das nahe der Hangendbank meist ein Kohleflöz wechselnder Mächtigkeit enthält. Der Hauptquerschlag im Südflügel der Nonnenwald-Mulde traf ein Flözchen an der Basis der Hangendbank an. Die Liegendbank wurde hier nicht angefahren, wohl infolge tektonischer Störungen. Im Nordflügel wurden aber wieder beide Bänke vorgefunden, die hier durch brackische Mergel mit einem Flözhorizont getrennt sind. Der Querschlag 1 Ost, ca. 3,5 km weiter östlich, traf am Südflügel gleiche Verhältnisse an.

Fossilführung: Widersprüchliche Angaben über die Fossilführung beider Sande finden sich im Schrifttum. WEITHOFER bezeichnete sie als brackische Einschaltungen, die sich von der umgebenden Brackwasser Molasse nur lithologisch unterscheiden. Als Ausnahme hebt er den obersten Teil des Oberen Sands hervor, der mit Annäherung an die Promberger Schichten ebenfalls schon eine marine Fauna enthält (1899: 270/1, 282). Auf Grund eigener Begehungen betonte auch ZÖBELEIN (1957: 46/1) nachdrücklich die Angaben WEITHOFERS.

SCHMIDT-THOMÉ hingegen hob die paläogeographische Sonderstellung der Sande hervor und bezeichnete sie als marine Vorläufer der Promberger Schichten. In Anlehnung an die benachbarten marinen Roßwieser Schichten, die etwa als stratigraphisches Äquivalent des Unteren Sandes gelten, verwies er auf die Fauna im Querschlag des Untersuchungsschachts Bernwies. KRAUS und PAULUS (1962: 784) bezeichneten den Unteren Sand nach einer Angabe SCHMIDT-THOMÉS daher als marin-brackisch, ebenso ZIMMERLE (1964), ob-

gleich er mittels lithologischer Untersuchungen den Sand als typische Strandablagerung nachgewiesen hatte.

Aus verschiedenen Gründen wird hier die Fossilführung der Sande nicht generell, sondern auf die verschiedenen Fundorte bezogen wiedergegeben.

Unterer Sand: HÖLZL hat die in den Querschlügen des Untersuchungsschachts Bernwies aufgesammelten Fossilien bestimmt. Die von ihm in einer Liste zusammengefaßten „marin-brackischen Faunen“ sind dann von SCHMIDT-THOMÉ (1955: 426) veröffentlicht worden. Die Liste enthielt keinen Hinweis auf die genaue Fundstelle. Selbst ergänzende Hinweise von HÖLZL (1957, 1962) geben mit einer Ausnahme sinngemäß nur „Untersuchungsquerschlag Bernwies“ als Fundort an. In der Folge sind die „marin-brackischen Faunen“ ganz für den Unteren Sand bei Bernwies vereinnahmt worden.

Die Querschlüge im Untersuchungsschacht haben jedoch auch die unteren sehr fossilreichen Schwaiger Schichten angefahren. Es ist nicht vorstellbar, daß HÖLZL als leidenschaftlicher Fossilsammler nicht auch hier die besten Belegstücke entnommen hat. Ein Teil der aufgesammelten Fossilien stammt gewiß aus den Schwaiger Schichten. Die Fossilliste enthält schließlich überwiegend vollmarine Arten. Mündliche Mitteilungen HÖLZLS (GILLITZER 1964: 523) bestätigten, daß innerhalb des Unteren Sandes ausschließlich eine marine Fauna aufgesammelt worden ist. HÖLZL fügte hinzu, „daß er die Fauna von Bernwies (gemeint ist die im Unteren Sand) wie jene von Roßwies a. d. Isar beurteile,“ die als vollmarin unumstritten ist.

Die von SCHMIDT-THOMÉ veröffentlichte Fossilliste von Bernwies und spätere Angaben HÖLZLS enthalten aufgeschlüsselt 12 vorwiegend vollmarine Arten, die außer im Unteren Sand nur noch in einigen Lagen der Schwaiger Schichten vorkommen können:

Nucula cf. compta GOLDFUSS
Anadara diluvii (LAMARCK) var.
Cyprina islandica rotundata AGASSIZ
Isocardia subtransversa D'ORBIGNY
Phacoides (Lucinoma) borealis (LINNÉ)
Cavilucina (Gonimyrtea) intercalata (HÖLZL.)
Pitaria (Paradione) beyrichi (SEMPER)
Lutraria sanna BASTEROT
Panopea meynardi DESHAYES
Pholadomya puschi GOLDFUSS
Clavagella (Stirpulina) oblita MICHELOTTI
Phos pygmaeus (SCHLOTHEIM)

Nur 4 weitere Arten treten in marin-brackischen bzw. auch in brackischen Bereichen auf. Ihre Zuordnung bleibt ungewiß:

Ostrea cyathula LAMARCK
Mytilus aquitanicus MAYER-EYMAR
Pitaria (Cordiopsis) polytropa ANDERSON
Angulus (Peronidia) nysti (DESHAYES).

Die Zuweisung folgender Arten zu den Schwaiger Schichten ist geboten, zumal die Fossiliste auch limnische Arten umfaßt:

Polymesoda convexa (BRONGNIART)
Psammobia protracta MAYER-EYMAR
Tympanotonus margaritaceus (BROCCHI)
Melanopsis hantkeni HOFMANN
Margaritifera inaequiradiata (GÜMBEL)
Margaritifera geyeri MODELL
Unio wolffi MODELL
Sphaerium cf. *blancheti* (PICTET ?)

Nur für die zuletzt genannte *Sphaerium*-Art gibt HÖLZL (1957: 29) mit den Schwaiger Schichten einen entsprechenden Hinweis.

Ohne nähere Angaben werden aus dem Querschlag auch zwei Pflanzenarten angeführt:

Rhamnus cf. *rossmässleri* UNG.
Daphnogene lanceolata UNG.

Im Aufschluß nordöstlich Promberg hat ZIMMERLE (1964) im Unteren Sand eine Molluskenfauna aufgesammelt, die HÖLZL bestimmt hat. Sie enthielt:

marine Arten

Cavilucina (Gonimyrtea) cf. intercalata HÖLZL
Pitaria (Paradione) beyrichi (SEMPER)
Angulus (Moerella) angusta HÖLZL
Corbula (Varicorbula) gibba (OLIVI),

marin-brackische Arten

Pitaria (Cordiopsis) polytropa ANDERSON

brackische Arten

Congeria basteroti (DESHAYES)
Polymesoda convexa, convexa (BRONGNIART)
Psammobia cf. *protracta* MAYER-EYMAR
Corbula carinata (DUJARDIN)
Tympanotonus margaritaceus (BROCCHI).

Nur der Gattung nach wurden bestimmt:

Phacoides sp.
Cardium sp.
Psammobia sp.
Sphenia ? sp., und außerdem Pflanzen
Porana sp.
Myrica ? sp.
Laurus sp.

Die Angaben von ZIMMERLE bzw. HÖLZL ergänzen wesentlich ältere (WEIT-HOFER, ZÖBELEIN) für den Unteren Sand nordöstlich von Promberg. GILLITZER (1955), von ZÖBELEIN (1957: 54) zitiert, hat keinen speziellen Hinweis für diesen Fundort gegeben. Die angegebene Fauna und Flora stammt mit Sicherheit aus dem Unteren Sand der Quarzbichl. Als Küstensand enthält er ge-

wiß viel eingeschwemmtes (Pflanzenreste) und umgelagertes (Erhaltung der Fossilreste!) Material. Es spricht einiges dafür, daß der Küstensand nicht allgemein den Lebensraum für die nichtmarine Fauna abgegeben hat.

Nach HÖLZL (1953: 217) enthält der Untere Sand im Untersuchungs-Querschlag IV $\frac{1}{2}$ -Sohle (S. 137) gleichfalls eine marine chattische Fauna.

Der Obere Sand ist auch faunistisch bisher nicht eingehend bearbeitet worden. WEITHOFER (1899: 271, 282) führt nur die gewöhnlichen brackischen Fossilien an. Erst aus den obersten Horizonten gibt er an, daß sich in ihnen plötzlich reichlich marine Fossilien einstellen, u. a.

Turritellen

Pectunculus cf. *latiradiatus* SÖB.G.

Cytherea incrassata SOW.

Cardium sp.

Haifischzähne

ZÖBELEIN (1957: 54) erwähnt Funde brackischer Fossilien von einem Schurf am NW-Eck des südlichen Hofes von Schwaig.

Die Fauna der Schwaiger Schichten mit der in einigen Horizonten feststellbaren stark marinen Zusammensetzung wurde oben bereits erwähnt. Zu den häufigen und verbreiteten brackischen Formen (S. 117) zählen auch hier *Congeria basteroti*, *Polymesoda convexa*, *Psammobia protracta*, *Melanopsis hantkeni* (HOFMANN), *Pirenella plicata* (BRUGUIÈRE) und *Tympanotonus margaritaceus*.

In den Horizonten mit marin-brackischer Fauna sind u. a. wiederum *Anadara gümbeli*, *Ostrea cyathula*, *Mytilus aquitanicus*, *Saxolucina* (*Megaxinus*) *bellardiana* (MAYER-EYMAR), *Phacoides* sp. und *Corbula carinata* anzutreffen. *Corbulomya* (*Lentidium*) *bavarica* (HÖLZL) ist ebenfalls festgestellt worden. Das Fehlen sonst häufiger Schnecken könnte das Fehlen spezifischer Biotope andeuten.

Als limnische Formen werden auch hier *Unio*, *Hydrobia*, *Coretus cornu*, *Vermetus* und *Sphaerium* häufig genannt, sowie *Pomatias antiquum*, *Cepaea* und *Triptychia escheri* als terrestrische.

Die Untersuchung von Proben (Bayer. Geol. Landesamt A 114/67–117/67) aus dem Nordflügel der Nonnenwald-Mulde westlich Promberg ergab aufschlußreiche Hinweise für die fazielle Entwicklung im oberen Teil der Schwaiger Schichten. Graue milde brackische Mergel u. a. mit *Melanopsis* stehen 10 m östlich von P. 605 (R 53, H 95) im Oberlauf des Singerbachs an. Die Probe A 114 enthielt zahlreiche Ostrakoden der Art *Haplocytheridea helvetica* (LIENENKLAUS). Etwa 130 m weiter nach E am linken Prallhang des Baches treten graue, sehr milde, tonige mikrofossilere Mergel mit zahlreichen *Mytilus*-Lagen auf. Am gegenüberliegenden Hang, etwa 30 m nördlich, stehen graue milde Mergel mit einer marin-brackischen Molluskenfauna an

(u. a. *Tympanotonus* und *Cardium*). Der mikrofaunistische Befund der Probe A 116 ergab eine arme kleinwüchsige niedermarine Fauna mit Foraminiferen, Ostrakoden und Seeigelstacheln, die für „Cyrenenschichten“ relativ stark marin ist und auf die Nähe des Oberen Sandes hinweist. Im einzelnen wurden bestimmt:

- Nonion commune* (D'ORB.)
- Elphidium* sp.
- Cibicides* sp.
- Ammonia beccarii* (L.)
- Globigerina* sp.
- Cytheridea* (C.) *bavarica* GOERLICH.

Die Probe A 117, etwa 100 m nördlich von P. 605 vom rechten Prallhang des Singerbaches, erbrachte eine ziemlich reiche, teilweise großwüchsige, gut erhaltene Foraminiferenfauna mit Seeigelstacheln. Nach dem Laborbefund wurde sie den chattischen Promberger Schichten zugeordnet, nach dem Geländebe- fund steht sie jedoch eindeutig im obersten Teil der Schwaiger Schichten. Es wurden bestimmt:

- Nodosaria* sp.
- Dentalina* sp.
- Robulus* sp.
- Globobulimina pyrula* (D'ORB.)
- Caucasina schickinskayae* (SAMOILOVA)
- Virgulina schreibersiana* CZJZEK
- Siphonodosaria* sp.
- Bolivina* sp. sp.
- Cassidulina* sp.
- Nonionella liebusi* HAGN
- Cibicides* sp. sp. (darunter eine für Promberger Schichten typische Form)
- Almaena osnabrugensis* (v. MÜNST.)
- Globigerina bulloides* D'ORB.
- Globigerina* sp.

Vom Untersuchungsquerschlag Bernwies führen HAGN und HÖLZL (1954: 25) das gemeinsame Vorkommen von *Streblus beccarii* (L.) mit der Ostrakode *Haplocytheridea dacica dacica* (HEJAS) an. KNIPSCHER (1957: 87) gibt von einer Fundstelle bei Promberg, gleich unterhalb des Oberen Sandes, das gemeinsame Vorkommen von *Streblus beccarii* (L.) und *Streblus cf. beccarii* (L.) in einer artenarmen, aber individuenreichen Mikrofauna an. Reiches Material von *Streblus beccarii* (L.) wird von HAGN und HÖLZL (l. c., S. 26) auch generell aus den Schwaiger Schichten erwähnt.

Vorkommen: Der Untere Sand steht am besten aufgeschlossen in den Quarzbänken am Nordrand des Blattes, westlich der Loisach, an. In der streichenden Verlängerung nach E bildet er zunächst jenseits der Loisach einen schmalen Molasserücken, der nördlich Hornberg in die Niederung vorspringt. Er taucht dann nochmals in einem flachen Rücken östlich der Straße Kreuz-Unter-Buch auf. Eine kleine, flache Sandgrube ist ca. 80 m östlich der

Straße auf einer kleinen Kuppe angelegt worden, ein alter Schurf am Nordrand des mit einer Heidevegetation bedeckten Sandrücken. Nahe dem Südrand der Nonnenwald-Mulde erwähnt ZÖBELEIN (1957: 53) verfallene und zugewachsene Gruben (R 54 48, H 52 84) unmittelbar westlich der Straße Daser-Reindl.

Flach nach S fallende, fossilführende Schwaiger Schichten reichen am Nordflügel der Nonnenwald-Mulde nach W bis zum Singerbach. Sie stehen hier im Bachlauf bzw. an seinen Hängen östlich vom Röhrenberg an. Von P. 605 an lassen sie sich im Schichtenstreichen weiter nach E zu verfolgen. Sie beißen mit den Flözen 25 und 26 bei Kreutner, 350 m nördlich Promberg, aus (ZÖBELEIN 1957: 51).

Der Obere Sand steht westlich der Loisach in dem Höhenrücken an, auf dem die Höfe von Schwaig und Promberg liegen. Gut aufgeschlossen ist er auch hier nicht.

4.3.1.8. Promberger Schichten

WEITHOFER (1899: 271) hat die marinen Ablagerungen im Hangenden der „Quarzsande“ als Promberger Schichten zusammengefaßt und auf ihre stratigraphische wie paläogeographische Bedeutung hingewiesen. Sie vertreten in einem jüngeren Muldenkern der Faltenmolasse erstmals wieder die Meeresmolasse in einer Mächtigkeit, die fast so groß ist wie die der (damals aus Über- und Bergbau-Aufschlüssen bekannten) Unteren Meeresmolasse. WEITHOFER (S. 279) folgerte daraus, daß sich irgendwo ein Meeresarm erhalten haben müßte, der öfter schon die Brackwasser Molasse „mit kleinen Invasionen heimgesucht hatte, bis er sich wieder weit ausdehnte“. Nach heutiger Kenntnis (S. 17) belegen die Promberger Schichten einen länger anhaltenden Meeresvorstoß nach Westen um die Zeitgrenze Chattien/Aquitanien.

Abgrenzung: Der Obere Sand bildet das unmittelbar Liegende der Promberger Schichten (WEITHOFER). Aus seiner Arbeit geht hervor (S. 279), daß er als ihr Hangendes das jüngste Glied der Nonnenwald-Mulde, die brackischen Daser Schichten betrachtet hat. Zwischen diesen und den Promberger Schichten wird hier jedoch mit PAULUS (1963: 74) der Nantesbuch-Sandstein als ihr Hangendes ausgeschieden.

Mächtigkeit: Die in der Literatur voneinander abweichenden Angaben sind z. T. auf die verschiedene Abgrenzung gegen das Hangende zurückzuführen. Die von WEITHOFER (S. 272) angegebene „Mächtigkeit etwa 400 m“ ist später meist nur übernommen worden. LENSCH (1961: 18) und PAULUS (1963) haben die älteren Angaben korrigiert. Die Überprüfung nach Unterlagen der Markscheiderei ergab für die Promberger Schichten (ohne Nantesbuch-Sandstein) in der Nonnenwald-Mulde 280 m, wovon etwa die unteren 80 m noch zum Chattien gehören.

Ausbildung: Nach WEITHOFER (S. 271) gleichen die Promberger Schichten, abgesehen von ihrer marinen Fauna, vollkommen den grauen Mergel- und Sandsteinschichten der Brackwasser Molasse. Graue bis dunkelgraue Tonmergel, aber vor allem auch Sandmergel herrschen vor. Sandige Lagen treten als helle Bänder in den dunkleren Mergeln hervor. Zuweilen finden sich auch sandige Nester neben Glaukonitanhäufungen in den Mergeln. Die nur untergeordnet auftretenden Kalksandsteinbänke sind meist schwach mergelig, jedoch sehr fest und enthalten zuweilen Pflanzenhäcksel.

In einigen Aufschlüssen des Blattgebietes und in den Proben der Bohrung 8 W (auf Blatt Iffeldorf) herrschen hellgraue sandige Mergel mit sandigen Bändern und häufig mit Tongallen vor, die auch durch ihren Fauneninhalt Bildungen entsprechen, die typisch für die Schlierfazies sind. Auch in ihr treten hellgraue Kalksandsteine, zuweilen mit Pflanzenhäcksel, untergeordnet auf.

Im oberen Teil der Promberger Schichten häufen sich Kalksandsteinbänke. Im Zachenrieder Sandstein treten sie schließlich auch morphologisch in Erscheinung. ZIMMERLE & DELLA VALLE (1966) beschrieben den Zachenrieder Sandstein als einen meist mürben gelblichgrauen, glimmerreichen, fein-mittelkörnigen fossilführenden Sandstein. Glaukonit ist in ihm nur sporadisch vertreten; das trifft auch für die Schwermineralien zu (0,001–0,18 Gew. %). Nach der Klassifikation von FÜCHTBAUER (1959: 612–613) ist er als kalkige, stark dolomitarenitische Grauwacke zu bezeichnen. Sein silikatischer Gesteinsanteil beträgt etwa 8–14 Gew. %. Sein Dolomitanteil ist mit 28–34 Gew. % mehr als doppelt so groß wie der Kalkanteil mit 11–12 Gew.-%.

Fossilführung: Das Blattgebiet Penzberg enthält in der Nonnenwald-Mulde die Typuslokalität der Promberger Schichten mit ihrer marinen Makro- und Mikrofauna. Eine systematische Untersuchung der Makrofaunen, deren Reste ohnehin oft nur mäßig erhalten sind (ZÖBELEIN 1957: 51), ist bisher nicht vorgenommen worden. Die Fossilangaben finden sich zerstreut im Schrifttum; oft fehlen genaue Fundortsangaben. Ältere Angaben gehen meist auf WEITHOFER zurück, der die untertage aufgefundenen Exemplare bestimmen ließ und publiziert hat. HÖLZL revidierte einige Angaben nomenklatorisch, soweit dies ohne das im Krieg zerstörte Originalmaterial möglich war. Ergänzungen und neue Angaben zur Molluskenfauna sind überwiegend HÖLZL zu verdanken, der auch die Makrofaunen von Aufschlußbohrungen am Westende der Nonnenwald-Mulde (am Ostrand von Blatt Iffeldorf) bestimmt hat. Im Interesse einer zusammenfassenden Darstellung wurden diese wichtigen Ergebnisse aus der unmittelbaren Nachbarschaft auch hier berücksichtigt. Die tabellarische Auflistung der Mollusken ergibt für die Bohrungen 9 W, 10 W und 16 W ein einheitliches Bild. Andersartig sind Petrographie und Fauneninhalt der Bohrung 8 W. Sie steht dem Muldenkern am nächsten und enthält eine kleinwüchsige Molluskenfauna in Mergeln der Schlierfazies, wie sie bis dahin nur aus dem Helvetien, z. B. aus dem des Kaltenbach-Grabens, bekannt war. HÖLZL entschied sich daher bei der Bearbeitung der Bohrungen

auch hier für ein Helvet-Alter der Schichten. Träfe dies zu, dann müßte das Profil der Nonnenwald-Mulde eine sehr erhebliche Schichtlücke aufweisen. Dafür gibt es jedoch sonst keinen Hinweis, so daß in der B 8 W aquitane Promberger Schichten in Schlierfazies vorliegen sollten (vgl. PAULUS 1963: 90 f.). Mit dem frühen Auftreten dieser Fazies stellen sich auch kleinwüchsige Mollusken vorzeitig ein, die sonst in Oberbayern erst viel später auftauchen. Auch hier zeigt sich die Faziesgebundenheit der Mollusken in der Molasse, z. B. bei *Brissopsis ottmangensis*, *Nucula nucleus*, *Leda (Yoldia) nitida*, *Anodonta fragilis* u. a. (vgl. z. B. HÖLZL 1958: 23).

In der Fossiliste der marinen Makrofaunen der Molasse (Beil. 2) sind die verwertbaren Angaben aus der Literatur, aus den Bohrberichten sowie Neubestimmungen enthalten. Zu den Molluskenarten, die bereits in den Höheren Tonmergel-Schichten häufig vorkommen, gehören:

Nucula compta GOLDFUSS
Cyprina islandica rotundata AGASSIZ
Pholadomya puschi GOLDFUSS
Panopea meynardi DESHAYES
Turritella (Haustator) venus D'ORBIGNY

Der von HÖLZL in der Ziegeleigrube südwestlich Promberg geborgene *Pecten pseudobeudanti* (*P. burdigalensis* BASTEROT) stammt aus einer Schicht der basalen aquitanen Promberger Schichten. Aus einer Mergelsandsteinrippe dieses Aufschlusses erwähnt ZÖBELEIN (1957: 54) eine marine Faunula mit Pectenschalen und -abdrücken.

Der marine Zachenrieder Sandstein ist teilweise von Grabgängen durchsetzt und enthält dünnschalige Mollusken, von denen HÖLZL *Nucula compta* bestimmen konnte.

Eine systematische Bearbeitung der Mikrofauna steht ebenfalls noch aus. Fast durchwegs wurden an verschiedenen Stellen nur Einzelproben entnommen, die aber im Profil einzuordnen sind. Für die Bearbeitung stand sehr gutes Vergleichsmaterial zur Verfügung. Bei der Aufstellung der Fossiliste (Tab. 2) wurde die von LIEBUS (1903) beschriebene Mikrofauna, die aus einer Bohrung nahe dem Graben nördlich Fletzen stammt, nicht berücksichtigt, da die Bestimmungen revisionsbedürftig sind (ZÖBELEIN 1957: 29). Desgleichen blieb SIGALS Monographie der Gattung *Almaena* (1950) unberücksichtigt.

Die bisherigen Bearbeitungen der Mikrofaunen ergaben immerhin, daß sich die Promberger Schichten nach Foraminiferen-Horizonten untergliedern und mit entsprechenden Schichten im östlichen Oberbayern verbinden lassen (PAULUS 1963: 90 f.). Ca. 3 m oberhalb des Oberen Sandes stellt sich im Hauptquerschlag I. Sohle zunächst eine Fauna vom Typ Greimelberg mit hauptsächlich *Almaena osnabrugensis*, *Bolivina antiqua* und Ostrakoden ein. Die folgenden chattischen Mergel sind durch das Aufblühen einer sehr benthonischen Foraminiferenfauna vom Typ Rainer-Mühle ausgezeichnet. Die-

ser Horizont hat sich bisher als bester Leithorizont erwiesen (l. c. S. 75 und 90). Erst mit dem Ende der chattischen Mergel setzt diese Fauna wieder aus. Die dem Aquitanien zugehörigen Mergel weisen zunächst eine sehr arme, kleinwüchsige Foraminiferenfauna auf, die bald darauf aber ebenfalls reich und großwüchsig ist (l. c. S. 75). Sie entspricht der Fauna des Wildenwart-Horizontes.

PLUMHOFF (zitiert bei ZIMMERLE & DELLA VALLE) bestimmte die schlecht erhaltene Foraminiferenfauna des Zachenrieder Sandsteins. Seine Liste der kleinwüchsigen Kümmerfauna gibt außer Gattungs- und cf.-Bestimmungen nur *Almaena osnabrugensis* (ROEMER) an. Sie erwähnt auch die Reste von Kieleschwämmen und Echinidenstacheln.

Vorkommen: Die auch aus der Literatur bekannten Übertage-Aufschlüsse konzentrieren sich auf den Nordflügel der Nonnenwald-Mulde beidseitig der Loisach zwischen Fletzen im E und Promberg-Zist im W. Besonders in den Gräben nördlich Zachenried und nördlich Fletzen stehen makrofossilreiche Schichten an. Der im Schichtenstreichen verlaufende Graben unmittelbar nördlich Zachenried schließt vorzüglich grobgebankte, graue sandige Mergel mit zahlreichen dünnchaligen Muscheln auf. Der beste Fundort mariner, allerdings mäßig erhaltener Makrofossilien liegt nach ZÖBELEIN am Unterlauf eines Bächleins, der nordöstlich Nantesbuch in das Loisachknie einmündet. Der Rücken, vor dem die Loisach nach E ausweicht, besteht ebenfalls aus Mergeln der Promberger Schichten. Die aufgelassene Ziegeleigrube südwestlich Promberg stellte den größten Aufschluß dar. Ihre Mergel liegen im Gesamtprofil an der Basis der in das Aquitanien gestellten Promberger Schichten. Auf einem Sandsteinrücken im oberen Teil der Promberger Schichten liegen Oberhof und Zachenried; dieser Sandstein steht auch im Graben ostnordöstlich Fletzen an (ZÖBELEIN 1957: 63; ZIMMERLE & DELLA VALLE 1966).

Im Südflügel der Nonnenwald-Mulde stellen sich gleichfalls Sandsteine in der oberen Hälfte der Promberger Schichten ein. Ca. 8 m mächtige, feinkörnige, graue plattige Sandsteine und fossilführende Mergel sind nördlich Neukirnberg im Brünnes-Bach gut aufgeschlossen.

Unter geringmächtiger Bedeckung tauchen am Westrand des Blattes bei P. 604 westlich Ober-Eurach Promberger Schichten unmittelbar südlich der Haupttrandstörung auf. Sie wurden auch beim Bau der Autobahn in einem Geländerücken östlich Ober-Eurach angeschnitten. Nur wenig weiter westlich, schon auf dem Gebiet des Nachbarblattes Iffeldorf, sind die Promberger Schichten auch in den Untersuchungsbohrungen 8 W, 9 W, 10 W und 16 W des Bergwerks Penzberg angetroffen worden. Diese und andere Bohrungen, welche die produktive Flözmolasse erkundeten, haben überwiegend den hier überkippten Südflügel der Nonnenwald-Mulde erfaßt. Die durch die Bohrungen gewonnenen Aufschlüsse schließen in einer Entfernung von nur 500–1000 m an die westlichsten Untertagestrecken des Bergwerks des Blattes Penzberg an.

4.3.1.9. Nantesbuch-Sandstein – Daser Schichten

ZÖBELEIN (1957: 52) grenzte erstmals unterhalb der brackischen Daser Schichten den Nantesbuch-Sandstein von den Promberger Schichten im Liegenden ab. Dieser Sandstein hebt sich von den überwiegend mergeligen Promberger Schichten ab, so daß es PAULUS (1963: 74) zweckmäßig schien, ihn als selbständigen Horizont zu bezeichnen, mit dem hier die marine Fazies ihr Ende findet (ZÖBELEIN l. c: 53; PAULUS l. c: 76). Die Obere Brackwassermolasse, unterbrochen durch die marinen Ablagerungen, schließt auf Blatt Penzberg im Aquitanien mit den brackischen Daser Schichten ab. Diese wurden früher auch als Heimberg-Schichten bezeichnet, was jedoch schon ZÖBELEIN (l. c: 22) für unzweckmäßig hielt. Der Hof Daser, südlich Nantesbuch bzw. westlich der Loisach, ist die namensgebende Lokalität, wo das sog. Daser-Flöz an der Basis dieser brackischen Folge erschürft wurde.

Abgrenzung: Mergel der Promberger Schichten bilden das unmittelbar Liegende des Nantesbuch-Sandsteins. Über ihm folgen die Daser Schichten mit dem Daser Flöz an der Basis. Die Obere Bunte Molasse würde das Hangende bilden. Sie ist jedoch im Kern der Nonnenwald-Mulde auf Blatt Penzberg nicht mehr erhalten.

Mächtigkeit: Der Nantesbuch-Sandstein ist ca. 50–60 m mächtig (ZÖBELEIN l. c.; PAULUS l. c.; ZIMMERLE 1966). Von den Daser Schichten sind im Kern der Nonnenwald-Mulde ca. 100–110 m erhalten geblieben.

Ausbildung: Der Nantesbuch-Sandstein umfaßt eine Wechselfolge unterschiedlich harter Bänke eines mittelgrauen, teilweise glimmerreichen, fossilführenden fein-mittelkörnigen Sandsteins. Nach der Klassifikation von FÜCHTBAUER (1959: 612–613) ist er ähnlich wie der Zachenrieder Sandstein als kalkige, stark kalk-dolomitarenitische Grauwacke zu bezeichnen. Sein Quarzanteil schwankt um 30,4 Gew. %, sein silikatischer Gesteinsanteil etwa zwischen 7 und 20 Gew. %. Kalkige (7–24 Gew. %) und dolomitische Gesteinsanteile (10–29 Gew. %) sind etwa gleich verteilt. Glaukonit ist sehr spärlich (0,1 Gew. %) vorhanden. Auch die Schwerminerale, die angereichert nicht beobachtet wurden, erreichen nur 0,001–0,18 Gew. % (ZIMMERLE & DELLA VALLE 1966).

Die Daser Schichten zeigen die typische Ausbildung der Brackwasserfolgen, wie sie zuvor bereits beschrieben worden ist. Allerdings lassen die dürftigen Aufschlüsse im Blattgebiet keinen Rückschluß auf das Gesamtprofil zu, so daß es angesichts einiger Bohrprofile aus den Nachbargebieten unsicher ist, ob nicht doch marine Einschübe auftreten. Das nicht abbauwürdige Daser Flöz an der Basis wies 15 cm Stinkstein und 15 cm Kohle auf (WEITHOFER 1899: 279).

Fossilführung: Marine Mollusken führt auch noch der Nantesbuch-Sandstein (ZÖBELEIN 1957: 55). Er fand sie am SW-Eck des Hofes Fletzen und im

Aushub eines Wasserstollens, der im Sandstein vorgetrieben worden ist. Die oberen Lagen im Weg am Südrand von Nantesbuch führen wie jene bei Daser zahlreiche Blattabdrücke.

HÖLZL (in ZIMMERLE & DELLA VALLE) konnte von der Molluskenfauna des Nantesbuch-Sandsteins 11 marine Formen bestimmen (Fossiliste, Tab. 1). Neben eingeschwemmten Blattresten fand sich auch eine Jugendform von *Polymesoda* cf. *convexa*. – Plumhoff bestimmte die Foraminiferenfauna. Seine Liste (in ZIMMERLE & DELLA VALLE) umfaßt neben Echinidenstacheln u. a. Reste von Kieselchwämmen, Echinodermen. Außer *Virgulina schreibersiana* (CZJZEK) sind nur Gattungs- und cf.-Bestimmungen angeführt. Die kleinwüchsige Kümmerfauna weist ebenso wie die Makrofauna den Nantesbuch-Sandstein als marinen Horizont aus. – Beide Autoren glauben eine Verarmung der Mikrofauna von unten nach oben im Nantesbuch-Sandstein feststellen zu können, desgleichen eine Zunahme der Schalenstärke der Mollusken. Diese Angaben deuten an, daß der mächtigere Nantesbuch-Sandstein auch durch seine artenreichere Molluskenfauna von dem Zachenrieder Sandstein unterschieden ist, der offenbar nur eine artenarme dünnchalige Makrofauna enthält.

Mit den Daser Schichten kehrt die typische Fauna der Brackwasser Molasse zurück. Von den häufig vorkommenden Arten sind bisher *Polymesoda convexa*, *Psammobia protracta*, *Tympanotonus margaritaceus*, *Pirenella plicata*, *Theodoxus pictus* und *Melanopsis hantkeni* festgestellt. Die geringe Artenzahl entspricht der geringen Zahl von Aufschlüssen. Die Fossiliste ist bereits im östlichen Nachbargebiet (Bohrungen) wesentlich umfangreicher. Die grauen sandigen Tonmergel des Blattgebietes enthalten öfter auch eine brakische Mikrofauna mit Ostrakoden und der Foraminifere *Ammonia beccarii* (LINNÉ).

Die nach Landschnecken vorgenommene Grenzziehung Chattien/Aquitainen liegt in der Nonnenwald-Mulde nach vorgenommenen Korrelationen (PAULUS 1963: 94) um ca. 250–300 m über der mit marinen Mollusken und Foraminiferen ermittelten Grenze, d. h. sie käme etwa an der Oberkante des Nantesbuch-Sandsteins bzw. nahe der Basis der Daser Schichten zu liegen.

Vorkommen: westlich der Loisach steigt ein Höhenrücken an, auf dem die Höfe von Nantesbuch liegen, die den Namen für den hier anstehenden Sandstein gegeben haben. Im Streichen nach W liegen auf diesem Rücken noch die Höfe von Zist, von wo der Sandstein noch etwa 700 m weiter gut verfolgt werden kann. Östlich von Nantesbuch überquert der Sandstein zunächst die nach S führende Straße in einem flachen Rücken, ehe er von jungen Flußablagerungen abgeschnitten wird. Östlich der Loisach bildet er erneut einen Höhenrücken mit den Höfen von Fletzen. – Das Einsetzen der Daser Schichten am Südhang des Nantesbucher Höhenrückens ist an Quellaustritten und an der Hangvernässung kenntlich.

Kleine Aufschlüsse finden sich in den Gräben. Am Brünnesbach, der sich ungefähr in Richtung der Achse der Nonnenwald-Mulde erstreckt, kommen stellenweise graue brackische Mergel, z. T. mit Moränenschutt vermischt, vor. Beim Hof Daser, im Muldensüdflügel, steht das Daser Flöz an.

4.3.2. Vorlandmolasse

Die nördliche Haupttrandstörung der Faltenmolasse begleitet in geringem Abstand den Nordrand des Blattgebietes. Sie begrenzt die alpinen und subalpinen Bereiche im S gegen den davor liegenden Bereich im N. Dieser umfaßt die ungefaltete Molasse mitsamt ihren Teilen, die am Kontakt mit der Haupttrandstörung auf engem Raum, jedoch intensiv aufgebogen, ja aufgeschleppt worden sind. Über Tage liegen, soweit es im W des Blattes zu beobachten ist, Schichten der Oberen Süßwassermolasse unmittelbar nördlich der Haupttrandstörung. Ein aus der Nonnenwald-Mulde nach Norden vorgetriebener Untersuchungsquerschlag auf der IV $\frac{1}{2}$ Sohle in ca. 100 m ü. NN, hat jenseits der Haupttrandstörung Obere Bunte Molasse und fossilführende Schichten der Oberen Meeresmolasse angetroffen, die HÖLZL dem Burdigalien zuordnete. Die Erdölbohrung Königsdorf 2 (PAULUS 1963: 64) erreichte unter der Überschiebungsbahn der Nonnenwald-Mulde, die im Blattgebiet mit der Haupttrandstörung identisch ist, eine Schichtenfolge, die von den Promberger Schichten bis hinab zur Penzberger Liegend-Flözgruppe reicht. Eingehende Untersuchungen bestätigten, daß diese und andere Molasseschichten diesseits und jenseits bzw. oberhalb und unterhalb der Hauptüberschiebungsbahn ursprünglich einem gemeinsamen Ablagerungsgebiet angehört haben.

4.3.2.1. Penzberger Liegend-Flözgruppe

Die Bohrung Königsdorf 2 (l. c.) traf von 2162 m bis zur Endteufe bei 2364 m vorwiegend graue Tonmergel, daneben Kalksandsteine, Kohleflöze und Stinksteine an. Aus dem Bohrgut wurden Reste brackischer Mollusken, Foraminiferen und Ostrakoden ausgelesen.

4.3.2.2. Unterer Nonnenwald Sand – Schwaiger Schichten – Oberer Nonnenwald Sand

Der untere Sand lag in der Bohrung Königsdorf 2 zwischen 2137 und 2162 m, d. h. ca. 25 m mächtig, mit schwach glaukonitischen Sandsteinen und Kalksandsteinen vor. – Schwaiger Schichten wurden in der Bohrung Königsdorf 2 von 1979,7–2137 m, ca. 157 m mächtig, angetroffen. Der Bohrbericht erwähnt auch hier graue Tonmergel, Kalksandsteine, Pechkohleflöze und Stinksteine. Die Fossilführung weist wie in den älteren brackischen Schichten wiederum Reste brackischer Mollusken, Foraminiferen und Ostrakoden auf. – Von 1938,5–1979,7 m Bohrteufe wurden in der B. Königsdorf 2 mittelgrobkörnige Sandsteine angetroffen, die teilweise kreuzgeschichtet, etwas

glaukonitisch, teils mit, teils ohne kalkiges Bindemittel sind. Die Sandsteine enthielten schlecht erhaltene marine Mollusken und Treibholz. Der Obere Sand ist hier mit ca. 41 m etwa so mächtig wie der Obere Sand der Nonnenwald-Mulde. Schwaiger Schichten und Unterer Sand sind den Bohrangaben zufolge in der Vorlandmolasse geringmächtiger als in der Nonnenwald-Mulde.

4.3.2.3. Promberger Schichten

Sie wurden von der B. Königsdorf 2 unmittelbar unter der Überschiebungsbahn von 1903–1938,5 m angetroffen. Es dürfte sich dabei um den untersten Teil der chattischen Promberger Schichten handeln. Sie bestehen hier aus grauen sandigen Tonmergeln „mit einer sehr reichen marinen Foraminiferenfauna des Rainer-Mühle-Horizonts, die die Greimelberg-Fauna überdeckt“ (PAULUS 1963: 64).

4.3.2.4. Obere Bunte Molasse, Aquitanien

Der oben erwähnte Untersuchungsquerschlag auf der IV $1\frac{1}{2}$ Sohle stieß unmittelbar hinter der nördlichen Haupttrandstörung auf blaugraue, gelbgefleckte Mergel und Sande, deren Gesamtmächtigkeit hier mit 38 m angegeben worden ist. Die Sedimente wurden entsprechend ihrem Habitus als Obere Bunte Molasse angesprochen (HÖLZL 1953: 217). In dem von SCHMIDT-THOMÉ gezeichneten Profil (1955, Taf. 1, Profil 7) hat der Querschlag gerade noch die Obere Bunte, unmittelbar im Liegenden der Oberen Meeresmolasse, erfaßt. Nach HÖLZL sind beide Formationen auch noch miteinander verschuppt angetroffen worden.

4.3.2.5. Obere Meeresmolasse, Burdigalien

Der Untersuchungsquerschlag auf der IV $1\frac{1}{2}$ Sohle fuhr im Hangenden der Oberen Bunten Molasse steil einfallende Glaukonitsande der Oberen Meeresmolasse an (SCHMIDT-THOMÉ 1955: 424). Nach HÖLZL (1958: 29–30) werden die verfestigten grünlichgrauen Sande und Mürbsandsteine noch von einem Keil bunter Mergel der Bunten Molasse getrennt. Der Schichtenverband ist im unmittelbaren Kontakt mit der Haupttrandstörung sehr gestört und enthält vielleicht u. a. daher auch nicht die z. T. mächtigen Grobkonglomerate, die sich häufig an der Basis des Burdigals, z. B. in Peißenberg, einstellen und hier von HÖLZL vermißt wurden. Immerhin konnte er auch hier große Einzelgerölle bis zu 80 mm im \emptyset , vereinzelt sogar bis zu 13 cm große Kieselkalkgerölle feststellen, ferner schwache Konglomeratschnüre mit bis zu 7 cm großen Geröllen. Diese lagen ca. 22 m über der Basis des Burdigals inmitten sehr fester Sandsteine und inmitten der beiden angetroffenen Fossilbänke. Die sehr reiche Molluskenfauna ist vollmarin. HÖLZL stellte sie ins Burdigalien. Die Fossilliste (Tab. 1) berücksichtigt die ersten Angaben von HÖLZL (1953: 217–219) und seine Ergänzungen (1958: 29, 37–297; 1962: 122 und 162).

GILLITZER (1957: 647) verwies auf ein Vorkommen mariner miozäner geröllführender Sandsteine „beim Hof Kili (nördlich der Straße Eurach-Staltach).“ Ein Abdruck eines größeren Pecten und Austernschalen belegen nach GILLITZER den marinen Charakter der Fundstelle. Eigene Erkundungen verliefen indessen erfolglos, auch was den „Hof Kili“ betraf.

4.3.2.6. Obere Süßwassermolasse

Mit dem Abbiegen der nördlichen Haupttrandstörung nach SW greifen in der NW-Ecke des Blattgebietes die südlichen Ausläufer des Tischbergs auch übertage von Blatt Königsdorf auf Blatt Penzberg über. Die Schichten stehen im gesamten Nordhang des Rückens bei Eurach an, wo ROTHPLETZ sie bereits erkannte. Sie sind in mehreren seichten Gräben gut erschlossen. Die Sandsteine und Geröllbänke der Süßwassermolasse lassen sich entlang des Hanges leicht an ihrer auffallenden intensiven Verwitterungsfarbe erkennen; an ihrer Oberkante tritt das Grundwasser aus.

Die Schichten streichen hier etwa 71° und fallen mit ebenfalls 71° nach NW ein, sind hier also noch nicht überkippt. Sie bestehen aus plattig zerfallenden cm-starken Sandsteinbänkchen mit ca. 1 m mächtigen Geröllbänken, die linsenförmig auskeilen. Die Gerölle sind im unteren Teil der Bänke am dichtesten gepackt und am größten. Sie bestehen meist aus gelblich verwitterten Flyschgesteinen, die ausgesprochen länglich sind (≈ 20 cm) und bis 10 cm im \varnothing erreichen. Nur quarzitisches Gerölle erweisen sich beim Anschlagen als frisch.

Anstehende geröllführende Süßwassermolasse wurde beim Kiesabbau für den Bau der Autobahn vorübergehend noch ca. 100 m weiter südlich auf der Kuppe eines Rücken (R 50 630, H 95 150) unter dem Quartär aufgeschlossen. Die Schichten streichen auch hier ca. 74° , fallen aber noch steiler nach N ein (85°). Auf den Geröllen finden sich kleine, evtl. durch Lösungsdruck anstoßender Gerölle erzeugte Dellen. Die Gerölle sind teilweise auch von Harnischen überzogen.

Aus den kurzfristig angelegten Aufschlüssen und aus Aufschlußbohrungen in diesem Raum geht hervor, daß die Süßwassermolasse nur im N-Hang des Eurach-Rückens morphologisch bis auf ca. 617 m ü. NN hervortritt. Sie fällt nach S zu wieder rasch ab, so daß am E- bzw. W-Hang des Eurach-Rückens keine weiteren Molasseaufschlüsse vorhanden sind. Eine ältere Angabe (ROTHPLETZ 1917: 258) verwechselte quartäre Seetone einer heute aufgelassenen kleinen Grube (R 50 630, H 94 800) mit anstehendem „Flinz“. Lediglich die kleine Geländekuppe nördlich des Weidenseelein-Mooses (P. 604) stellt eine kleine Molasseerhebung dar, auf der an der Haupttrandstörung Süßwassermolasse und Promberger Schichten nebeneinander zu liegen kommen. Die Süßwassermolasse ist hier auch in zwei weiteren Wasserbohrungen (B. 22/30 und B. 21/29) angetroffen worden. Nach WEITHOFER (1903: 60) sollen mio-

zäne Schichten viel weiter östlich, etwa 1 km nördlich des Schöllerrflözstollens bei Höfen, in einem Untersuchungsstollen angefahren worden sein.

4.3.3. Beschreibung wichtiger Molasse-Profile

Der Buchberg-Graben am Stallauer Weiher

Der Graben liegt am Westrand des Nachbarblattes 8235 Bad Tölz im Südhang des Buchbergs zwischen den Höfen Buchberg und Mitter-Stallau. Er erschließt vorzüglich den Grenzbereich Tonmergel-Schichten/Marine Baustein-Schichten/Untere Brackwasser Molasse im Südflügel der Penzberger Mulde. SCHMIDT-THOMÉ (1955: 425 ff.) hat das Profil bereits beschrieben und abgebildet, ebenso SICHERMANN (1965). PAULUS hat die Mikrofauna in Proben SICHERMANNS untersucht und ihm die Ergebnisse zur Verfügung gestellt. Als ein stets zugängliches, wenn auch eigenständig entwickeltes Profil der im allgemeinen unvollständig erschlossenen Schichten des unteren Chatts westlich der Isar ist es auch für die Stratigraphie des Blattes Penzberg so bedeutend, daß es erneut aufgenommen wurde und hier beschrieben wird.

Der Graben ist vom Hof Mitter-Stallau, im N des Stallauer Weihers, am besten zugänglich. Vor dem Gatter sind die Höheren Tonmergel-Schichten im Weg aufgeschlossen: mittelgraue, z. T. grüngraue, meist feinsandige Tonmergel mit Bänkchen aus blaugrauen, braun verwitternden und plattig zerfallenden Sandsteinen, deren Schichtflächen mit feinem Glimmer und oft von kohligen Pflanzenresten überstreut sind. Etwa 20 m jenseits des Gatters endet die aufgeschlossene Tonmergel-Serie, die insgesamt ca. 30 m mächtig ist. Die Schichten fallen mit ca. 40° nach N ein, sind also nicht überkippt. Besonders die oberen Tonmergellagen enthalten Reste kleiner, dünnchaliger mariner Mollusken. Nach Laborbefunden ist in den makrofossilreichen Lagen auch die Mikrofauna reich und gut erhalten, während sie in den makrofossilleeren Lagen arm und meist schlecht erhalten ist.

Die Schichtenfolge wechselt mit dem Beginn der Marinen Baustein-Schichten, angezeigt durch die erste Turritellenbank, einer 0,2 m mächtigen Bank aus blaugrauem, massigen, harten, sehr fossilreichen Sandstein. Im Bachbett aufwärts schließt an diese „Grenzbank“ eine ca. 6,4 m mächtige Wechsellagerung aus Tonmergeln, Mergeln und Sandsteinen an, die SICHERMANN noch zu den Tonmergel-Schichten stellte. Die Sandsteinbänke der Wechsellagerung werden zum Hangenden hin mächtiger (bis über 1 m), während die marine Mikrofossilführung in den Mergeln teilweise aussetzt; Rückstände der aufbereiteten Proben weisen neben organogenem Kalk häufig Kohlereste auf.

Vom MP 20 folgen im Graben bis zum MP 19 graue-graublaue kaum gebankte Mürbsandsteine. Hier treten dann einige mergelige Sandsteinlagen und kohlige Lagen (nach SICHERMANN) auf. Bis zum MP 18 stehen weiterhin massige Sandsteine an. In ihrem Hangenden stellt sich eine mm-starke Pech-

kohlenlage ein, der weitere linsige Kohleanreicherungen zugeordnet sind. Diese Lagen werden erst von einem Sandstein und dann von einer 1,4 m mächtigen Bank überlagert, deren grobkörniger Sandstein einzelne Quarzgerölle bis 1 cm \varnothing enthält.

Bis zum MP 17 folgen dunkelgraue, dickbankige Sandsteine (8,7 m), deren dunkle Gemengteile vorwiegend aus Turmalin bestehen. Eine ca. 1 m mächtige Wechsellagerung unterbricht dann das Sandsteinpaket bis zum MP 16. Sie enthält zuunterst über einem abgesetzten Sandsteinbänkchen einen blaugrauen Mergel mit wenig kleinwüchsigen Mikrofossilien, darüber einen grauen mürben Sandstein (0,3 m), der, obwohl sehr grobkörnig, dennoch feingeschichtet und durchsetzt von Pflanzenresten ist. Eine geringmächtige Mergellage trennt ihn von einer abschließenden Sandsteinbank (0,4 m).

Oberhalb von MP 16 bis MP 15 stehen 9 m mächtige, graubraune, grobkörnige massige Sandsteine an.

Von MP 15, ca. 16 m aufwärts bis zum Ende der eigenen Neuaufnahme vor einer hohen Sandsteinwand, ist eine insgesamt ca. 14,7 m mächtige Wechsellagerung ausgebildet, die faziell sehr wechselhaft zusammengesetzt ist und das überwiegend sandig ausgebildete Profil des Grabens unterbricht. Sie wird von einer mikrofossilreichen Mergellage (0,1 m) mit Ostrakoden eingeleitet. Die ebenfalls grauen-grünlichen feinstsandigen und kalkreichen Mergel darüber enthalten eine marine artenarme Makrofauna mit *Corbula* (*Varicorbula*) *gibba* (Olivi); nach PAULUS ist auch ihre marine Foraminiferenfauna sehr artenarm. Die folgenden tonreicheren, jedoch zunehmend sandiger werdenden grauen Mergel führen ebenfalls Makrofossilien.

Eine zweite Turritellenbank (0,26 m) mit vielen Molluskenarten stellt sich ca. 1,4 m über der Unterkante der oberen Wechsellagerung ein. Sie wird von grauen mikrofossilführenden tonigen Mergeln überlagert, die im oberen Teil grau-graugrün sind. Es folgt eine kleine, z. Zt. der eigenen Aufnahme mit Schutt bedeckte Strecke. Über mürben, grobkörnigen Sandsteinen treten dann grüngraue tonige Mergel mit *Chara*-Früchten, Ostrakoden und einer Makrofossilage auf.

SICHERMANN hat die bisher beschriebene Schichtenfolge der oberen Wechsellagerung nicht im Detail aufgenommen. Die von ihm entnommene Probe stammt aus den zuletzt beschriebenen grüngrauen tonigen Mergeln. PAULUS hat darin eine brackische Mikrofauna mit Schalenresten, „wahrscheinlich von *Cyrenen*“, festgestellt.

Am MP 5 treten im Profil zum wiederholten Mal harte, klüftige, sehr grobkörnige bis feinkonglomeratische Sandsteinbänke auf; nach SICHERMANN wechseln Lagen aus reinem Quarzkonglomerat (Kgr. bis 5 mm) mit mm-großen dunklen Geröllagen. Unmittelbar in ihrem Hangenden enthält ein dunkelgrauer Mürbsandstein Kohleschmitzen. Nach einer weiteren Sandstein-

lage folgt ein brackischer hellgrauer feingeschichteter Cyrenenmergel (0,35 m). Ein wenig höher finden sich weitere makrofossilführende graue Mergel mit Chara-Früchten und Ostrakoden. Es wechseln dann Sandsteine und marine blaugraue Mergel. Letztere sind recht fossilreich. Sie enthalten großwüchsige Exemplare von *Pitaria (Cordiopsis) polytropa* ANDERSON; ihre Mikrofauna ist gering, schlecht erhalten und enthält öfters Ostrakoden. Die letzten Meter der Wechsellagerung zeigen einen engständigen Wechsel vorwiegend grauer bis hellgrauer Mergel und Sandsteine, die teils mürb, teils kalkig sind. Es finden sich nochmals marine Horizonte, jedoch auch limnische und wiederholt mm-starke Pechkohlelagen.

Die Grenze Marine Baustein-Schichten/Untere Brackwasser Molasse liegt innerhalb der oberen Wechsellagerung. Nach den eigenen Aufnahmen setzen die brackischen Cyrenenmergel oberhalb der grobkörnigen bis feinkonglomeratischen Sandsteinbänke am MP 5 ein, während PAULUS schon unterhalb eine brackische Mikrofauna und Schalenreste, „wahrscheinlich von Cyrenen“, festgestellt hat. Auch nach dem Profil SCHMIDT-THOMÉs kommen in diesem Niveau erstmals „Mergel mit Cyrenen“ vor, also brackische Schichten.

Mit einem über 20 m mächtigen, massigen, blaugrauen bis graubraunen feinkörnigem Sandstein, der vereinzelt bis cm-große Quarzgerölle enthält, setzt anhaltend eine Sandsteinfolge bis zum Aufschlußende ein. Das etwa 100 m mächtige Paket enthält, soweit aufgeschlossen, nur vereinzelt Mergel- und Kohlelagen, so daß auf eine Neuaufnahme verzichtet wurde. Die folgenden Angaben sind von SCHMIDT-THOMÉ bzw. SICHERMANN übernommen worden.

Der zuletzt erwähnte massive Sandstein bildet im Graben eine etwa 6 m hohe Wand. An seiner Oberkante stellt sich ein 5 cm mächtiges Pechkohleflözchen ein, das unmittelbar von einem 15 cm mächtigen feinkörnigem Konglomerat überlagert wird. Über diesem liegt ein 3 m mächtiger, massiger, blaugrauer feinkörniger Sandstein, gefolgt von einem graugelben kreuzgeschichteten Sandstein mit bis zu 1 cm großen Quarzgeröllen. Ein kreuzgeschichteter graugelber Sandstein, 3,3 m mächtig, bildet den vorläufigen Abschluß der Sandsteinfolge, die durch eine größere Schuttstrecke im Graben unterbrochen wird.

Oberhalb setzen sich die massigen feinkörnigen Sandsteine fort, die zunächst von cm-mächtigen Kohleschmitzen und hellgrauen tonigen Mergeln unterbrochen werden. Der Sandstein ist im folgenden undeutlich kreuzgeschichtet. Schutt überdeckt von neuem das Anstehende.

Über einer Sandsteinbank folgen hellgraue tonige Mergel, die SCHMIDT-THOMÉ als brackisch beschrieben hat. Dem muß nicht widersprechen, daß die Mikrofauna einer von SICHERMANN entnommenen Probe sich als marin erwies, da sie einer etwas höheren Lage entnommen worden sein könnte.

In ihrer vorwiegend sandigen Ausbildung geben die Schichten des oberen Grabens wenig Anhaltspunkte. Immerhin wurden wiederholt marin-brackische Einschaltungen beobachtet; außer dem unteren Flöz kommen jeweils im vertikalen Abstand von ca. 30 m noch zwei Flözhorizonte vor.

SICHERMANN bzw. PAULUS haben darauf verwiesen, daß dieser Abschnitt nicht zur Unteren Bunten Molasse gestellt werden kann, wie es SCHMIDT-THOMÉ erwogen hat. Dies ergab die Untersuchung von Proben, die zufällig und soweit fossilführend bis auf eine Ausnahme marine Mikrofaunen enthielten. PAULUS, in seinem Bericht an SICHERMANN, meinte daher sogar auch noch im oberen Grabenprofil einen insgesamt marinen Schichtenverband vor sich zu haben. Das trifft jedoch uneingeschränkt nicht zu. Die Proben, die PAULUS zur Untersuchung überlassen wurden, dürften das Profil nicht ausreichend belegt haben. So hat schon SCHMIDT-THOMÉ auf das wiederholte Auftreten von „Mergeln mit Cyrenen“, auch noch am oberen Ende des Grabens, hingewiesen. Im übrigen sind marin-brackische Faunenhorizonte in der Brackwassermolasse oft vertreten, auch in den entsprechenden Profilen auf Blatt Penzberg. Das Profil des Grabens über der Oberkante der Marinen Baustein-Schichten ist bis zum Aufschlußende der Unteren Brackwasser Molasse zuzuordnen, die hier, im Gegensatz zu den anderen Profilen des Blattes Penzberg, ungewöhnlich mächtige Sandsteinfolgen enthält.

Der Stallauer Bach, südlich Ramsau

Von S zwischen Stallauer Eck und Blomberg auf Blatt Penzberg kommend, biegt der Stallauer-Bach nach W in die Senke des Stallauer-Weiher ein, nimmt einige Nebenbäche auf und wendet sich südlich von Ramsau wieder nach Norden. In diesem ca. 750 m langen Abschnitt durchbricht er u. a. die harten Baustein-Schichten im Südflügel der Penzberger Mulde. Die natürlichen Aufschlüsse zeigen, wenn auch lückenhaft, ein Querprofil, das sich mit den benachbarten entsprechenden Profilen vergleichen läßt. Ihrem Streichen nach, das mehr ENE verläuft, verlängern die Schichten hier den Bad Heilbrunner Rücken, in dem der Muldenschluß der Penzberger Mulde angedeutet ist. Weiter nach Osten zu streichen die Schichten im Buchberg-Rücken, der auf Blatt Bad Tölz übergreift, wieder fast E-W.

Die guten Aufschlüsse beginnen in den Hängen auf beiden Seiten des Bachs bei der alten Hammermühle von 1813 (R 60 300, H 90 370). In ca. 4–5 m mächtigen harten Sandsteinbänken, die mit 59–60° N einfallen, sind Grabgänge zu beobachten. Ein kleiner, ebenfalls S–N-verlaufender Nebengraben schließt weiter nördlich (R 60 180, H 90 420) ein stratigraphisch etwas höheres Niveau auf. Über einer mittel-grobkörnigen Sandsteinbank stehen hier blaugraue stark mergelige Sandsteine und harte Sandmergelbänke an, die reichlich u. a. kleine Turritellen enthalten.

Nach N zu mündet der Seitengraben in den Stallauer-Bach und an der Brücke R 60 210, H 90 450) finden sich schwach grünliche, mattgraue, san-

dige Tonmergel, u. a. mit marinen, stark gerippten, aber dünnchaligen Muscheln. Seeigelreste bestärken den Eindruck, daß diese Schichten dem Typus der Tonmergel-Schichten entsprechen. In ihrem Liegenden stellen sich harte Bänke aus einem feinkörnigen grauen Sandstein ein, die eine Stufe des einmündenden Nebenbachs bedingen.

20 m weiter bachabwärts, unter der Brücke über die der Weg zur Hammer-schmiede führt, stellen sich Bänke aus etwas größerem harten Sandstein ein, der lagenweis viel Pflanzenhäcksel führt, vereinzelt auch Blattreste. Weiter nach Norden sind an der Straße über 10 m hohe Anbrüche in feinkörnigen, dünnplattigen bis bankigen verwitterten Sandsteinen, die Steinkerne mariner Mollusken enthalten. Die stratigraphisch höchsten Lagen sind grobkörniger und lassen kohlige Streifen erkennen.

Das Stallauer-Bach-Profil ist etwa 180 m mächtig. Leider sind nur kleine Teilabschnitte aufgeschlossen, deren Einstufung daher problematisch ist. Im Vergleich mit dem Profil des benachbarten Buchberg-Grabens bieten sich die mächtigeren fossilführenden marinen Mergel über der oberen Turritellenbank an. Diese Horizonte könnten im Stallauer-Bach an der oben erwähnten Brücke und südlich davon in dem kleinen Seitenbach vertreten sein. Die Sandsteine nördlich der Brücke würden dann die tieferen Lagen der Brackwassermolasse bilden, die hier wie dort marine Einschübe enthalten. Die marinen Sandsteine an der alten Hammermühle dürften zum Grenzbereich der Tonmergel-Schichten gehören.

400 m weiter nach N zu, zwischen Obermühl und Ramsau, lenkt der Stallauer-Bach wieder in das Streichen nach WSW ein und schneidet hier die Obere Bunte Molasse an.

Der Schönmühl-Stollen bei Rain/Loisach

Der Stollen quert den Südflügel der Penzberger Mulde und erschloß ein Profil, das in typischer Ausbildung Tonmergel-Schichten – Marine Baustein-Schichten – Brackwassermolasse umfaßt. Das Stollenprofil, von SCHMIDT-THOMÉ bei der Auffahrung provisorisch aufgenommen, steht zwischen dem Profil des Buchberg-Grabens im E und dem des Autobahneinschnitts Sindelsdorf im W und ermöglicht die Koordination dieser drei faziell-stratigraphisch wichtigen Schichtprofile im Grenzbereich Untere Meeresmolasse/Untere Brackwassermolasse.

Höhere Tonmergel-Schichten stehen noch im Oberwasserkanal im S des Stollens an. Neben den charakteristischen Tonmergeln überwiegen an der Obergrenze sandige Bänke. Es kommen sowohl mittelgraue mergelige Sandsteine/Sandmergel vor als auch harte feinkörnige Sandsteine, die plattig zerfallen. Die Schichten führen häufig eine Mikro- bzw. Makrofauna und sind marin.

Die Grenze zu den Marinen Baustein-Schichten wird etwa in der Hälfte des Oberwasserkanals erreicht. Mit ihr setzen die Tonmergelbänke aus, doch stellen sich nach wie vor mittelgraue-graue Sandsteine ein. Mit der Kornvergrößerung treten jedoch schon nach etwa 10 m die ersten Konglomeratbänke auf. Im Mittelteil der Marinen Baustein-Schichten kommen ähnlich wie im Buchberg-Graben sehr mächtige, dunkelgraue, mittel-grobkörnige Sandsteine vor, die reich an dunklen Gemengteilen sind. Nach oben zu häuft sich kohlige Substanz, teils zerstreut im Sandstein, teils lagenweis angereichert. Sogar mm-starke kohlereiche Lagen und 1–2 cm starke Kohleschiefer sind eingeschaltet. Die Fauna der Begleitschichten bleibt jedoch marin.

Über einem 14 m mächtigen, mittelgrauen, mittelkörnigen Sandstein stellt sich an der Grenze zur Brackwassermolasse eine 40 cm mächtige Bank ein, die teils aus geröllführendem Sandstein, teils aus einem Konglomerat besteht. Die Gerölle werden erbsengroß. Unmittelbar darüber liegt ein brackischer fossilführender Cyrenenmergel. Es folgen 14 m hell-mittelgraue Mergel und dann ein 15 cm mächtiges Pechkohleflöz. Dieses wird von 7 m mächtigen, mittelgrauen, fossilreichen brackischen Mergeln überlagert (mit *Polymesoda*, *Tympanotonus*). Im Gegensatz zum Buchberg-Graben dominieren Sandsteine nicht mehr in diesem Profilabschnitt. Für die seinerzeit entnommenen Proben wurden keine marinen Faunen angegeben, öfter jedoch brackische, auch limnische. Vereinzelt finden sich schon gefleckte Mergel. Kalkmergel sind häufig.

Die Höheren Tonmergel-Schichten sind auch in diesem Stollen-Profil nur mit ihren obersten 40 m erschlossen worden. Die Marinen Baustein-Schichten werden 70 m mächtig. Die folgenden Schichten, in einer Mächtigkeit von etwa 170–180 m erschlossen, sind in den unteren 115 m ausgesprochen brakisch entwickelt. Die Schichten sind überkippt und fallen steil nach S ein.

Der Autobahn-Einschnitt Sindelsdorf

Die A 22 München–Garmisch-Partenkirchen quert am Rand der Gradabteilungsblätter Penzberg und Iffeldorf in einem tiefen Einschnitt den überkippten, steil S-fallenden Südflügel der Penzberger Mulde, der auch hier noch den Buchberg-Höhenrücken morphologisch bildet. Die Schichtenfolge war während der Bauarbeiten in den Jahren 1969/70 aufgeschlossen und konnte im Rahmen der Kartierung Schicht-für-Schicht aufgenommen werden. Der bis 160 m breite und bis 20 m tiefe Einschnitt liegt fast senkrecht zum Schichtstreichen und ließ vorzüglich die fazielle Ausbildung der Schichten erkennen. Der Fazieswechsel erfolgt in der gesamten hier anstehenden Molasse so häufig und so engräumig, daß selbst parallel aufgenommene Schichtprofile von der E- bzw. W-Seite der Trasse häufig kaum oder schwer vergleichbar sind.

Das aufgenommene Detail-Profil umfaßt Tonmergel-Schichten – Marine Baustein-Schichten – Untere Brackwasser Molasse – Untere Bunte Molasse in einer Gesamtmächtigkeit von über 500 m. Das Profil konnte nach S zu im Bereich anstehender Tonmergel-Schichten übersichtlich noch um weitere 200 m ergänzt werden.

Tonmergel-Schichten waren im Südhang des Rückens durchgehend von Autobahn-km (A-km) 48,970–49,300 aufgeschlossen. Mittelgraue Tonmergel bestimmen durchwegs die Ausbildung in den unteren $\frac{2}{3}$ dieses Profils; Sandsteinbänke treten hier nur untergeordnet auf. Die obersten 120 m zeigen demgegenüber eine fazielle Verzahnung von Tonmergel und Sandsteinen. Selbst m-starke Sandsteinbänke keilen auf kurze Distanz aus. Marine Makrofossilien sind in den unteren $\frac{2}{3}$ spärlich vertreten, in den Höheren Tonmergel-Schichten jedoch nicht zu übersehen. Pflanzenreste sind gelegentlich auf Schichtflächen angereichert, auch Pechkohleschmitze treten auf.

Die mittelgrauen Sandsteine der Höheren Tonmergel-Schichten sind im Profil als massive bis 10 m mächtige Bänke (Linsen) vertreten. Sie sind meist \pm schwach mergelig, feinstkörnig und so von den meist grauen-hellgrauen feinkörnigen Sandsteinen der Bausteinschichtenfazies zu unterscheiden. Wiederholt treten aber auch 0,3–0,9 m mächtige Bänke aus einem grauen, sehr harten Sandstein auf, bereits kurz über der Basis der Höheren Tonmergel-Schichten. Sie sind sehr fossilreich, die Fossilien artenreich. Neben Muschelpflastern enthalten diese Sandsteinbänke u. a. großwüchsige Turmschnecken und Haiﬁschzähne.

Von S kommend folgen im Profil die Marinen Baustein-Schichten. Sie bilden hier die südlichste Schichtrippe des Höhenrückens bei A-km 920–48,909. Insgesamt sind die Marinen Baustein-Schichten 67 m mächtig und bestehen durchwegs aus dicken Sandsteinbänken. Einzelne Mergellagen werden bis 20 cm stark, häufig sind sie verdrückt. Einzelgerölle im Sandstein, Geröllinseln und -Pflaster treten zunächst spärlich auf. Erst unter der Oberkante der Marinen Baustein-Schichten werden die Sandsteine grobkörniger, z. T. konglomeratisch. Hier stellt sich auch ein 3,8 m mächtiges Konglomerat ein; die Gerölle haben eine max. KGr von 2–3 cm. Marine Fossilien sind angesichts der vorwiegend massigen Sandsteinfazies nicht häufig.

Die gut 160 m mächtige Untere Brackwasser Molasse schließt sich bis etwa A-km 48,700 an. Sie geht in die nachfolgende Untere Bunte Molasse über, die sich bereits nahe der Basis der Brackwasser Molasse ankündigt, allerdings zunächst nur mit geringmächtigen Lagen. Die Untere Brackwasser Molasse setzt mit einem Pechkohleflöz und einem mächtigen brackischen Mergelhorizont über marinen Schichten ein. Sie entwickelt sich dann faziell weiterhin so, wie es aus der Mariensteiner Mulde bekannt ist. Wie dort tritt über den unteren Pechkohleflözen ein „Ampullina-Horizont“ auf und im oberen Teil stel-

len sich zwei sehr mächtige brackische Horizonte ein. An den obersten ist hier das mächtigste Pechkohleflöz (13 cm Pechkohle) gebunden.

Mächtige Sandsteinbänke, auch konglomeratistische Sandsteine in Baustein Schichtenfazies, finden sich vereinzelt in der gesamten brackischen Folge. Meist bilden jedoch harte Kalkmergelbänke die Schichtrippen des Höhenrückens; es ist bezeichnend, daß die Untere Brackwasser Molasse, jedoch nicht die Marinen Baustein-Schichten, die hier wie in den anderen Aufschlüssen des Blattgebietes nur spärlich Konglomeratbänke aufweisen, im gesamten Blattgebiet morphologisch den Kern des Buchberg-Höhenrückens bilden. Wie in den Höheren Tonmergel-Schichten bedingt ein engständiger, rascher Fazieswechsel eine im Detail sehr wechselhafte Ausbildung der Schichten. Unter den gegebenen Bedingungen tritt auch die zyklische Gliederung der brackischen Schichtenfolgen kaum hervor.

Das aufgenommene Profil endet im N-Hang des Rückens bei A-km 48,61 l im Bereich der Unteren Bunten Molasse. Sie enthält in ständiger Wechsellagerung graue, braungefleckte \pm sandige kalkreiche Mergel und Kalkmergel. Meist in geringmächtigen Lagen finden sich dunkelgraue oder grünlichgraue milde Mergel mit limnischer, aber auch terrestrischer Fauna. Bei starker Anhäufung der limnischen Mergel könnte anstatt von Bunter Molasse von einer Verzahnung mit Unterer Süßwassermolasse gesprochen werden. Vereinzelt stellen sich bei den milden Mergeln auch Kohleletten ein. Selten sind hellgraue feinkörnige Sandsteinbänke, die etwa 30 cm mächtig werden können.

Baugrube Kraftwerk-Projekt, Penzberg

Das insgesamt fast 60 m mächtige Profil umfaßte den oberen Teil des Unteren Sandes sowie ca. 39 m der folgenden Schwaiger-Schichten. Es vermittelte einen hervorragenden Eindruck von der Zusammensetzung dieser Schichtenfolge, die derart detailliert bisher an keiner anderen Stelle aufgenommen worden ist. Hier ist die Feldaufnahme wiedergegeben; Laboruntersuchungen wurden nicht vorgenommen.

Vom Unteren Sand dürfte angesichts der bekannten Gesamtmächtigkeit etwa die Hälfte aufgeschlossen gewesen sein. Von der zeigt jeweils $\frac{1}{3}$ eine eigene Ausbildung. Das untere Drittel enthält einen harten blaugrauen Sandstein, etwa ähnlich den Sandsteinen der Baustein-Schichten. Das mittlere Drittel besteht aus weißen, fein-grobkörnigen meist zu Sand zerfallenen kreuzgeschichteten Sandsteinen. Sie enthalten teilweise Holzreste, ferner auch Kohlereste, die u. a. auch in einer 4 cm mächtigen Kohlelage angereichert vorkommen. Der Sandhorizont schließt im oberen Drittel mit einem hellen, feinkörnigen massigem Mürbsandstein ab.

Unmittelbar im Hangenden des Mürbsandsteins stellt sich ein Flözhorizont ein, der übereinstimmend mit älteren Bergwerksangaben mehrere Stink-

steinbänke enthält. Er wird von Lagen mit einer sehr arten- und individuenreichen marin-brackischen Fauna überlagert. Das weitere Profil ist als Brackwassermolasse in voller und charakteristischer Ausbildung entwickelt. Mächtige Cyrenenmergel herrschen vor; daneben stellen sich Horizonte mit limnischer Fauna ein. Es wurden 4 Flözhorizonte angetroffen, von denen der oberste wohl dem Flöz 25 (nach der Flöz-Numerierung des Bergwerks) entspricht. Die intensiv brackische Ausbildung der Schwaiger-Schichten über dem Unteren Sand, zusammen mit einigen marin-brackischen Einschüben, stimmt besser mit dem entsprechenden Profilabschnitt der Bohrung Kirchbichl 1/1953–54 überein als es eine frühere Darstellung zeigen konnte (STEPHAN 1965, Beil. 2, Profil 2 und 3).

Untersuchungs-Schacht und -Querschläge Bernwies

Der Schacht (Ansatzpunkt R 61 61, H 94 60; 637,53 m ü. NN) traf unter 4–5 m Überlagerung auf Cyrenenmergel und schwarze Letten, die zum Hangenden des Flözes 26 gehören. Die Schichten streichen mit 68–71° und fallen sehr steil mit 85° nach NW ein. Der Schacht wurde bis auf 602,01 m ü. NN abgeteuft und erreichte hier die oberen Lagen des Flözes 26. Der von hier nach S vorgetriebene Untersuchungs-Querschlag wurde leicht ansteigend (bis auf +604,31 m ü. NN) bei ca. 198 m in der Überlagerung eingestellt.

Die Schichten unterhalb von Flöz 26 bis Flöz 25 sind hier als graue Sandsteine mit Konglomeratlagen ausgebildet. Nur unmittelbar im Hangenden des Flözes 25 stellt sich eine Muschellage mit *Mytilus* ein. 38 m unterhalb von Flöz 26 wurde die Basis der Schwaiger Schichten bzw. die Oberkante des Unteren Sands erreicht; über ihr enthält ein 2,28 m mächtiger Flözhorizont 23 cm Kohle, 200 cm Stinkstein und eine 5 cm mächtige Muschellage.

Der Untere Sand zeigt einen oberen 13,2 m mächtigen Abschnitt mit weißen Sand und einen unteren, 20,5 m mächtig, mit grauem Sand. Ca. 7 m über seiner Basis tritt im grauen Sand eine 0,7–0,8 m mächtige feste Bank auf.

Weiter im Liegenden wurden zunächst 3 m mächtige sandige Mergel angetroffen, die vereinzelt Muscheln enthalten, und dann wiederum ca. 5 m mächtige graue feste Sande. Vergleichbare Schichten treten in tieferen Lagen nicht mehr auf, so daß der Untere Sand wahrscheinlich bereits mit diesen grauen Sanden beginnt. Die Mächtigkeit des unteren Abschnitts würde somit 28,5 m betragen und die Gesamtmächtigkeit des Unteren Sands 41,7 m. Fossilien, Kohlelagen etc. wurden in den hier zitierten Markscheider-Unterlagen vom Unteren Sand nicht angegeben.

Die Penzberger Liegend-Flözgruppe unterhalb des Sands enthält zuoberst ca. 3 m mächtige graue Mergel, deren unteres Drittel brackisch ausgebildet ist mit *Psammobia*, *Polymesoda* und *Tympanotonus*. Die oberen zwei Drittel enthalten Sandstein- und vereinzelt Konglomeratlagen mit einer marinen Molluskenfauna.

Im einzelnen sind aufgeführt

Anadara diluvii (LAMARCK)
Glycymeris sp.
Cardita sp.
Cyprina islandica rotundata AGASSIZ
Taras (*Felianaella*) sp.
Phacoides (*Lucinoma*) sp.
Cardium heeri MAYER-EYMAR
Lutraria sanna BASTEROT
Tellina sp.
Panopea meynardi DESHAYES
Pholadomya puschi GOLDFUSS
Thracia (*Cyathodonta*) *speyeri* KOENEN
Turritella (*Haustator*) *venus* D'ORBIGNY
Nassa sp.

Eine wellige Grenzlinie trennt die oberen marinen Drittel vom unteren Cyrenenmergel-Drittel ab.

Die Flöze 22, 23 und 24 vom oberen Teil der Flözgruppe sind im südlichen Untersuchungsquerschlag wie erwartet angetroffen worden. Relativ mächtige Cyrenenmergel stellen sich auch hier zwischen Flöz 23 und 24, sowie unterhalb von Flöz 23 ein. Der auch noch angefahrne, restliche Schichtenstoß bis zum Ende des Querschlags ist 44 m mächtig.

4.4. Quartär

(W. STEPHAN)

Der jüngste und zugleich kürzeste Abschnitt der Erdgeschichte umfaßt gut 2 Mio. Jahre. In dieser kurzen Zeit wurde während des Pleistozäns und des Holozäns (der letzten 10 000 Jahre) unser heutiger Landschaftsraum entscheidend geprägt. Das Eis des Isar-Loisach-Vorlandgletschers wirkte dabei maßgeblich mit und formte die im Jungtertiär gebildeten Landformen des Blattgebietes um. Entsprechend dem mehrmaligen Wechsel von Warm- und Kaltzeiten kam es im Pleistozän wiederholt zu Gletschervorstößen. Dabei wurde unser Gebiet tief ausgeräumt. Die gegenwärtige Beckenlandschaft stellt sich uns heute letztlich so dar, wie sie vom ribeiszeitlichen Gletscher vor über 150 000 Jahren geprägt und vom würmeiszeitlichen Gletscher vor 25 000–15 000 Jahren ausgeformt wurde.

Die Randgebiete des Beckens enthalten auf der Ostseite die Bildungen der Kontaktzone zwischen dem Gletschereis und dem Blomberg-Zwiesel-Flysch. Der steile Abfall des Randes zum Becken zeichnete als natürlicher Pegel die Marken jeweiliger Gletscherstände auf.

Endmoränen, die der Gletscher jeweils während des Höchststandes der Vereisung aufschüttete, fehlen naturgemäß hier in der Umgebung seines Stammbeckens. Sie liegen weiter im N. Nur entsprechende Seitenmoränen hochglazialer Phasen der Würm-Eiszeit im Flysch-Gebiet und Moränenrücken spätglazialer Phasen sind teilweise erhalten. An vielen Stellen jedoch, wo der Gletscher den Kontakt zum Untergrund aufnahm, hinterließ er auch hier verschiedenartige Ablagerungen und selbst großräumige Bildungen. Die Schichtrippenlandschaft des Buchberg-Höhenrückens, als querstehendes morphologisches Element unübersehbar inmitten des Beckens, bietet dafür ein hervorragendes Beispiel.

Quartäre Bildungen, die sich wiederholt nach und nach beim Vorrücken bzw. beim Abschmelzen des Eises bildeten, überwiegen im Blattgebiet. Die Vorgänge, die auch zur Bildung mächtiger Schuttkegel und Moore geführt haben, setzten jeweils bereits sehr intensiv im Spätglazial ein und dauerten in den Warmzeiten an.

4.4.1. Pleistozän

Klimaverschlechterung führte in Kaltzeiten wiederholt zu einer weiträumigen Vergletscherung der Alpen. Von den Nährgebieten ausgehend sammelte sich das Eis in den Haupttälern und quoll schließlich, immer höher ansteigend, auch über tiefer gelegene Höhen und Pässe der Talränder hinweg. Mit Lokalgletschern vereinigte es sich zu einem weitverzweigtem, großflächigen Eisstromnetz, das an vielen Stellen das Vorland erreichte und sich auch hier ausbreitete.

Unser Blattgebiet wurde im Pleistozän vom Eis des Inngletschers und einiger Lokalgletscher überfahren. Der Inngletscher wurde aus seinem Einzugsbereich im Engadin gespeist, von Landeck aus auch aus westlich gelegenen Gebieten. Die Eismassen flossen von Landeck aus bis Imst nebeneinander talabwärts, das Engadineis auf der rechten, das Sannaeis auf der linken Talhälfte. Hauptsächlich das letztere strömte dann weiter über das Gurgl-Tal nach NE bis Nassereith. Von hier aus erreichte es z. T. über den Fernpaß und das Loissachtal das Murnauer Gebiet. Das Engadineis erhielt auf seinem Weg längs des Inntales starken Zuwachs von Süden (Ötztal u. a.). Teile der Eismassen konnten, zumal sie aufgestaut wurden, von Telfs aus über die Sättel bei Buchen und Seefeld das obere Isartal erreichen. Während ein östlicher Zweig von hier aus der Isar nach Tölz folgte, drang der kräftigere Zweig gerade den Wegs über den Kesselberg-Paß in unser Gebiet.

Engadin- und Sannaeis brachten eine reiche Gesteinsauswahl mit, besonders vom Kristallin der Zentralalpen. Diese Fracht bezeugt nicht nur die Herkunft des Materials. Ihre Ankunft setzt auch stoffliche Markierungen in den Profilen der pleistozänen Ablagerungen. Die bunte Gesteinsauswahl enthält

auch Leitgeschiebe (vgl. DRESBACH 1985). Vom Oberengadin stammen mit Sicherheit u. a. die charakteristischen Juliergranite mit ihren grünlichen Feldspäten, die roten Alkaligranite und rhyolitisch-andesitische Ergußgesteine sowie Porphyre. Vom Unterengadin kommen die tief dunkelgrünen Serpentine der Ophiolith-Serien und von den südlichen Lechtaler Alpen rötliche Buntsandsteine.

Kalksteine und Dolomite herrschen in allen Schottern und Moränen unseres Gebietes vor. In den frühglazialen Schottern, vor Ankunft des Zentralalpins, beträgt ihr Anteil häufig über 90%. Das entspricht den Einzugsgebieten in den Nördlichen Kalkalpen. Kieselige Sandsteine bzw. Karbonate, Hornsteine, Sandsteine, Konglomerate u. a. aus dem Flysch, dem Helvetikum und der Molasse, bilden sehr wechselhafte Anteile, jeweils abhängig von der örtlichen Situation. In den unteren Lagen der Grundmoräne findet sich sehr weitgehend der jeweils anstehende Untergrund wieder.

So sehr früh-, hoch- und spätglaziale Bildungen das äußere Bild des Pleistozäns bestimmen, so entscheidend sind doch Faunen und Floren der Warmzeiten bzw. der Interstadialen für die Stratigraphie des Pleistozäns. Zur Schieferkohle von Großweil am Rand des Stammbeckens (Kochelsee) kam jetzt das warmzeitliche Seetonprofil von Eurach auf Bl. Penzberg hinzu. Hier und in der Umgebung fanden sich auch mehrere Schieferkohlevorkommen in frühglazialen Schottern, die Interstadialen des Würm-Frühglazials zugeordnet werden konnten. Erst diese gewiß geringmächtigen interglazialen bzw. interstadialen Schichten liefern Daten zur biostratigraphischen Gliederung des umfangreichen Pleistozäns. Sie werden durch physikalische Meßdaten ergänzt, die das absolute Alter angeben.

Blatt Penzberg und das südliche Anschlußblatt Kochel a. See umfassen das Stammbecken der im Norden anschließenden Zungen des Würmsee- und des Wolfratshauer Gletschers. Seit PENCK (1901) gilt dieses Gebiet als Modell einer letzteiszeitlichen Landschaft, die auch namensgebend für die Würm-Eiszeit im Alpenvorland geworden ist. In den letzten Jahrzehnten ist das Gebiet des Isar-Loisach-Vorlandgletschers durch die oben erwähnten interglazialen bzw. interstadialen Vorkommen für die Geologie des Pleistozäns weiterhin so bedeutend geworden, daß es zusammen mit dem Inn- und Traungletscher-Gebiet zur Typusregion für das Würmglazial erklärt worden ist (CHALINE & JERZ 1984). Dem Jungpleistozän des Blattgebietes wird in diesen Erläuterungen gebührender Raum gewährt, auch wenn wegen der Stofffülle auf Spezialarbeiten verwiesen werden muß.

Die Gliederung des Pleistozäns von Bl. Penzberg läßt bisher unterscheiden

Alt-Pleistozän	Jüngerer Deckenschotter	?Mindel-Eiszeit
Mittel-Pleistozän	Ablagerungen der	Riß-Eiszeit
Jung-Pleistozän	Ablagerungen der	Riß/Würm-Warmzeit
	Ablagerungen des	Würm-Frühglazials
	Ablagerungen des	Würm-Hochglazials
	Ablagerungen des	Würm-Spätglazials.

Entsprechend der geomorphologischen Situation im Blattbereich sind die älteren pleistozänen Ablagerungen nur als Reliktorkommen in Lagen erhalten geblieben, wo sie vor der tiefreichenden Ausräumung geschützt waren. Ihre Bedeckung durch jüngere Ablagerungen, insbesondere durch die weitverbreitete Grundmoräne, trägt weiter dazu bei, daß sie kaum erschlossen sind und erst durch künstliche Aufschlüsse und Bohrungen vereinzelt bekannt werden.

4.4.1.1. Alt-Pleistozän – Jüngerer Deckenschotter – ? Mindel-Eiszeit, Dj

In den alpenrandnahen Gebieten nehmen die als sog. Deckenschotter bezeichneten Ablagerungen nur geringe Flächen ein. Ihre Vorkommen beißen zuweilen an den Hangkanten aus. Sie unterscheiden sich durch ihre stärkere Verfestigung und durch ihren Geröllbestand von den jüngeren Schottern.

Während auf dem nördlichen Anschlußblatt auch ältere Deckenschotter vorkommen (JERZ 1969: 32 f.), greift der Jüngere Deckenschotter nur südöstlich Kreut mit einem Ausläufer auf Blatt Penzberg über. JERZ hat ihn zwischen 650 und 670 m ü. NN dort im Hang des Rottach-Beckens als relativ grobe Schotternagelfluh unter Würmmoräne ausgeschieden. Seine Fortsetzung könnte durch eine Stufe im oberen Hang und durch Quellaustritte unterhalb des oben angegebenen Niveaus angezeigt werden. Aufschlüsse sind im Blattgebiet nicht vorhanden.

4.4.1.2. Mittel-Pleistozän (Riß-Eiszeit)

Der Isar-Loisach-Vorlandgletscher stieß während der Riß-Eiszeit weiter als in der Würm-Eiszeit nach N vor. Im Blattgebiet gibt es einige Relikt-Vorkommen, von denen das von Eurach am besten untersucht ist.

Als südliche Fortsetzung der bei Moosaurach auf dem nördlichen Anschlußblatt ausgeschiedenen Riß-Schotter (JERZ l. c.) kommt ein Vorkommen bei Karpfsee in Betracht. Es steht in einem nach NNE ausgerichteten, gletscherüberformten Rücken an, der auch hier als Härtling inmitten des umgebenden Filzes aufragt. Eine Kiesgrube erschließt sein Nordende und die anstehende, gut geschichtete Nagelfluh, die vorwiegend Kalkalpingerölle enthält. Die Unterkante der über 10 m mächtigen Nagelfluh liegt bei Karpfsee um ca. 625 m ü. NN, deutlich unter dem Niveau des erwähnten Jüngeren Deckenschotters. Das spricht (JERZ) für eine rißbeiszeitliche Bildung, jedoch nicht für eine Zuordnung zu einem Deckenschotter (AIGNER 1910, ROTH-PLETZ 1917).

Riß-Schotter im vergleichbaren Niveau dürften auch in einem Sporn anstehen, der knapp 1500 m nordwestlich Karpfsee vom Molasserücken bei Nantebuch nach NE vorspringt. Die Kiese sind in einer Grube teilweise erschlossen. Ca. 1 km weiter südlich Karpfsee liegt ein weiterer, hier N-S ausgerichteter

ter Höhenrücken mit dem Hof Bocksberg. Im vergleichbaren Niveau könnte er ebenfalls Riß-Schotter enthalten, die jedoch nicht aufgeschlossen waren. SCHNETZER wies in einem Gutachten vom 19.6.1940 darauf hin, daß „bei Letten“ die Gebäude des Hofgutes auf einer Riß-Schotter-Insel im Zungenbeken liegen. Er teilte keine Einzelheiten mit. Seine Angabe sollte sich jedoch auf das Gut Bocksberg bei Letten beziehen bzw. auf einen Eintrag in der Geologischen Karte von Bayern 1:100 000 Blatt 651 Tölz (LEBLING 1923).

Rißeiszeitliche Moräne und Seetone, einschließlich des spätrißeiszeitlichen Anteils, sind bei Eurach erbohrt worden (S. 272). Das Vorkommen blieb im Luv eines kleinen Molasserückens vor der würmeiszeitlichen Ausräumung erhalten.

Die Einstufung der in mehreren Bohrungen angetroffenen Schichten (STEPHAN 1979) ergibt sich aus ihrer weitgehend kontinuierlich erfolgten Ablagerung, die in der Riß-Eiszeit einsetzt und dann über das Spätriß bis zur Riß/Würm-Warmzeit (Eem-Interglazial) reicht (BEUG, DEHM, JUNG, OHMERT, jeweils 1979). Die Korrelierung Eurachs mit dem vorletzten Holstein-Interglazial durch FRENZEL (1973, 1978, 1983) beruht auf seiner Interpretation pollenanalytischer Untersuchungen, der jedoch BEUG widersprach (l. c.). Sie ist im Vergleich mit anderen Vorkommen des Blattgebietes und des nördlichen Anschlußgebietes auch geologisch nicht zu stützen.

Die Obergrenze der kaltzeitlichen Bildungen ist im Seetonprofil (Bohrung Eurach I/1968 in 10,75 m Tiefe bei ca. 604 m ü. NN) scharf ausgebildet und mehrfach definiert. Die kaltzeitlichen Seetone zeigen nach Pollenuntersuchungen (BEUG) in ihrem letzten Abschnitt das Ende der waldlosen Zeit. Untersuchungen der pflanzlichen Großreste (JUNG) und der Molluskenfauna (DEHM) stimmen mit diesem Ergebnis überein. Die Grenze tritt zudem sehr deutlich im Häufigkeitsdiagramm der Ostrakoden (OHMERT) hervor. Die lithologische Ausbildung der Seetone im Grenzbereich reagiert gleichfalls auf die klimatischen Veränderungen.

Das rißeiszeitliche Profil beginnt in der Bohrung Eurach 1972 mit einer < 1 m mächtigen (Grund-)Moräne über anstehender Molasse. Die unsortierte Moräne enthält kaum gerundete Gerölle bis 7 cm Ø u. a. aus Molasse und Kalkalpin, wohl auch größere Gerölle und Blöcke. Sie wird von schluffigen Seetonen überlagert, denen im untersten Teil wiederholt Sande und Kiese, auch lagenweis, beigemischt sind. Diese Ablagerungen sollten unmittelbar nach dem Abschmelzen des Rißeises abgesetzt worden sein. Die höheren Schichten dieser Bohrung sind glazialtektonisch gestört. Der unterbrochene Anschluß liegt in dem speziell untersuchten Seetonprofil der Bohrung Eurach I/1968 vor, die auch im Niveau an die Bohrung von 1972 angeschlossen werden kann.

Einheitlich graue-dunkelgraue Seetone, die recht gleichmäßig und toniger als die entsprechenden jüngeren Sedimente ausgebildet sind, herrschen im weiteren Verlauf zunächst vor. Erst gegen Ende der Rißeiszeit wird hier das Material gröber. Der schluffig feinstsandige Ton tendiert von da ab mehr zu einem tonig sandigem Schluff. Der Wechsel wird noch durch eine Schicht unterstrichen, die nach unten zunehmend grobsandig-feinkiesig wird und viel aufbereitetes Material der Umgebung, u. a. Mikrofossilien, aufnimmt.

Im oberen Bereich werden die kaltzeitlichen Seetone auch floristisch ansprechbar. Eine Dryas-Salix-reiche Phase läßt sich ausscheiden (JUNG). Ihre eisrandnahe Pflanzengesellschaft enthält außer *Dryas octopetala*, *Salix* div. sp., häufig auch Großreste von *Betula nana*, *Betula* sp., außerdem *Pinus sylvestris*, *Potamogeton natans*, *Carex* (*Eucarex*) div. sp., *Potentilla aurea* und *Soldanella* (*minima*?) sp. Die spätglaziale Flora dieser Abschnitte zeichnet sich vorwiegend durch Nicht-Baum-Pollen-Spektren mit hohen *Artemisia*- und *Helianthemum*-Anteilen aus (BEUG).

Nach den pollenanalytischen Untersuchungs-Ergebnissen setzt die Vegetationsentwicklung mit der Phase 1 (BEUG 1979, Beil. 1) für die waldlose Zeit am Ende der Riß-Kaltzeit ein. Erstmals lassen sich u. a. *Juniperus* und *Betula pubescens* nachweisen.

Makrofaunenreste sind selten im kaltzeitlichen Seeton. Erst am Ende, in der Phase 1, setzt die ununterbrochene Besiedlung des ehemaligen Sees mit Mollusken ein. Zunächst wurde nur *Valvata piscinalis* O. F. MÜLLER angetroffen (DEHM).

Die Ergebnisse der Mikrofaunenuntersuchung decken sich vor allem in der Abgrenzung der kaltzeitlichen Seetone vollständig mit den oben erwähnten Befunden. OHMERT gelang es nach sorgfältigster Aufbereitung des Bohrkernmaterials sogar unterhalb der Pollenzone 1 4 Ostradodenzonen auszuscheiden. Am Schluß der Kaltzeit wandelt sich die Ostrakodenfauna weitgehend um. Die ökologischen Bedingungen sprechen anfangs für eine Wassertiefe unter 20 m bei einer Wassertemperatur unter 7 °C. Am Ende der Rißeiszeit dürfte die Temperatur auf 7–10 °C angestiegen sein (OHMERT).

Weitere rißeiszeitliche Vorkommen sind bisher ebenfalls aus Bohrprofilen bekannt geworden (S. 274). Sie liegen vermutlich u. a. unterhalb einiger Würm-Frühglazialvorkommen, z. B. im Gebiet von Höfen. Ihre zeitliche Zuordnung ist vorerst jedoch ebenso wenig gesichert wie die Einstufung interglazialer Bildungen, die in Relikten auch noch unterhalb des Frühglazials vorkommen.

Im Nordhang des Buchbergs liegen im tieferen Teil, u. a. bei Linden und Hammerl, breite moränenbedeckte Rücken. Selbst in den tiefsten Gräben der Rücken steht nur Grundmoräne an. Unter Vorbehalt werden in diesen Vorkommen rißeiszeitliche Relikte vermutet.

4.4.1.3. Jung-Pleistozän

Ablagerungen der Riß/Würm-Warmzeit und der Würm-Kaltzeit werden als Jung-Pleistozän zusammengefaßt. Im Blattgebiet ist die Warmzeit von Beginn an fortlaufend mit den Vegetationsabschnitten 2–10 (BEUG 1979, Beil. 1) vertreten. Von hier ab sind die Profile lückenhaft.

Das Ende der Riß/Würm-Warmzeit setzt nach neuesten Untersuchungen vor rund 115 000 Jahren ein. Die Kaltzeit umfaßt im Unteren Würm etwa den Zeitraum 115 000–75 000 Jahre BP, im Mittleren Würm 75 000–25 000 Jahre BP und im Oberen Würm 25 000–10 000 Jahre BP. Das Frühglazial mit Unterem und Mittlerem Würm dauerte etwa neunmal so lange wie die Hauptvereisung im Hochglazial (10 000 Jahre).

Die altersmäßige Zuordnung der meist kurzen Pollendiagramme interstadialer Schieferkohlen-Horizonte ist vorerst noch problematisch (PESCHKE 1983). Vor allem scheinen auch Widersprüche hinsichtlich der physikalisch ermittelten Alters-Daten zu bestehen. Aus diesem Grund wird hier im Würm-Frühglazial zwischen Unterem und Mittlerem Würm nicht unterschieden.

4.4.1.3.1. Riß/Würm-Warmzeit

Das Schieferkohlevorkommen von Großweil (REICH 1953) im SW des Kockelseebeckens diente lange als einziges Beispiel für ein Riß/Würm-Interglazial im Alpenvorland. Erst neuerdings wurden weitere Vorkommen bei Mondsee, Zeifen und am Samerberg bekannt. Das Vorkommen von Eurach (l. c.) enthält im unmittelbaren Anschluß an das kaltzeitliche Riß-Profil (S. 142) gleichfalls lückenlos 10 Vegetationsabschnitte des warmzeitlichen Profils, die von der ältesten Kiefernzeit u. a. über die Eichen-Mischwaldzeiten, die Eibenzeit bis zur Fichten(-Tannen)-Zeit reichen. Das warmzeitliche Profil schließt mithin an die waldlose Zeit an und umfaßt den Beginn und die Entwicklung der warmzeitlichen Waldzeiten bis zum Klimaoptimum, ferner einige folgende Abschnitte, in denen bei rückläufiger Temperatur die Waldzonen wieder tiefer sanken. Das insgesamt gut 8 m mächtige Interglazialprofil ist oben gekappt. Es erreicht nicht den Beginn des Würm-Frühglazials. Flora und Ostrakodenfauna im letzten Abschnitt deuten immerhin den sich anbahnenden Übergang zur Kaltzeit an. Die Untersuchungen der Pollengehalte (BEUG), der pflanzlichen Großreste (JUNG), der Ostrakodenfauna (OHMERT) und der Molluskenfauna (DEHM) brachten einander entsprechende Ergebnisse.

Das warmzeitliche Profil beginnt und endet jeweils mit einer etwa 1 m mächtigen sandigen, sehr schillreichen Seekreide. In der unteren, 1,25 m mächtigen Seekreide vollzieht sich bereits erstaunlich rasch der Umschwung zur Warmzeit. Thermisch anspruchsvolle Bäume kommen erstmals, wenn auch in geringer Menge, vor, z. B. Eiche und Ulme im untersten V 2 (= Vegetationsabschnitt 2). Im guten oberen Drittel der unteren Seekreide (V 4 und V

5) prägt schon der Eichen-Mischwald, dessen Arten im V 3 bereits vollzählig vertreten sind, das Vegetationsbild. Die frühe Einwanderung der Fichte und ihre große Bedeutung, die sie früh erreichte, sind für das Alpenvorland bemerkenswert. Die Faunenumwandlung wird bei den Ostrakoden im V 2 vollzogen. Im unteren Sedimentabschnitt, von V 2–V 5, stellen sich auch weitere Molluskenarten ein. Zu den neu auftretenden Arten gehören im V 5 *Fagotia acicularis* (FÉRRUSAC), eine Form, die warme, kontinentale Verhältnisse anzeigt, und *Lymnaea peregra ovata* (DRAPERNAUD) im V 2. DEHM unterschied insgesamt 9 Arten, obwohl nur eine geringe Probenmenge (Rest der Kernproben) zur Verfügung stand.

Das Profil umfaßt dann einen 2,30 m mächtigen Abschnitt mit sandigem Seeton. Seine Mitte, der V 7 bzw. die Eibenzeit, ist eingefaßt von Fichten-Eichen-Mischwald-Zeiten (V 6 und V 8). Eibe, Tanne und Stechpalme erscheinen hier erstmals, später auch Hainbuche und Buche. Die Eibe erreicht max. 73% vom Gesamtbestand der Pollen und im V 8b kommt es zur Massenausbreitung der Tanne. Die Ostrakodenfauna ist gleichfalls mit neuen Arten vertreten und erreicht ihr Maximum im V 6.

Im Profil folgt dann der mit 3,4 m mächtigste, zugleich ruhigste Sedimentabschnitt mit fast sandfreien Seetonen. Die Tanne, die bereits vorher kräftig in Erscheinung trat, bestimmt nunmehr mit der Fichte die Zusammensetzung der Wälder. Tanne und Schwarzerle erreichen gegen Ende des Abschnitts ihre Maxima.

Das gekappte Interglazialprofil endet, wie es begann, mit einer sandigen, schillreichen Seekreide. Die V 9c und 10 sind weiterhin vom Fichten-Tannenwald geprägt. 2 Ostrakodenarten zeigen die eintretende Klimaverschlechterung an. Die obersten 20 cm der Seekreide sind kiesig und repräsentieren wohl nicht mehr den ungestörten Schichtenverband.

Die Seetone von Eurach, Ablagerungen eines ehemals größeren Beckens, sind auch südlich von Eurach weit verbreitet. Zahlreiche Flachbohrungen (S. 272) trafen bei Steigenberg auf mächtige Seetone im Untergrund. Sie wurden nicht näher untersucht. Ihre Höhenlage, kohlige Horizonte und z. T. viele Schneckenschalen legen es jedoch nahe, auch sie in das Riß/Würm-Interglazial einzustufen. Die Vorkommen sind durchwegs glazialtektonisch stark gestört. Zumindest sind die oberen Horizonte intensiv verschuppt. Sand- und Kieshorizonte, die vorwiegend über den Seetonen angetroffen wurden, ließen sich deshalb keinem Normalprofil zuordnen, dessen Abschluß von würmeiszeitlichen Moränen gebildet wird. Das Vorkommen Steigenberg reicht nach SW über das Tal hinweg. Der Autobahnbau hat im Gegenhang u. a. fossilführende Schichten erschlossen.

Wie oben bereits angedeutet liegen wohl auch bei Höfen unter frühwürmeiszeitlichen Ablagerungen Äquivalente des Riß/Würm-Interglazials. Sie enthalten in einer Randfazies neben Sand und Kies viel Molasseschutt.

Die Oberkante der Beckenablagerungen stieg in diesem Bereich während des Interglazials um knapp 10 m an (von ca. 605 m ü. NN auf ca. 615 m).

4.4.1.3.2. Unteres und Mittleres Würm (Würm-Frühglazial)

Radiometrische Altersbestimmungen und pollenanalytische Untersuchungen von Schieferkohlen, die in mächtigen Schottern eingelagert sind, ermöglichen es, die diskontinuierlich verlaufende Aufschotterung im Unteren und Mittleren Würm während eines Zeitraums von ca. 90 000 Jahren angenähert zu gliedern. Die Kartierung unterscheidet überdies jüngere Schotter, die älteren erosiv eingelagert sind. Die frühglaziale Aufschotterung ist demnach nicht nur zeitweise zum Stillstand gekommen, sondern durch Erosion örtlich auch wieder rückgängig gemacht worden.

Die verstärkte Sedimentzufuhr dürfte im Frühwürm von allen Seiten her eingesetzt haben, auch von den Randgebieten. Lokale Einflüsse prägten die wechselnden Geröllvergesellschaftungen der älteren Schotter. Schutt- und Geröllfächer schoben sich zunehmend in die Niederungsgebiete vor. Sie versperrten den Abflüssen zuweilen auch den Weg, zumal wenn die Transportenergie der Flüsse erlahmte. Unter diesen Voraussetzungen konnten örtlich flache Seen entstehen. In diesen Stillstandszeiten während einiger tausend Jahre konnten bei günstigeren Klimaverhältnissen Moore entstehen sowie Verwitterungs- und Bodenbildungen.

Die zeitliche Einstufung der Vorkommen mittels biostratigraphischer, vorwiegend pollenanalytischer Daten und durch Radiokarbonbestimmungen ist vorerst nur beschränkt möglich. Einmal sind noch zu wenig geeignete Interstadialvorkommen bekannt und zum anderen gehören die bekannten keinem durchgehenden Profil an. Zum Vergleich kann im bayerischen Alpenvorland nur das Samerberg-Profil (GRÜGER 1979, JERZ et al. 1979) herangezogen werden. Es zeigt sich, daß die Vegetationsentwicklung der verschiedenen Interstadiale jeweils weitgehend einem einfachen Muster folgt: Kieferndominanz zu Beginn und am Ende, Fichtendominanz inmitten des Interstadials. Die Interstadiale bieten mithin kaum Merkmale, mittels derer sie sich unterscheiden lassen.

Die ältesten frühwürmzeitlichen Ablagerungen finden sich im Gebiet von Höfen, wo sie unterhalb des Höfen-Interstadials durch mehrere Bohrungen, insbesondere durch die Forschungsbohrung Höfen 1972 erkundet wurden (S. 274). Das Quartär dieser Bohrung beginnt in ca. 600 m ü. NN mit 5,10 m mächtigen Seetonen. Der nachfolgende mittlere Abschnitt ist insgesamt ca. 8 m mächtig und enthält an der Basis wiederholt Lagen mit eckigem Gesteinsmaterial, das als umgelagerter Hangschutt, jedoch nicht als Moräne (PESCHKE 1976) zu bezeichnen ist. In den Lagen finden sich vorwiegend Pechkohle und Gesteine der fossilführenden Brackwassermolasse aus der Umgebung. Kohlige Holzreste sind u. a. im obersten grobsandigen Kies enthalten.

Der oberste fast 12 m mächtige Abschnitt enthält wie der untere Seetone. Sie sind jedoch sandreicher und enthalten lagenweis auch viel Kies. In einem feinsandigen Schluff über der Basis fanden sich Molluskenschalen.

Die Einstufung der einzelnen Abschnitte, die auch vorwürmzeitliche Ablagerungen enthalten, kann hier nur vom Höfen-Interstadial ausgehen, dessen Schieferkohlen 3 m über der Oberkante des oberen Abschnittes anstehen. Danach wären im Profil zunächst stadiale Ablagerungen des Frühwürms zu erwarten. Bei einer Einstufung des Höfen-Interstadials am Ende des Unteren Würms sollte dieses im oberen Abschnitt des Bohrprofils vertreten sein. Molluskenfunde über der Basis könnten auf das 1. Interstadial des Unteren Würms hinweisen. Unterhalb müßte das Riß/Würm-Interglazial folgen. Das grobe Material des mittleren Abschnitts entspricht etwa der Randfazies eines Sees, in dem Schutt und Geröll von der Umgebung die feinkörnigen Ablagerungen verdrängen. Diese herrschen im unteren Abschnitt vor, der als spät-riß-rißzeitlich angesprochen wird.

Die Einstufung berücksichtigt mangels anderer Kriterien die regionalen Verhältnisse bzw. benachbarte Vorkommen. Sie hält dabei auch eine Verbindung zum rißzeitlichen bzw. Riß/Würm-zwischeneiszeitlichen See für möglich, der bei Eurach nachgewiesen ist. Auch in ihm sind rißzeitlich feinkörnigere und gleichförmigere Sedimente abgelagert worden als im folgenden Interglazial. Älteres Quartär kommt auf dem Höfen-Rücken nur weiter nördlich im höheren Niveau zwischen 650 und 670 m ü. NN vor (JERZ 1969). Das Profil der Bohrung Höfen läßt sich daran nicht anschließen. Die mögliche Einstufung kann auch durch einen Vergleich mit dem Samerberg-Profil versucht werden, wenn die Sedimentzuwachsdaten jeweils zueinander in Relation gesetzt werden.

Als „Schieferkohlen“ werden im Alpenvorland pleistozäne Braunkohlebildungen aus Algengyttja, Ried-, Bruchwald-, Holztorf u. a. bezeichnet, die durch die Eisauflast auf weniger als ein Fünftel ihrer ursprünglichen Mächtigkeiten zusammengedrückt sind. Sie blättern im trockenen Zustand auf. Als Einlagerungen in den meist sehr kristallinarmen Schottern des Unteren und Mittleren Würms sind sie stratigraphisch bedeutend.

In Höfen war gut 3 m oberhalb des beschriebenen Bohrprofils und gut 3 m über der Sohle einer Kiesgrube im unverwitterten Schotter ein schieferkohleführender, ca. 1,3 m mächtiger Horizont aufgeschlossen. Die untere 0,8 m mächtige, sehr karbonatreiche Lage dieses Horizonts enthält rostfarbene-gelbliche sehr schluffreiche Kiese bzw. tonige, stark sandig-, fein-mittelkiesige Schluffe, die obere 0,3 m mächtige einen grauen-gelbgrauen, stark karbonatischen tonig-sandigen Schluff bzw. schluffreichen Feinsand. Unmittelbar unter der Kohle fand sich noch eine sehr geringmächtige Lage aus fast karbonatfreiem (0,18% CaCO_3) stark sandigem Ton-Schluff mit flach schräge-

schichteten sandreicheren Lagen. Das zwischen den feinkörnigen Lagen eingeschaltete 0,2–0,3 m mächtige Schieferkohlenflöz ist reich an Hölzern, die z. T. verdriftet sind. A. SELMEIER bestimmte daraus ein Kiefernholz. Auch ein Wurzelboden konnte festgestellt werden, desgleichen viele Insektenreste. Eine Elementaranalyse der Kohle ergab Gesamtschwefelgehalte < 1%. Der obere Heizwert der Kohle beträgt in Kcal/kg 4 142 (i. roh), der untere 3 852 (i. roh).

Nach ersten Pollenuntersuchungen (REHAGEN 1968) dominiert die Kiefer in den BP-Spektren (um 70%), während die Fichte unten nur 6%, oben 16,4% erreicht. Die Birke ist unten mit 12%, oben mit 7,3% vertreten. Die später durchgeführte Detailuntersuchung (PESCHKE 1976, 1977, 1983) ergab, daß diese Werte nur für die ältesten bzw. jüngsten Lagen zutreffen. In den mächtigeren Mittellagen dominiert die Fichte (um 50%) gegenüber der Kiefer (um 30%). Vor allem sind hier thermophile Baumarten, u. a. Tanne und Hainbuche, druchgehend vertreten, ebenso der Eichen-Misch-Wald, vor allem mit Eiche und Ulme. Die Linde kommt seltener vor. Birke und Erle erreichen in den mittleren Lagen nur minimale Werte. Die NBP-Flora spricht gleichfalls nicht für eine kühle bzw. kalte klimatische Phase.

Das Pollendiagramm von Höfen läßt auf ein Interstadial schließen, in dem kühle, u. U. sogar kalte klimatische Verhältnisse (REHAGEN) vorübergehend von warmen unterbrochen wurden. In dieser Zeit konnte ein Teil des interglazialen Waldbestandes zurückkehren. Das Höfen-Interstadial wird hier mit Blick auf das Gesamtprofil um die Wende vom Unteren zum Oberen Würm eingestuft. Es entspricht evtl. dem 2. Interstadial vom Samerberg (Brørup II), mit dem das Untere Würm abschließt. GROOTES (1977) hat zwei ¹⁴C-Bestimmungen durchgeführt. Für eine untere Lage, während der Fichten-Dominanz, ergab sich ein ¹⁴C-Alter von 65 300 \pm $\frac{+800}{-1500}$ Jahren BP, für eine obere Lage, bereits wieder während der Kiefern-Dominanz, ein Alter von 63 300 \pm $\frac{+1500}{-1200}$ Jahren BP. Diese evtl. etwas zu jungen Altersangaben weisen auch eher auf das 2. Interstadial als auf das ältere 1. Interglazial (Brørup I) zu Beginn des Unteren Würms hin.

Die ältesten frühwürmzeitlichen Schotter, die dem Typus der Murnauer Schotter nahe stehen, waren in der Kiesgrube Höfen 11–12 m mächtig aufgeschlossen. Die grauen sandigen, z. T. auch schluffigen-sandigen Mittelkiese sind sehr kristallinarm. Vorhandene Kristallingerölle stammen zweifellos aus älteren eiszeitlichen Ablagerungen. 2 Proben wurden ausgezählt.

Probe ca. 2 m unter der Schieferkohle. Ausgezählt wurden 678 Gerölle der Kgr. 7–15 mm: 54% Kalkstein-Gerölle

46% Dolomit-Gerölle

– Kristallin bzw. Quarz

Kgr.-Verteilung: 5% Schluff, ca. 20% Sand, ca. 15% Feinkies, ca. 40% Mittelkies, 25% Grobkies.

Probe ca. 3 m über der Schieferkohle. Ausgezählt wurden 333 Gerölle der Kgr. 7–15 mm: 61% Kalkstein-Gerölle
26% Dolomit-Gerölle
13% Sandstein-Gerölle
– Kristallin-Quarz
Kgr.-Verteilung: ca. 25% Schluff, ca. 20% Sand, knapp 10% Feinkies, gut 30% Mittelkies, gut 10% Grobkies (> 20 mm). Max. Kgr. etwa wallnußgroß.

Die fein- mittelkörnigen sandigen Kiese der Kiesgrube Höfen wurden durchgehend auch in den Bohrungen Königsdorf 1001–1006 zwischen Höfen und Kreut nachgewiesen. Ihre Basis liegt bei 620–623 m ü. NN. In den Bohrungen 1005 und 1006, deren Ansatzpunkt höher liegt, stellen sich weitere Kieshorizonte in ähnlicher Ausbildung, jedoch von Seetonlagen unterbrochen, ein. Das gesamte Frühwürmglazial ist somit hier mindestens 40 m mächtig. Die Ausbildung der Schichten in den 6 Bohrprofilen, die sämtlich die Molassebasis erreichten, deutet auf eine \pm kontinuierliche Schichtenfolge hin, für deren Alterszuweisung es auch hier wenig Anhaltspunkte gibt. Vielleicht weisen Grobschüttungen, die in der B. 1002 und in der B. 1003 angetroffen wurden (in 615 bzw. 610 m ü. NN), wie bei Höfen vermutet, auf den Wechsel von einem ruhigen Sedimentationsverlauf in der Riß-Kaltzeit zu einem lebhaften in der Riß/Würm-Warmzeit hin.

Der Schieferkohle-Horizont von Breinetsried (STEPHAN 1970) belegt ein jüngeres Interstadial im Penzberger Gebiet. Eine ältere ^{14}C -Datierung ergab einen zu niedrigen Wert. GROOTES (1977) ermittelte für die unteren Lagen ein ^{14}C -Alter von $48\,300 \pm \frac{300}{400}$ Jahren BP, für die oberen ein solches von $45\,500 \pm 400$ Jahren BP. Er verglich nach seinen neuen Altersbestimmungen das Breinetsried-Interstadial mit dem niederländischen Moershoofd-Interstadial.

Der schieferkohleführende limnische Horizont ist dem Breinetsrieder Schotter in ca. 610 m ü. NN eingelagert. Sein Niveau ist nicht genau anzugeben, da die Schichten glazialtektonisch gestört sind (S. 152). Er ist 0,8–1 m mächtig und faziell sehr wechselhaft ausgebildet. Das trifft auch für die Schieferkohle zu, die mit sandig-schluffigen Seetonlagen verzahnt ist und im Aufschluß bereits teilweise auskeilt. Unmittelbar unter dem limnischen Horizont liegt ein 0,7–0,8 m mächtiger fluviatiler, ebenfalls faziell sehr wechselhaft zusammengesetzter Horizont, der seiner Entstehung nach eng mit dem nachfolgenden limnischen Horizont verbunden ist. Er enthält von unten nach oben zunehmend völlig verwitterte Karbonatgerölle, bis zuoberst ein Restschotter vorliegt. Seetone, mit Restschotter verzahnt, schließen den limnischen Horizont auch an der Oberkante ab.

Die Seetone des limnischen Horizonts sind gleichfalls karbonatfrei. Auch sie enthalten völlig zersetzte Karbonatgerölle. Sie verzahnen sich im mittleren

Teil mit der bis zu ca. 45 cm mächtigen Schieferkohle. REHAGEN (1970) und detailliert PESCHKE (1976) untersuchten die Pollenführung des ehemaligen Bruchwaldtorfes. Nach ihnen nimmt der NBP (Nicht-Baum-Pollen) in allen Proben etwa die Hälfte des Pollengehalts ein. Riedgräser und Gräser überwiegen im NBP-Anteil, in dem vor allem Beifuß, Gänsefußgewächse, Kreuz- und Korbblütler sowie Wiesenraute vertreten sind. Die Kiefer dominiert durchgehend (~60%) während Fichte und Birke nur selten 10% erreichen. Die Pollenspektren weisen auf einen sehr lichten Kiefernwald mit Fichte in einem sehr kühlen, unwirtlichen Klima hin (REHAGEN, PESCHKE). Die hohen Weiden-Werte, das Vorkommen von Wacholder, *Ephedra* und heliophilen Kräutern stimmen mit dieser Aussage überein. Beide Autoren verweisen auf das Vorkommen thermophiler Arten im obersten Teil des Profils, das jedoch keine Beziehung zur Vegetationsentwicklung des Profils erkennen läßt. Umlagerungen werden hier im Pollenspektrum genau so angezeigt wie im Geröllspektrum der Schotter.

Der Breinetsrieder Schotter ist räumlich relativ eng westlich Penzberg verbreitet. Er enthält, wenn auch unterschiedlich, einen relativ hohen Anteil an Kristallingeröllen. Unter der Voraussetzung, daß die Altersbestimmung annähernd zutrifft, muß der Kristallinanteil des Schotters, in dem das Interstadial eingebettet ist, erklärt werden. Sein frühglaziales Alter schließt aus, ihn als hochglazialen kristallinführenden Vorstoßschotter einzustufen. Eine Einstufung als frühglazialer Vorstoßschotter würde voraussetzen, daß der Innegletscher bereits einen älteren würmeiszeitlichen Vorstoß in das Alpenvorland unternommen hat, wie es u. a. KNAUER (1928) und EBERL (1930) vertreten haben. Das ist indessen auch nach der Untersuchung zahlreicher durchgehender Schotterprofile (u. a. DREESBACH 1985) sehr unwahrscheinlich. Abgesehen vom Alter fehlen dem Breinetsrieder Schotter auch die lithologischen Merkmale eines hochglazialen Vorstoßschotters. Schließlich weist seine räumlich begrenzte Verbreitung darauf hin, ihn als frühwürmglaziale Loisach-Ablagerung anzusehen, die Kristallin aus rißeiszeitlichen Moränen bzw. Schottern aufgenommen hat, die am damaligen Rand des Stammbeckens mindestens so verbreitet waren, wie es die würmeiszeitlichen am heutigen Rand sind.

Der Breinetsrieder Schotter liegt tiefer als ältere frühwürmglaziale Schotter und Ablagerungen der Umgebung. Die Loisach muß nach dem Unteren Würm bzw. zwischen dem Höfen- und dem Breinetsried-Interstadial gezwungen worden sein, einen tiefer gelegenen Abfluß im NW zu suchen und zu erodieren. KNAUER (1952: 16) vermutete bereits, daß der interglaziale Loisachlauf verlegt worden sei und daß die „Loisach einst aus dem Kochelsee-Becken über Johannisried und Staltach zum Würmseebecken“ floß. Die Umstellung der hydrographischen Verhältnisse erklärt auch, warum durchgehende (Schotter-) Profile im Blattgebiet fehlen, wie sie z. B. in Schwaiganger bei Murnau vorliegen (JERZ & ULRICH 1983).

Das südlichste Vorkommen des Breinetsrieder Schotter liegt bei Johannisberg, südwestlich von Penzberg (vgl. ROTHPLETZ 1917), unmittelbar vor der Furche im Buchberg-Höhenrücken am Riederer Weiher, dem ehemaligen Durchbruchstal der Loisach. Es lehnt sich im E an Molasseschichtrippen an und steht mindestens bis zur Talsohle bei ca. 605 m ü. NN an. Seine Oberkante liegt bei 620 m ü. NN. Die Aufschlüsse in den großen aufgelassenen und bebauten Kiesgruben sind heute mäßig. Über der Sohle der großen westlichen Grube waren noch 2 m mächtige, geschichtete, sandige, mittelkörnige Kiese zu sehen, die mit sandigen und sandig-kiesigen Lagen wechsellagern. Die Gerölle sind gut gerundet. Am westlichen Ende des Vorkommens wurden die Kiese in gleichbleibender Ausbildung angetroffen. Kristallingerölle fanden sich relativ häufig. Die Oberfläche des Vorkommens ist abgeflacht und schwach wellig, wie es für Schotter typisch ist, die vom Eis überfahren worden sind. ROTHPLETZ (1917: 146 u. 161) beobachtete, daß die Schotter von echter Jungmoräne, die 3–4 m mächtig ist und viele geschrammte Geschiebe und auch einzelne große Blöcke führt, bedeckt sind.

An das Vorkommen von Johannisberg schließt sich 600 m weiter nach NW, heute durch eine Senke getrennt, in gleicher Höhe das Vorkommen Breinetsried an. Hier und weiter nach NW ist der Schotter wie in Johannisberg ausgebildet. In der ehemaligen Kiesgrube Breinetsried (R 51 20; H 89 90) waren 11–12 m mächtige, festgelagerte, graue, vorwiegend mittelkörnige, relativ sandreiche Kiese aufgeschlossen. Einige Horizonte enthalten sandige Lagen bzw. Sandlinsen. Die Kiese unmittelbar über dem limnischen Horizont waren gröber, schlechter sortiert und kristallinreicher als die Kiese zum Hangenden hin. Die untersten Lagen an der Kiesgrubensohle waren besonders sandarm, schluffreich und grobkörnig.

Die Kristallingehalte waren wechselhaft. H. JERZ (mdl. Mitt.) zählte 450 Gerölle der Kgr. 2–6 cm aus:

Karbonatgerölle	81%
Quarzgerölle	6%
Kristallingerölle	13%.

Der hohe Quarzanteil im Verhältnis zum Kristallinanteil weist auch darauf hin, daß die Loisach kristallinreiches Material umgelagert hat.

Der Breinetsrieder Schotter reicht wie beschrieben, nur vom Schieferkohle-Horizont unterbrochen, von der Unterkante bis zur Oberkante der Kiesgrube. Hochglaziale Vorstoßschotter stellen sich nicht über dem limnischen Horizont (DREESBACH 1985: 147), sondern erst weit höher ein. Das gesamte Kiesprofil, einschließlich der Vorstoßschotter, umfaßt hier mindestens 20 m, von denen nur gut die untere Hälfte aufgeschlossen war. Es wird im Weg östlich der Breinetsried-Höfe bei ca. 627 m ü. NN von würmeiszeitlicher Moräne überlagert, deren 0,5–1 m große Blöcke meist aus Kristallin und grobkörnigen Sandsteinen bestehen. Die entsprechenden kristallinreichen hoch-

glazialen bzw. Vorstoß-Schotter zeigen ein anderes Geröllspektrum als der Breinetsrieder Schotter.

Die Verbreitung reicht bis zur NW-Ecke des Blattes (vgl. KNAUER l. c.), wo ein lithologisch ähnliches Vorkommen nördlich Eurach festgestellt wurde. Von kristallinreicher Grundmoräne bedeckt lagen hier > 6 m mächtige, gut geschichtete, sandige Fein-Mittelkiese auf Vorlandmolasse (Oberkante ca. 616 m ü. NN) bzw. auf Riß/Würm-Interglazial. Sie enthielten einzelne größere Gerölle bis 5 cm Ø und sandarme Grobkieslagen. Ihr Kristallinanteil (ca. 16%) ist viel geringer als der in der hangenden Grundmoräne. Dolomitgerölle sind stärker als Kalksteingerölle vertreten. Einzelne Schichten lassen grobe Diagonalschichtung erkennen. Die Schüttungsrichtung zeigt nordwärts. Besonders die geneigten Lagen sind korngößensortiert: Sand-, Feinkies- und Grobkieslagen wechseln. Die Kiese wurden für den nahen Autobahnbau weitgehend genutzt und waren zu dieser Zeit vorzüglich aufgeschlossen. Das Gelände ist von E nach W in einer Breite von über 500 m völlig ausgekiest worden. Im Süden waren die Kiese mitsamt ihrer interglazialen Unterlage glazialtektonisch stark gestört (S. 149). Die Grundmoräne überzog diskordant das gestörte und ungestörte Pleistozän im N, sowie hier die Vorlandmolasse.

4.4.1.3.3. Oberes Würm (Hoch- und Spätglazial)

¹⁴C-Datierungen frühglazialer Vorkommen lassen die hochglaziale Vergletscherung auf einen vergleichsweise kurzen Zeitraum einengen. Zwischen 25 000 bis 15 000 Jahre vor heute erreichte der Isar-Loisach-Vorlandgletscher (S. 138) das Blattgebiet und bedeckte es mit Ausnahme der höchsten Flyschkuppen im Südosten völlig. Moränen und Schotter sind die bekanntesten Bildungen, Ausräumung, Abtragung und Ausformung des Untergrundes die morphologisch folgenreichsten. Dabei entstanden recht unterschiedliche, sogar konträr erscheinende Formen. Zu erwähnen sind glazialtektonische Verformungen des ehemals gefrorenen Untergrundes.

Bereits während des Hochglazials schmolz der Vorlandgletscher diskontinuierlich und weitreichend ab. Im Spätglazial unterbrach ein Vorstoß, von girlandenförmigen Endmoränenwällen markiert, den „Rückzug“ des Gletschers. Die abschmelzenden Gletschermassen des Hoch- und Spätglazials geben sich heute noch indirekt zu erkennen, z. B. durch besondere Geländeformen wie Toteisfluren und Kames.

Das Spätglazial ist auf den Zeitraum zwischen 15 000 und 10 000 Jahre vor heute festgelegt. Im Alpenvorland, besonders aber in den alpinen Tälern werden verschiedene Gletscherstände unterschieden, die von Interstadial-Phasen getrennt sind. Die Phasen sind jedoch vorerst noch unzureichend datiert. Datierungen fehlen für das Spätglazial des Blattgebietes, so daß Vergleiche exakt nicht möglich sind.

TROLL (1925) unterschied im Isar–Loisach-Vorlandgletscher nach vorwiegend geomorphologischen Kriterien sinngemäß drei hochglaziale Phasen in der äußeren Endmoränenzone und eine spätglaziale Phase, deren Endmoränen sich am Außenrand der Stammbekken einstellen. Sie leiten nach TROLL das Spätglazial ein. Zwischen der jüngsten hochglazialen Phase (TROLLS Ikinginger-Phase), deren Endmoränen die Zungenbecken außen umrahmen und der spätglazialen Phase (TROLLS Ammersee- bzw. Weilheimer Phase) markieren indessen Moränenzüge weitere Phasen des Gletscherrückzugs. Die Angaben TROLLS lassen nach der Neuaufnahme des Blattgebiets, in dem die Höfen-Phase und die Penzberger Phase gut ausgeprägt sind, kaum Vergleiche zu. In der Höfen-Phase hängen zum letzten Mal die Gletscherzungen auf dem Höhenrücken zusammen, der das Wolfratshausener- vom Rottach-Zungenbecken trennt. Aus geomorphologischer Sicht ist es in Anlehnung an TROLL angebracht, mit den Endmoränen der Höfen-Phase das Hochglazial abzuschließen. Die tiefgründige Verwitterung der Moränen u. a. weist weiterhin auf diese Einstufung hin. Die Penzberger-Phase ist als jüngste im Spätglazial des Blattgebietes ausgebildet.

Die Grundmoräne des vergletscherten Gebietes ist unterschiedlich zusammengesetzt und ausgebildet. In den unteren Lagen ist sehr viel Material des jeweils anstehenden Untergrunds enthalten. Von den Endmoränen unterscheidet sich die Grundmoräne durch ihren geringeren Geschiebeanteil. Ihre Kornverteilung ist ausgeglichen und läßt in der Regel keine ausgeprägten Maxima erkennen.

Im Südhang des Buchberg-Höhenrückens liegt die im Mittel 2–4 m mächtige mittelgraue Grundmoräne auf den Schichtköpfen der mittelgrauen Tonmergel-Schichten. Sie bestimmen hier das Aussehen und die Zusammensetzung. Eine etwa 3–4 m mächtige bindige Grundmoräne überdeckt auf dem Höhenrücken bei Eurach einen unterschiedlichen Untergrund aus Molasse, Schottern sowie aus glazialtektonisch verstellten Kiesen und Seetonen. Die Moräne ist reich an gekritzten Geschieben und ihr Kristallinanteil ist größer als in den Schottern des Mittleren Würm im Liegenden. Sie enthält in einigen Bereichen große Schollen der glazialtektonisch verstellten Seetone und Kiese.

Die Seitenmoränen in den Quellmulden des Steinbachs zeigen den Höchststand des Würmeises im Blattgebiet an. Sie entsprechen den äußeren Endmoränenwällen der Hohenschäftlarn- bzw. der Ebenhausen-Phase (TROLL 1925). Am südlichen Blattrand, gegenüber dem Fahrt-Kopf, erreichen die Wälle mit relativ kristallinreicher Moräne fast 1040 m ü. NN, im S des Zwiessels 1015 m ü. NN. Am Ostende des Steinbach-Tals traf der Gletscher im Sattel der Lehenbauern-Alm (982 m ü. NN) auf den Isartalglatscher. Auf der Nordseite des Tales reichen geschlossene Vorkommen von Fernmoräne im oberen Holler-Graben und im Anzen-Bach meist nur bis 950–980 m ü. NN. Lediglich ein einzelner Wall reicht nordöstlich der Holler-Hütte bis auf

1020 m ü. NN. An den Hängen des oberen Steinbachtals bezeichnen Wälle zwischen 975 und 890 m ü. NN weitere Gletscherstände (Ickinger Phase). Einige wallartige Rücken dürften auch durch Erosion der Moränendecke herausmodelliert worden sein. Am Nordrand der Flyschberge wurden keine Seitenmoränen des Höchststandes erfaßt. Die bekannten Gipfel der Flyschberge, die alle über 1200 m ü. NN liegen, blieben in der Würm-Eiszeit eisfrei. Die Grundmoräne reicht an vielen Stellen des Steinbach-Tales bis oder fast bis an die Talsohle. Diese ist sonst seit Ende des Würm-Hochglazials nicht wesentlich vertieft worden.

Kristallinreiche Schotter des Hochglazials treten im Blattgebiet nur sporadisch auf. Ihre Entstehung ist deshalb nicht immer überschaubar. Sie unterscheiden sich im Beckenbereich von den frühglazialen Schottern durch ihre hohen Kristallingehalte. Das in den Geröllen vertretene Kristallinspektrum ist breit gefächert. Der Quarzanteil tritt im Gesamtkristallin nicht hervor.

In einer kleinen Kiesgrube (R 50 69; H 94 80), unmittelbar nördlich der aufgelassenen Seetongrube an der Straße nach Eurach, wurde gelegentlich ein sandiger Fein-Grobkies abgebaut. Das völlig isolierte Vorkommen ließ keine Kontakte zu den Quartärablagerungen der Umgebung erkennen. Von diesen unterscheidet es sich erheblich durch den bedeutend höheren Kristallin-Anteil:

Kgr./mm	Kristallin	Kalksteine	Dolomite	Rest
4– 8,0	26,7%	33,1%	38,1%	2,0%
8–16,0	26,6%	32,4%	39,7%	1,3%
16–31,5	34,2%	26,6%	36,7%	2,5%

Die einzelnen Kristallingerölle sind überwiegend unregelmäßig zugerundet (71,4%), in der Kgr. 8–16 mm zu 6,7% regelmäßig zugerundet. Die hochglazialen Kiese, die weitaus kristallinreicher als die frühglazialen Kiese im Euracher Gebiet sind, könnten beim Vorstoß des Gletschers in einer Hangnische abgelagert und hier erhalten sein.

Sehr kristallinreiche Schotter überlagern unter Grundmoräne rißeiszeitliche Seetone u. a. im Gebiet nordwestlich Penzberg. Auch hier dürfte es sich um Vorstoßschotter handeln.

Glazialtektonik: Zu den Spuren, die der vorstoßende Gletscher im Untergrund hinterließ, gehört die Glazialtektonik einiger Bereiche, in denen stets ehemals junge, grundwassererfüllte Schotter vorhanden waren. Die Strukturen der scharf abgegrenzten Bruch-Schollen-Tektonik bzw. der Faltung setzen voraus, daß die Tektonik gefrorenes Lockergestein erfaßt hat. Die Formen sind im einzelnen sehr vielfältig, sogar Reibungsbrekzien aus Kies treten an der Unterlage von Seetonschuppen auf. Die Grundmoräne schneidet in der Regel die gestörten Schichten diskordant ab.

Bei Eurach (S. 152) wurden interglaziale Seetone und frühglaziale Schotter in die Tektonik einbezogen und dabei gleichsinnig mit der Gletscherbewegung nach N geschleppt. Geschichtete Kiese, die im ungestörten Vorfeld unmittelbar der Molasse auflagern, wurden am Kontakt mit den gestörten, in große Schuppen zerteilen Ton- und Kiesschichten, aufgeschleppt (STEPHAN 1979). Ähnliche Verhältnisse liegen nordwestlich Penzberg vor. Bei Steigenberg wurden Seetonkeile in die sandigen Kiese eingeschuppt.

Andere Voraussetzungen waren bei Schottern des Mittleren Würm in Breinetsried gegeben. Während der Gletscher an den oben genannten Orten die Unterlage flächenhaft überfuhr, traf er in Breinetsried die Schotter in Hanglage an. Er zwängte sie zwischen sich und anstehender Molasse im rückwärtigen Hang ein. Dabei entstand eine „Bruchschollentektonik“ mit treppenförmigem Versatz der einzelnen Schollen. Die Verwerfungen waren im Streichen anscheinend am Hang orientiert und fielen mit ca. 70° bzw. 55° ein. Die maximale Versetzung betrug ca. 5 m. Diese Hauptverwerfung wurde von einer 0,80 m breiten Ruschelzone begleitet, in der die Gerölle steil eingeregelt waren.

Bei der Ausformung des Untergrundes durch das vorstoßende Gletschereis entstanden Drumlins, drumlinisierte Rücken, Rundhöcker und Schichtrippenlandschaften. Die Vielfalt dieser Formen ist u. a. abhängig vom Gestein und dem Relief des Untergrundes.

Die Schichtrippenlandschaft des Buchberg-Höhenrückens ist ein morphologisches Kennzeichen der Landschaft des Blattgebietes. Der würmeiszeitliche Gletscher formte als letzter die Oberkanten des fast saiger einfallenden Südflügels der Penzberger Mulde, der sich in ganzer Länge quer vor dem Stammbecken von E nach W erstreckt. Der Südflügel besteht aus einer Wechsellagerung harter (Kalksandstein-) und weicher (Mergel-)Lagen. Die vorzüglichen Aufschlüsse der Autobahntrasse zeigten viele Details. Die Grenzfläche Moräne/Molasse ist dem ständigen Gesteinswechsel meist minutiös angepaßt. Sie springt stufenförmig von Schicht zu Schicht auf und ab. Vom Untergund abgetrennte Bruchstücke „schwimmen“ in der Grundmoräne. Wenn sehr mächtige, massige Bänke statt der Wechsellagerung anstehen, so ist ihre Oberkante abgerundet und mit prachttvoll erhaltenen Gletscherschliffen überzogen. Die Aufschlüsse zeigen, daß die Ausformung des Untergrundes durch das Eis wesentlich durch dessen lithologische Zusammensetzung mitbestimmt wird. Die Kalksandsteinschichten wurden als Rippen herauspräpariert, die Mergellagen als Senken. Das im Detail Vorgezeichnete findet sich im Großen wieder. Die S-N-gerichtete Gletscherbewegung konnte am Nordrand des Stammbeckens die E-W-struierte Schichtrippenlandschaft im Bereich des Buchberg-Höhenrückens formen.

Das Königsdorfer Drumlinfeld greift nur mit seinem südlichsten Ausläufer von Blatt Königsdorf (JERZ 1969) auf das Blattgebiet über. Es liegt auf dem Grenzrücken zwischen dem Wolftratshäuser- und dem Rottach-Zungenbek-

ken. Die einzelnen subglazial entstandenen Drumlins sind hier als länglich ovale Rücken von SSW nach NNE ausgerichtet. Der höchste Punkt ihrer Kammlinie liegt jeweils im SSW auf der Luvseite, die dem vorstoßenden Gletscher zugewandt ist. Grundmoräne umhüllt den Kern der Drumlins, die im Blattgebiet nicht aufgeschlossen waren. Im Hinblick auf die Entstehung der Drumlins ist zu bemerken, daß in der Grundmoräne einzelne Geschiebe genau die entsprechende Form der Drumlins aufweisen.

Drumlinisierte Rücken: Sie liegen im Stamm- bzw. im Zungenbecken. In ihrer äußeren Form sind es ebenfalls länglich ovale Rücken, deren Luv- bzw. Lee-Seiten jedoch nicht so verschieden sind. Sie treten auch nicht scharf wie die Drumlins auf, sondern oft isoliert. Ihre Achse ist aber auch nach der Eisbewegung ausgerichtet und auch sie werden von Grundmoräne umhüllt. In den Vorkommen Karpfsee und Bocksberg stecken rißeiszeitliche Schotter in den Kernen der Rücken. Molassemergel bilden bei Wölfl und Heinz, nördlich Penzberg, die Kerne.

Die Rundhöcker des Blattgebietes treten ebenfalls in den Beckenzonen auf. Ihre Gestalt ist wenig formvollendet, da brüchiger Fels den Kern der Relikt-vorkommen bildet. Im Geist-Bühl, nördlich Bichl, und im Fuchs-Bühl, westlich Bichl, stehen Gesteine des Helvetikums an, im „Kirchbichl“ von Bichl Flyschgesteine.

Die Gletscherstände der Höfen-Phase schufen mit ihren Stirn- bzw. Seitenmoränen, Toteisfeldern, Kames und Osern erstmals das nahezu vollständig entwickelte Modell einer würmeiszeitlichen Landschaft im Ostteil des Blattgebietes. Auf dem Höfen-Rücken, unmittelbar südlich vom Königsdorfer Drumlinfeld, vereinigt sich zum letzten Mal der hochglaziale Wolfratshausener- mit dem Rottach-Zweigletscher. Zwei Stirn- und Seitenmoränenzüge des Wolfratshausener Gletschers streichen enggestaffelt nach NW in den freien Raum des Beckens aus. Schmelzwasserrinnen begleiten sie an den Außenrändern. Die Stirn- und Seitenmoränen des Rottach-Zweigletschers sind dazu spiegelbildlich angeordnet. Die Wälle sind lediglich kürzer und lösen sich in mehrere Staffeln auf. Im Becken westlich Bernwies bildet die jüngste Moränenstaffel das Bindeglied zu den Stirn- bzw. Seitenmoränen am Ostrand. Die äußeren Staffeln queren das Becken über 1 km weiter im NE, wo sie auf das Nachbarblatt übergreifen. Nördlich Linden treten sie wieder in das Blattgebiet ein und umgehen dann den Steilanstieg des Buchbergs. Sie überqueren ihn im Moränenrücken südlich Hub, südwestlich Bad Heilbrunn lehnen sie sich an den Südhang des Molasserückens und richten sich dann auf den W-Sporn beim Enzenauer Marmor-Steinbruch. Von hier ab schmiegen sie sich an den Steilabfall der Flyschberge. Mehrere Moränenstaffeln, jeweils mit Schmelzwasserrinnen, sind teils mit größerer Unterbrechung bis zum südlichen Blattrand modellartig ausgebildet. Die Stirn- und Seitenmoränengabel bei Höfen liegt etwa in 665–669 m ü. NN. Die Seitenmoräne südlich Hub am Kamm des Buchberg-Höhenrückens erreicht 678 m ü. NN. Von hier aus steigen die Käme der

Seitenmoränen bis auf etwa 745 m ü. NN am südlichen Blattrand. Die Höhendifferenz zum Maximalstand der Würmvereisung beträgt hier rund 300 m.

Die Größe und die Verteilung der einzelnen Moränenrücken zeigt, daß im ausgehenden Hochglazial der Gletscher nur mehr soviel Geschiebe transportierte, daß lediglich kleine Wälle aufgeschüttet wurden. Das Moränenmaterial ist unterschiedlich ausgebildet. Die m-großen Blöcke bestehen meist aus Flysch-, weniger aus Molasse-Sandsteinen, die kleinen Geschiebe hingegen überwiegend aus Kalkalpingesteinen. Kristallin tritt meist sehr zurück. Eine 6–8 m hohe Kiesgrube (R 61 40; H 93 05) südwestlich Unterbuchen schloß im unteren Teil sandige, horizontal geschichtete Kies auf, die im oberen Teil von Moräne bedeckt waren. Am SW-Ende einer flachen Kiesmoräne war kurzfristig eine Kiesgrube angelegt (R 61 85; H 92 17). In vorwiegend sandigen Kiesen sind hier grobkörnige Kieslagen, gelbliche Schlufflagen bzw. -linsen und moränenartige Lagen eingeschaltet. Die Grobkiese enthalten teilweise überwiegend kaum kantengerundeten Gesteinsschutt. Die kräftige Schrägschichtung fiel mit 17° nach NW ein.

Die Wallmoränen der Höfen-Phase sind am Außenrand zwar von kräftigen Abflurinnen, jedoch in der Regel nicht von nennenswerten Schotterfeldern begleitet. Geomorphologisch umso reizvoller sind Zeugen des Schottertransports, der innerhalb des Gletscherrandes stattfand. Die Kames bei Ramsau können als Schulbeispiel dienen. Ihre Entstehung war an bestimmte Vorbedingungen geknüpft. Der Gletscher mußte beim Verlassen des Stammbeckens stets die Untergrundschwelle des Buchberg-Höhenrückens überwinden. Die Höhenlage der Seitenmoräne zeigt, daß in dieser Zeit die Eisdicke über dem tieferen Teil der Schwelle nur mehr 100 m betrug. So befand sich der Gletscher, zumal am Ostrand hinter der Schwelle, von vornherein in einer sehr kritischen Situation im Hinblick auf den Eisnachschiebung. Dieser stockte zusehends, sodaß die Schmelzwässer im absterbenden Eisrand abflossen. Kräftige Wässer von der Hangseite traten hinzu. Im zerklüfteten Gletscherrandeis entstanden Schotterrücken mit bizarren Lagerungen, sog. Kames.

Die Gemeindokiesgrube östlich Ramsau (R 60 48; H 91 11), angelegt in einem 160 m langen, sehr schmalen Rücken, bot den günstigsten Aufschluß. Die Kiesschichten sind hier z. T. steil gelagert und dabei dem Geländeabfall des Rückens fast angepaßt. Im oberen Teil stellt sich örtlich feinkörniges Material ein mit einer groben nach W gerichteten Schrägschichtung. An einer Stelle ist in diesen Schichten eine Grobschotterrinne eingelagert. Insgesamt herrscht im Kames eine Wechsellagerung sandiger und feinkiesiger Lagen mit schuttartigen Grobkieslagen vor. Die Grobgeröllagen zeigen eine agglomeratartige Struktur. Sie enthalten hier nur vereinzelt Kristallin und Kalkalpin. Lokalgesteine, die kaum aufgearbeitet sind, herrschen vor, vor allem Flysch. Gekritzte Geschiebe wurden hier nicht gefunden. Die kleineren Ge-

rölle wurden nicht eingehend untersucht; sie könnten anders zusammengesetzt sein.

Das Kames-Feld bei Ramsau ist insgesamt über 600 m lang. Weitere Felder in ähnlicher Ausbildung liegen im Heubachtal im SW und E von Oberbuchen. Ein kleines Kames-Vorkommen, das einer der jüngsten Staffeln der Höfen-Phase zuzuordnen ist, liegt südwestlich Ober-Enzenau.

Folgt man entlang des ehemaligen Gletscherrandes talabwärts den Kames von Ramsau und vom Heubachtal südwestlich Oberbuchen, so stößt man auf den unvermittelten Beginn des sehr breiten Schotterfeldes von Oberbuchen-Unterbuchen, das heute als periphere Abflußrinne erscheint. Die Konstruktion des Oberflächengefälles der genannten Kames und des Schotterfeldes gibt zu erkennen, daß zwischen ihnen ein gewisser Zusammenhang bestand. Von Ramsau bis zum Kames südwestlich Oberbuchen ist das Gefälle mit 2% stark. Es geht dann bis Oberbuchen auf ca. 1,2% zurück. Im Schotterfeld nimmt das Gefälle zusehends von 0,6% über 0,8% auf 1,7% am deltaförmigen Ende zu.

Der Zusammenhang der morphologisch sehr unterschiedlichen Formen ergibt sich auch aus ihrem sehr ähnlichen Schotterinhalt. Das Schotterfeld wird vom Heubachtal geköpft. Der Prallhang schließt einen schwach schluffigen, sandigen Grobkies mit Flyschblöcken, Steinschutt und sogar gekritzten Geshieben auf. Grobschotter waren auch in Unterbuchen und am NE-Rand des Feldes aufgeschlossen. Feinkörnige Kiese und Sande kommen ebenfalls vor.

Der unvermittelte Beginn des breiten Tales bliebe ohne den Zusammenhang mit den Kames unerklärlich. Am Anfang schon 400 m breit, verbreitert es sich nach 2 km auf etwa 1000 m am Ende, wo es als Delta in den entstehenden ehemaligen Rottachsee einmündete. Bei Oberbuchen und mehr noch bei Unterbuchen weisen große Kessel auf ehemaliges Toteis hin, dessen Gegenwart abschnittsweise auch am Rand des Schotterfeldes ersichtlich ist. Es ist im N und W von Bernwies engständig zerlappt, südwestlich Unterbuchen wird es von einer scharfen, hohen Kante gegen das Filz abgegrenzt. Das trifft auch für den Rand eines sehr engen, über 500 m langen trichterförmigen Einschnitts zu. Von NE her spaltet er das Feld auf und verläuft in Richtung auf den über 400 m breiten Toteiskessel nördlich Unterbuchen.

Absterbendes Gletschereis und Toteis verbinden somit ebenfalls die Kames und das verkesselte Schotterfeld. Sie unterscheiden sich in der Hauptsache nur dadurch, daß bei jenen Material innerhalb des Eisrandes und bei diesem außerhalb aufgeschüttet wurde. Die Besonderheit der Lokalität liegt im Nebeneinander beider Formen.

Als Oser werden langgestreckte, wallartige Kiesrücken bezeichnet, die unter dem Gletschereis als mit Kies teilweise aufgefüllte Tunnelröhren entstanden sind. Weniger ihre Gestalt als ihr meist isoliertes Vorkommen unterschei-

det sie von den Kames. Übergänge sind vorhanden. Während die Kames, wie es an den Beispielen des Blattgebietes ersichtlich ist, auch fluviatil überprägt sein können, sind Oser stets im Sinne der Gletscherbewegung bzw. des Gletschereisgefüges ausgerichtet.

Die Oser des Blattgebietes gehören wahrscheinlich der Höfen-Phase an. Ein über 500 m langer Doppelrücken südlich P. 640,4 (R 60 60; H 93 48) und ein 400 m langer Rücken südöstlich Heigl (R 61 0; H 94 0) liegen am linken Beckenrand. Das Material ist offenbar kiesiger als das der Kames, zumindest sind Blöcke hier sehr viel seltener. Ein weiteres, sehr schmales Os mit steilen Flanken liegt südwestlich Unter-Enzenau (R 58 36; H 88 82).

Die hochglazialen Gletscher schlossen, auch mittels der Seitenmoränen, an geeigneten Stellen Seitentäler verschiedentlich wie ein Staudamm ab. Die so gebildeten Staubecken füllten sich mit Schluff, Geröll und Schutt rasch auf. Im mittleren und oberen Steinbachtal mit seinen Nebenläufen geschah dies mehrfach in großem Umfang. Die Staubeckenfüllungen wurden später wieder weitgehend erosiv entfernt. Rückwärtig an die steilen Hänge der Flyschberge angelehnt, geben sie auch heute noch oft Anlaß zu umfangreichen Rutschungen und Muren. Feinkörnige Staubeckenablagerungen, die als Ziegelgut südwestlich Bad Heilbrunn abgebaut wurden, wurden vom N-Hang der Flyschberge abgetragen und u. a. vor dem Gletscherrand der Höfen-Phase sedimentiert. Lokal wurden auch in diesem Bereich sandige Kiese aufgeschüttet.

Das Spätglazial ist mit Seeton im Stammbecken und mit Moränen und Schotterfeldern an seinen Rändern vertreten. Die Ablagerungen der Seetone setzte bereits im ausgehenden Hochglazial an. Durch einen zeitlichen Hiatus getrennt, erfolgte dann im Spätglazial ein Gletschervorstoß. Seine Endmoränen liegen am Rande des Stammbeckens in seinem südlichen Bereich. Sie sind nordwestlich modellartig ausgebildet. Nach ihnen werden diese Gletscherstände einer Penzberg-Phase zugeordnet. Ihre Anlehnung an Trolls Weilheimer Phase liegt nahe, ist aber erst mit Vorlage vergleichender, regionaler Untersuchungen zulässig. Für die spätglaziale Einstufung spricht, daß die entsprechenden Bildungen weniger tiefgründig als die hochglazialen verwittert sind. Die spätglaziale Moräne überdeckt zudem Böden auf jungpleistozänen Ablagerungen. Es bleibt offen, wie die Reaktivierung des Gletschers erfolgte und inwieweit Inneis bzw. Lokaleis beteiligt war.

Die spätglazialen Moränen nordwestlich Penzberg bedecken einen jungpleistozänen Untergrund, der vom Würmeis überfahren und glazialtektonisch intensiv beansprucht worden ist (S. 152). Nach dem Abschmelzen des Eises setzte die Bodenbildung kräftig ein. Die spätglaziale Moräne bedeckt stellenweise diese Böden. Die Endmoränenwälle sind weitaus schwächer als die des jüngsten Hochglazials ausgebildet. Es entsteht der Eindruck, daß der Gletscher recht bald abschmolz, wie er seinen Außenrand erreichte. An den Rändern der Gletscherzungen bildeten sich nur kleine Wallmoränen, die ab-

schnittsweise aneinandergereiht sind, wie Perlen an einer Kette. Moränengürländen umgeben jeweils kleine vertorfte Zungenbecken. Das größte von ihnen liegt zwischen Ponholz und Eurach mit dem Ponholzer Filz in der Mitte. Bei Ponholz wiederum schließt sich die Stirn einer weiteren morphologisch gut ausgeprägten Zunge an. Auch Kirnberg-See und Huber-See werden von weiteren Endmoränen umsäumt. In petrographischer Hinsicht ist das Lockergestein der spätglazialen Endmoränen erheblich anders zusammengesetzt als das der hochglazialen. Ihr feinkörniger Anteil ist so hoch, daß es als Grundmoräne angesprochen werden könnte. Zweifellos nahm der wieder vorstoßende Gletscher vor allem Abschmelzmoräne und, wie mir Dr. H. JERZ mündlich mitteilte, junge Beckenablagerungen (u. a. Seetone) als Fracht auf.

Für die Endmoränen der Penzberg-Phase auf Blatt Penzberg ist es weiterhin charakteristisch, daß von ihnen keine erkennbaren Schotterfelder ausgehen. Von den Endmoränenbögen führen nur kräftige Schmelzwasserrinnen nach E zur Loisach; eine entlang der Achse der Nonnenwald-Mulde (Brünnles-Bach), die andere vor dem Nordrand der Penzberger Mulde. Sie trugen entschieden dazu bei, daß die Loisach nach W in ihr heutiges epigenetisches Tal (KNAUER 1952, JERZ 1969: 69/70) verlegt wurde. Zuvor hatte sie noch 2 km weiter östlich den Muldenschluß östlich von Nantesbuch-Karpfsee umflossen.

Das heutige Loisachtal hat in diesem Abschnitt allerdings bereits als Senke bestanden, in die von S eine breite Zunge des spätglazialen Gletschers vorstoßen konnte. Isolierte Endmoränen sind zwischen Loisach und Nantesbuch (links der Loisach) sowie im E/SE von Schwaig erhalten. Eine Zunge mit Stirn moränen, die vom Loisachknie bei Achmühl ausgeht und nach NE auf Podling gerichtet ist, hebt sich auch morphologisch gut erkennbar ab. Ebenfalls zur Penzberg-Phase sind die Moränenrücken zu stellen, die am Fuß der Flyschberge am tiefsten liegen und z. T. quer zum Beckenrand verlaufen.

Seetone: Das abschmelzende Eis hinterließ am Rande und in den Becken große und kleine Seen, die nach und nach aufgefüllt wurden bzw. verlandeten. Diese Vorgänge begannen im Hochglazial, wurden dann vor allem im Spätglazial sehr wirksam, setzten sich aber auch im Postglazial fort. Im Gebiet hatte das Eis überreichlich Lockermaterial hinterlassen, das nun von allen Seiten in die Becken gelangte. In den tiefen bzw. strömungsarmen Beckenteilen wurde das karbonatreiche, schluffig-tonige Feinmaterial abgelagert, das allgemein als Seeton bezeichnet wird.

Die frischen Seetone sind unterschiedlich grau gefärbt, verwittern jedoch bräunlich. Sie sind plastisch und bei hohem natürlichen Wassergehalt von geringer Konsistenz. Höhere Sandgehalte stellen sich in ehemals ufernahen Bereichen ein, aber auch in ehemaligen Strömungsrinnen im Beckeninneren.

Die Eintiefung der Loisach und ihrer Zuflüsse entblößte unterhalb der Flußschleife bei Achmühl an einigen Stellen die weitverbreiteten Seetone des

Wolfratshauer Beckens. Schmale isolierte terrassenartige Vorkommen begleiten die Loisach sowie den Hasel- und Auer-Bach, im SW und S von Breit-Filz. Die Oberkante der Seetonvorkommen liegt durchwegs über 592 m ü. NN, maximal bei 595 m ü. NN, nur lokal einige Meter höher. Jüngere Ablagerungen, z. B. Torf, bedecken in den übrigen Bereichen die Seetone, die hier nur in Bohrungen anzutreffen sind.

Das würmeiszeitliche Stammbecken wurde in seinem nördlichen Teil ebenfalls überwiegend mit spätglazialen Seetonen aufgefüllt, die häufig anstehenden Fels unmittelbar überdecken. Gelegentlich trafen Bohrungen unterhalb des Seetons noch bis 8 m mächtige, würmeiszeitliche Grundmoräne an. Größere Blöcke kommen örtlich in den unteren Seetonlagen vor. Insgesamt werden die Seetone bis 30 m, im Beckentiefsten bis 50 m mächtig. Ihre Oberkante liegt meist zwischen 580 und 590 m ü. NN. Sie werden besonders im W, jedoch z. B. auch bei Mürnsee, von spätwürmglazialen Kiesschüttungen überdeckt, deren Oberkante unmittelbar am Beckenrand bei Sindelsdorf bei 605 m ü. NN liegt.

Während die Bohrprofile westlich der Loisach durchwegs gleichförmig ausgebildete Seetone verzeichnen und nur lokal (in Rinnen bzw. Linsen) sandige Tone, selten mit Feinkieslagen, werden sie östlich der Loisach vielfach von Fein- Mittel- und auch von Grobkiesen verdrängt. Mit den Seetonen verzahnen sich die bereits im Spätglazial einsetzenden Schutt- bzw. Schwemmkegelbildungen am östlichen Beckenrand. Im östlichen Bereich stellen sich überdies mehrere Rundhöcker ein und unterhalb der würmspätglazialen Seetone sind häufiger verfestigte rißeiszeitliche vorhanden.

Kiese und Sande: TROLL (1937) unterschied mehrere späteiszeitliche Terrassenstufen, die bei rückschreitenden Gletscherständen sukzessive vom Habach-Antdorf-Iffeldorfer Tal (Blatt Iffeldorf) her seitlich nach E zum Stammbecken hin aufgebaut wurden. TROLLS Antdorf-Iffeldorfer Stufe greift vom SE-Ende der Osterseen bei Iffeldorf nach SE zu auf eine Talsenke über. Ihr zugehöriges Schotterfeld ist nordwestlich vom Sonnen-Berg gerade noch mit dem Ende auf unserem Blatt vertreten. Die etwas jüngere Penzberger Stufe setzt sich durch einen Erosionsrand klar von der 1. Stufe ab. Sie läuft südlich von Antdorf auf Johannesberg zu, taucht aber bei uns südlich von Breinetsried bereits unter das Breit-Filz ein. Als spätglaziales Schotterfeld ist auf unserem Blatt daher nur die 3. Stufe TROLLS gut ausgebildet, die im W von Dürnhausen kommt, Sindelsdorf einen festen Untergrund verschafft und östlich vom Ort 2 Schotterdeltas im Becken ausbreitet. Flachgelagerte Deckkiese auf geneigten Vorschüttkiesen ließen in Kiesgruben westlich von Sindelsdorf erkennen, daß die spätglaziale Schüttung, wenigstens zeitweise, in einem Randsee des Kochelsee-Beckens erfolgt ist, dessen Kerngebiet in dieser Zeit vielleicht noch von Eis erfüllt war.

Am Ostrand des Stammbeckens wurde von E her bei Mürnsee eine spätglaziales Schotterdelta aufgebaut. Es wurde jedoch nur von lokalen Wässern gespeist und erreichte daher nicht den Umfang der Deltas am Westrand. Weiter nördlich liegen unmittelbar am Fuß des Talrandes westlich von Brand-Podling sehr schmale Leisten spätglazialer Terrassen.

Die Kiese und Sande werden im jüngsten deltaförmigen Schotterfeld bei Urfeld über 10 m mächtig. In der B. 69 (S. 291) überdecken sie z. B. bei +592,7 m ü. NN junge Seetone, deren Sedimentation in diesem Bereich schon weitgehend abgeschlossen war. Ein älteres höher liegendes Schotterfeld schließt fast unmittelbar im SW an. Im Kern des Deltas stehen teilweise noch Tonmergel-Schichten der Molasse bis +599/607 m ü. NN an. Im Mürnseer Schotterfeld werden die Sande und Kiese nur insgesamt etwa 5 m mächtig. Sie überdecken ebenfalls junge Seetone, deren Oberkante hier bis +598 m ü. NN reicht.

Die bei Sindelsdorf erkennbaren Höhendifferenzen der spätglazialen Schotter können darauf hinweisen, daß neben TROLLS 3. Stufe hier noch eine ältere ausgebildet ist. Die notwendige Kartierung des Blattes Iffeldorf wird die Zusammenhänge ermitteln und vor allem auch den Bezug zu den rückschreitenden Gletscherständen herstellen, die von TROLL erwähnt worden sind.

4.4.1.4. Zum Quartär des Steinbachtals

(A. v. POSCHINGER)

Fernmoräne:

Die Fernmoräne des Steinbachtals ist in 2 verschiedenen Ausbildungen anzutreffen: Zum einen handelt es sich um einen grauen Schluff mit untergeordnetem Kies- und Sandanteil, wie er für eine Grundmoräne typisch ist.

Zum anderen finden sich Kiese mit hohem Feinsand- und Schluffanteil sowie mit vereinzelt Blöcken. Die Komponenten der kiesigen Ausbildung bestehen v. a. aus kalkalpinem Material, zudem ist stets ein erheblicher Anteil an Kristallingeschieben zu beobachten. Während der Großteil der Komponenten kantig oder schwach kantengerundet ist, finden sich verbreitet auch gut bis sehr gut gerundete Geschiebe. Einzelne dieser gerundeten Bestandteile wurden offensichtlich noch kurz vor der Ablagerung zerbrochen, wie an den z. T. scharfen Bruchrändern zu erkennen ist. Kratzungen sind in großem Umfang anzutreffen. Die Ablagerungen weisen keinerlei Schichtung oder Einregelung auf.

Der schluffreiche Typus ist nur lokal aufgeschlossen, scheint aber unter der kiesreichen Form zu liegen. Aufschlüsse finden sich in tieferen Einschnitten, so z. B. bei R 44 59 82; H 52 85 59. Deutliche Vernässungen weisen auf den wasserstauenden Effekt der Schluffe hin.

Die kiesreiche Form überzieht fast die gesamten unteren Hangteile des Steinbachtals, bergwärts werden die Sedimente von Schuttbildungen (s. u.) auf deutlichen Verebnungsflächen überlagert. Die höchsten dieser Verebnungen liegen auf ca. 1040 m ü. NN (Waxeneck), die größte Ausdehnung hat die Verebnung westlich und nordwestlich der Lehenbauernalm bei 960–1000 m ü. NN. Verebnungen in verschiedenen tieferen „Stockwerken“ finden sich im gesamten Tal, eine Korrelation erscheint allerdings nicht möglich.

Im Steinbachtal sind mehrere typische Moränenwälle zu finden, die als Hinweise auf Rückzugsstadien von Gletschern gedeutet werden können. Die beiden Wälle auf 1040 m (R 44 59 82, H 52 84 67) und 1020 m (R 44 61 00, H 52 84 77) weisen eine nach Osten gerichtete konvexe Stirn auf, sie sind talwärts nur bis in etwa 900 m Höhe zu verfolgen. Die drei gestaffelten Wälle nördlich des Steinbaches um R 44 60 48, H 52 85 80, zeigen eine entgegengesetzte, westgerichtete Stirn und reichen bis in das Steinbachtal bei ca. 800 m herab.

Nach DOBEN (1985: 45) können im Bereich der südöstlichen Blattgrenze Eishöhen um 1050 m angenommen werden, so daß es zu einer Transfluenz des Isargletschers sowohl über die Lexernalm, als auch über den Arzbacher Lainbach kommen konnte. Die Geländebefunde weisen darauf hin, daß das Steinbachtal durch Gletscher gefüllt war, die v. a. von Westen her wohl bis zur Lehenbauernalm vorstießen. Nach dem Rückzug dieses Bichler Seitenarmes des Loisachgletschers scheint der Isargletscher von Osten her nochmals bis auf die Höhe der Bichler Alm vorgestoßen zu sein.

Stillwassersedimente, wie gebänderte Seetone, die auf ein Abdämmen des Tales durch Eis hinweisen könnten, wurden nur an drei Stellen gefunden (a) (Blockhüttenmoor) R 44 60 27, H 52 86 53; b) R 44 59 70, H 52 84 14; c) R 44 58 37, H 52 86 53). Es handelt sich bei a) und b) um Seitentäler, die wohl vom Eis abgeschnürt wurden. Das Vorkommen bei c) ist flächenmäßig unbedeutend und hat keine Aussagekraft.

Das Steinbachtal war also offensichtlich durch Gletscher gefüllt, die mächtige Moränen abgelagerten. Im Gegensatz zu den Annahmen von BECHT (1989) handelt es sich dabei allerdings volumenmäßig nur untergeordnet um Grundmoräne, v. a. aber um kiesreiche Seiten- und Endmoränen.

Hangschuttbildungen

Über den Moränen liegen auf hochgelegenen Verflachungen stark bindige Sedimente, die fast ausschließlich aus Abtragsprodukten des Flysch bestehen. Der Feinkorngehalt ($< 0,06$ mm) liegt um 50%, Sandkorn tritt nur untergeordnet auf und in der Kiesfraktion finden sich nur eckige und angewitterte Bruchstücke von Flyschgesteinen. Eine Ausnahme hierzu bilden gelegentlich Findlinge von Kristallinblöcken, deren Häufigkeit mit der Nähe der Grenze zur Moräne zunimmt.

Die Position dieser Schuttbildungen auf den Verflachungen als talwärts ausdünnende Überdeckung der Moräne und die z. T. eindeutig auf dieser Decke liegenden Kristallinblöcke legen den Schluß nahe, daß die Entstehung in Zusammenhang mit der Vereisung zu sehen ist. Es ist anzunehmen, daß Flyschsutt von den benachbarten Hängen in Form von Rutschungen oder Muren auf die Gletscheroberfläche gelangte und als „Ablationsmoräne“ abgelagert wurde. Eine derartige Bildung ist insbesondere für die Verebnung des Waxeneck wahrscheinlich.

Zumindest lokal wurden die Schuttbildungen noch von eiszeitlichen Fließerden überfahren. Ein ca. 2 m mächtiges Fließerdematerial ist am Wegeinschnitt nordwestlich Lehenbauernalm bei P. 1002,5 über Murschutt und Moräne gut aufgeschlossen.

4.4.2. Holozän

Der jüngste Abschnitt der Erdgeschichte läßt einen Wechsel anhaltend warmer und kühler Zeiten erkennen, die sich auch auf die Vegetationsentwicklung auswirkten. Bereits im Atlantikum (ca. 6000–3000 v. Chr.) erreichte die postglaziale Erwärmung ihren Höhepunkt.

Talablagerungen, Kalktuffe, Schwemmkegel und Schutt- bzw. sehr mächtige Moor-Vorkommen sind natürliche Ablagerungen des Holozäns. Künstliche Aufschüttungen treten hinzu. Die Rodung und Kultivierung der Landschaft ging im wesentlichen von der ehemaligen Benediktinerabtei Benediktbeuern aus, die über sehr umfangreichen Grundbesitz verfügte. Die Mönche legten u. a. auch den größten Weiher des Blattgebietes, den Stallauer Weiher, an.

Talablagerungen

Besonders unterhalb von Achmühl wird die Loisach von einem allerdings nur schmalen Band aus jungholozänen mittel-feinsandigen Auenablagerungen umsäumt. Die jüngsten Aufschüttungen, besonders im Bereich der Nebenbäche, wo sie häufig schluffreich sind, wurden auf der Karte weiß gelassen. Kiesige Ablagerungen der Loisach sind unbedeutend. Die entsprechenden Ablagerungen der Nebenbäche sind von den Schuttmassen oft nicht zu trennen, die bereits im Spätglazial angelegt worden sind.

Kalktuff und Kalktuffsand

Holozäne Kalktuffbildungen finden sich zerstreut an Quellaustritten stark kalkhaltiger Grundwässer. Am Fuß des Höhenrückens von Höfen und Schönrain bilden sie jedoch verbreitete Vorkommen. Sie treten hier am Westrand des Rückens aus Moränen- und Schotterablagerungen aus, die auf wasserstauenden Molasseschichten liegen. westlich Schönrain stehen ca. 2 m

mächtige lockere Kalktuffsande bei P. 607 m unter geringmächtiger Überlagerung an. H. NATHAN bzw. H. J. ZIEGLER haben die Mollusken- bzw. Ostrakoden-Fauna des Fundorts bestimmt (H. JERZ 1969: 81/82). Anmoorige Böden bzw. Niedermoortorf bedecken die weitere Verbreitung der Kalktuffsande längs des Hangfußes.

Schuttkegel, Schwemmkegel, Schutt

Große Schuttmengen wurden bereits während des Spätglazials besonders vor dem Ausgang der Seitentäler in der Umrandung des glazialen Stammbeckens abgesetzt (S. 161). Im wesentlichen kam es dabei zu einer Umlagerung der glazialen Staubeckenablagerungen, die in den Seitentälern aufgehäuft waren. An die Steilhänge angelagert, wurden sie ein leichtes Opfer der einsetzenden Erosion. Der Höhenunterschied zwischen der Spitze der Schwemmkegel und der Loisschniederung entspricht dem zwischen den mittleren Höhen des Buchberg-Höhenrückens und der Niederung. Diese Gegenüberstellung verdeutlicht das Ausmaß der Materialumlagerung.

Künstliche Aufschüttungen

In der Umgebung der beiden Hauptschächte des aufgelassenen Bergwerks Penzberg liegen große Bergwerkshalden als bleibendes Zeugnis des Pechkohlenbergbaues. Das Haldenmaterial, überwiegend mergelige Bergemittel, lagert teilweise auf Molasseuntergrund. In den Bereichen, in denen Torf die Unterlage bildete, wich dieser unter der Belastung unregelmäßig aus. Die Halde östlich von Penzberg ist parkartig rekultiviert worden und gewährt eine vorzügliche Sicht über das Stammbecken mit seiner Umrahmung.

Die Kartierung des Schotterfeldes bei Unter-Buchen traf ungewöhnlich mächtige und weitverbreitete Bodenschichten an. Es stellte sich schließlich heraus, daß auf diesem Feld früher langfristig und systematisch der Aushub von Fischweihern planiert worden ist, wobei auch die Bodenkrume des an sich kargen Standortes verbessert wurde.

Rutschungen (A. v. POSCHINGER)

Rutschungen sind im Bereich des Kartenblattes nur im alpinen Teil bekannt. Hier ist v. a. die Überdeckung durch Hang- und Verwitterungsschutt betroffen. Besonders labil sind dabei diejenigen Stellen, an denen unter einer geringmächtigen Schuttdecke das Anstehende als Wasserstauer wirkt. Häufig sind Anrisse zudem in den Fernmoränen des Steinbachtals zu beobachten, die infolge ihrer lockeren Lagerung und wegen des hohen Feinkornanteils leicht erodiert werden können.

Die größte bekannte Rutschung, die sog. „Lissabona“, befindet sich nördlich des Windpäßelkopfes im Bereich des südlichen Blattrandes (Anbruch

auf Blatt 8334 Kochel a. See R: 445783 H: 528460). Der Überlieferung zufolge – schriftliche Hinweise konnten allerdings nicht gefunden werden – wurde diese Rutschung 1755 infolge des Erdbebens von Lissabon aktiviert. Ähnliche Folgen dieses Bebens werden auch aus dem Walchenseegebiet beschrieben (KÖRNER in DOBEN 1985: 122). Im Bereich dieser alten Rutschung erfolgte im Juli 1979 nach starken Niederschlägen eine erneute Bewegung (Auskunft Forstverwaltung).

Die morphologischen Untersuchungen zeigen, daß eine alte Rutschung (?Lissabon-Ereignis) offensichtlich in einen Schutt- oder Murstrom übergegangen und in zwei getrennten Strömen talwärts geflossen war. Bei dem Ereignis von 1979 handelte es sich demgegenüber um eine reine Rutschung, die eine Fläche von ca. 5 ha umfaßte. Das hierbei bewegte Volumen ist mit ca. 400.000 m³ anzusetzen. Das Rutschmaterial besteht aus Flyschschutt der Tristelschichten und des Gault. Anstehendes wurde offensichtlich nur im obersten Anrißbereich betroffen. Die ursprünglich hier sicherlich vorhandene Moränenauflage wurde wohl bereits während eines älteren Rutschereignisses abgeräumt.

Die Ursache der Rutschung ist im Zusammentreffen folgender rutschungsfördernder Faktoren zu sehen:

1. Der Fels des Windpässelkopfes ist offensichtlich durch tiefgreifende Hangbewegung aufgelockert, was das Eindringen des Oberflächenwassers erleichtert.
2. Im Bereich des Waxeck steht ein stark bindiger (Ton-Schluffgehalt über 65%) Verwitterungsschutt in größerer Mächtigkeit an. Diese Überdeckung verhindert den freien Wasseraustritt und führt u. U. zu gespanntem Grundwasser. Der hierdurch erzeugte Auftrieb auf die Verwitterungsdecke hat mit großer Wahrscheinlichkeit zur Auslösung der Rutschung beigetragen. Bei dieser labilen Gesamtsituation bedurfte es nur geringfügiger Anlässe, um die Rutschung auszulösen. 1755 war dieser Anlaß möglicherweise das Erdbeben, 1979 ist er wohl in hohen Niederschlägen zu suchen. Weitere Aktivierungen der „Lissabona“ sind aufgrund dieser Situation wahrscheinlich.

Neben zahlreichen kleineren Rutschungen im Steinbachtal wurde am Stallauer Berg (Anbruch: R: 446118, H: 528883) eine größere aktive Rutschung beobachtet. In diesem Fall sind ca. 3–4 ha Fläche von einer Rutschung betroffen, die nach unten zu in einen aktiven Schuttstrom übergeht, welcher nochmals eine Fläche von ca. 4 ha erfaßt. Das bewegte Volumen erreicht die Größenordnung von ca. 500 000 m³. Der Anriß befindet sich knapp südlich der Deckengrenze zwischen Flysch und Helvetikum. Im Flysch ist die Hällritzer Serie betroffen, im Bereich der Deckengrenze steht mächtiger Hang- und Verwitterungsschutt an.

Als zumindest eine Ursache dieser Instabilität ist die starke tektonische Beanspruchung entlang der Deckengrenze zu sehen, die eine tiefgründige Verwitterung und Entfestigung sowie das Eindringen von Oberflächenwasser erleichtert. Zudem treten im Helvetikum verwitterungs- und rutschanfällige Mergel auf.

4.4.3. Die Moorvorkommen des Kartenblattes 8234 Penzberg

(ERIKA HOHENSTATTER*)

Kartierung und Darstellung: W. LAFORCE und W. MEINDL

Mit insgesamt 4848 ha Moorflächen nehmen diese ca. 33% der Gesamtfläche des Kartenblattes ein. Östlich der Loisach liegen 1635,7 ha Einzelmoore, westlich davon 1534 ha, der auf das Kartenblatt Penzberg entfallende Anteil des großen Loisach-Kochelseemoores beträgt 1679 ha.

Diese Moorflächen teilen sich wie folgt auf in: 34,2% Hochmoor, 17,1% Übergangsmoor, 47,9% Niedermoor und 0,8% Anmoor. Von den 4848 ha Moorflächen sind ca. 1966 ha bewaldet bzw. aufgeforstet, mit enthalten sind in diesen Waldflächen ca. 769 ha Latschenbestände und Waldgestrüpp. Ca. 1362 ha sind Kulturflächen (einschließlich Bebauungsgebiet). Der Rest verteilt sich auf größtenteils baumfreie Streuflächen und gelegentlich gemähte Streuwiesen.

Auf die Zusammensetzung spez. der Loisach-Kochelseemoore, sowie deren Bedeutung als Kulturlandschaft wird am Schluß der Erläuterungen noch ausführlich eingegangen.

Neben der halbfett gedruckten Moor-, Gelände- oder Ortsbezeichnung, die auf der vorliegenden Geologischen Karte zu finden ist, steht im Normaldruck die Flurbezeichnung(en) aus der Flurkarte 1:5 000, sofern sie anders lautet, und die Nummer der Flurkarte⁶⁾. Sollte das Moorvorkommen auf der Karte nicht benannt sein, erscheint die Flurbezeichnung gesperrt mit anschließender Lagebeschreibung.

⁶⁾ Die Nummern sind an den Rändern vorliegender Karte vermerkt und setzen sich hinter der Angabe SW aus einer römischen (senkrechter Kartenrand) und einer arabischen Ziffer (waagrechter Kartenrand) zusammen.

*) Anschrift der Verfasserin: Dr. ERIKA HOHENSTATTER, Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Menzinger Straße 54, D-8000 München 19.

Die Lage der einzelnen Bohrungen ist mit Rechts(R)- und Hoch(H)-wert⁷⁾ gekennzeichnet. Angaben über die mittlere Höhenlage über Normalnull (NN) der Moorkommen wurden der topographischen Karte 1:25 000 entnommen. Die bei dem Profilaufbau verwendeten Abkürzungen entsprechen der Norm DIN 4220 bzw. der Kartieranleitung zur Bodenkarte 1:25 000. Demnach bedeutet: Hh = Hochmoortorf, Hü = Übergangsmoortorf, Hn = Niedermoortorf, Hl = Bruchwaldtorf, H = Zersetzungsgrad nach der 10-teiligen Skala nach von Post.

I. Moore östlich der Loisach

Roß-Filz SW XVII 5-6

Zwischen Loisach, Hasel-Bach und Mühlbach, insgesamt 153 ha (etwa 13 ha auf Blatt Königsdorf), etwa 590 m ü. NN.

Hochmooranteil ca. 80 ha, völlig bewaldet. Im nördlichen Teil sehr nasses Spirkenhochmoor mit ausgeprägter Laggzone im Westen, im Kern untypische Vegetation mit Sphagnen und viel Phragmites, nicht entwässert. Südlich eines Mineralrückens z. T. kultiviertes Hochmoor, z. T. bewaldet. 30 ha Kulturlflächen auf Niedermoor bzw. Übergangsmoor.
Geländeschnitt von SW nach NE

Profilaufbau im nördlichen Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-300	Hh, Schlenkentorf, <i>Scheuchzeria</i> , viele tierische Reste	4-6	92,2	5,3	4,0
-380	Hü, <i>Carex</i> , <i>Equisetum lim.</i> , <i>Sphagnum</i>	5	86,9	39,1	5,5
-400	Ton, schwach humos				

Profilaufbau im südlichen Teil (R⁴⁴ 56 610; H⁵² 94 800)

-190	Hh, <i>Eriophorum</i> , viel <i>Sphagnum</i> , <i>Picea</i>	4-5	92,3	1,8	3,3
-300	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Hypnaceen</i>	4	93,1	2,4	4,1
-640	Hn, <i>Carex</i> , Holzreste, feinfaserig	4	91,4	4,5	4,8
-700	Hn, stark mineralisch	-	76,4	52,2	5,8

Darunter stark toniger Feinsand

⁷⁾ Vgl. hierzu Planzeiger am Rand jeder topographischen Karte M 1:25 000.

Breit-Filz SW XVII 4-5 und SW XVIII 5

Zwischen Hasel-Bach, Auer-Bach, Zellwieser Mühl-Bach, Au und Hornberg, ca. 207 ha, etwa 600 m ü. NN

Im nördlichen Teil einheitliches, vorentwässertes und kultiviertes Hochmoor (ca. 95 ha), im südlichen Teil stark gegliedertes Übergang-Niedermoor, größtenteils in Kulturflächen umgewandelt bzw. aufgeforstet, Randflächen bewaldet. Etwa 18 ha Streuflächen. Im Quellbereich des Auer-Baches westlich Schönrain Alm vorkommen am Moorrand und innerhalb des Moores. Geländeschnitt von SW nach NE

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-150	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i> , <i>Rhynchospora</i> , auffallend viele Rhizopodenreste, <i>Pinus</i> wurzeln	5	89,2	1,3	3,2
-300	Hü, viel <i>Scheuchzeria</i> , <i>Carex lim.</i> , <i>Sphagnum</i>	5	91,1	1,0	3,6
-370	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Picea</i> -Holz	4	89,1	2,3	4,2

Darunter humoser Sand

Profilaufbau südlicher Teil (R⁴⁴ 58 520; H⁵² 94 350)

-200	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	3	88,3	8,4	5,1
-270	Hn, Waldtorf	6-7	86,0	16,0	5,9

Darunter feinsandiger Ton

Zusätzlich zu dem Geländeschnitt SW-NE, wurde weiter südlich ein Profil gebohrt (ohne Abb.) um hier die Grenzen von Hochmoor, Niedermoor und Alm festzulegen. Dieses Profil erfaßt auch den südlichen Randbereich des Höfener-Sonnenhofer-Filzes.

Höfener Filz, Sonnenhofer Filz (Blatt Königsdorf) SW XVII 4-5

Südlich Zellwieser Mühl-Bach bis Hornberg, ca. 78 ha (hiervon ca. 2,5 ha Alm), etwa 590 m ü. NN

Im nördlichen Teil ursprüngliche Hochmoorvegetation mit zahlreichen *Rhynchospora*-Schlenken, sonst aufgeforstet (ca. 20 ha). Im südlichen Drittel Niedermoor in Kulturflächen umgewandelt (ca. 30 ha). In diesem Teil 70 m nördlich Hangfuß größte Moortiefe mit 720 cm. Geländeschnitt von SW nach NE

Profilaufbau im südlichen Teil (R 44 59 170; H 52 94 910)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H
-500	Hn, <i>Carex</i> , hellbraun	3
-600	Hh, <i>Carex</i> , <i>Picea</i> - und <i>Alnus</i> -Holzreste	4
-720	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i>	4-5
-770	Feinsandiger, zäher Ton	-

Im Quellbereich des Stingelbaches Moorbildung durch Kalkablagerungen mehrfach unterbrochen, Alm- und Tuffbildung auch innerhalb der Moorergrenze. Die Vegetation wechselt hier nahezu übergangslos vom kalkholden Schoenetum mit *Triglochin palustre* und *Cratoneurum com.* zum Übergangswaldmoor mit *Sphagnum palustre*, *Trichophorum alpinum* und *Erica carnea*.

Profilaufbau (R 44 59 520; H 52 95 250)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H
-110	Hh-Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Vaccinium</i> , <i>Pinus</i> -Holz	6-7
-300	Quellkalk/Tuff	-
-360	Desgleichen mit <i>Alnus</i> -Holz	-
-390	Hn, Bruchwaldtorf	8
-400	Tuff	-
-450	Humoser Tuff	-
-490	Tuff/Alm	-
-530	Sand	-
-550	Sehr zäher, toniger Sand	-

Moor südlich **Kreuth** SW XVII 3-4

400 m südwestlich Kreuth, ca. 13,8 ha und 2,4 ha, etwa 650 m ü. NN.

Sehr nasses, im Kern baumfreies Hochmoor, am Südrand Erlenbruchwald. Durch Verlandung entstanden, ungewöhnliche Schichtenfolge, unmittelbar über der Lebermudde beginnt der Hochmoortorf. Sehr rasch aufgewachsen, bei 380 cm Tiefe zahlreiche *Tiliapollen*.

150 m südlich 2,4 ha Anmoor-Niedermoorstreuweise.

Profilaufbau (R⁴⁴ 61 270; H⁵² 95 440)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-310	Hh, Schlenkendorf mit vielen Rhizopodenresten	3-6	92,5	3,9	4,5
-420	Lebermudde, viele Phyllopodenreste, <i>Diatomeen</i> , <i>Chlorophyceen</i>	-	93,6	4,2	6,3
-450	Seckkreide, vereinzelt <i>Sphagnum</i> Darunter sandiger Ton	-	62,4	78,5	8,2

Moor bei **Graben** SW XVII 4

100 m südlich Graben, ca. 5,9 ha, etwa 650 m ü. NN.

Hochmoor mit alten Torfstichen, im Westen kultivierter Niedermoorstreifen (1 ha).

Bernwiesen-Bach Moosfleck SW XVII 3 und SW XVIII 3

Moor beiderseits des Bernwiesen-Bach und Großer Roth-Bach (Blatt Tölz), ca. 142 ha (Teilfläche auf Blatt Penzberg), etwa 630 m ü. NN.

Flachgründiges Niedermoor, dauernde Vernäzung der Talaue durch den Bernwieser-Bach und Sau-Bach sowie im südlichen Teil durch austretende kalkhaltige Quellen. Westlich des Bernwieser-Baches drei Hochmoorinseln. Am östlichen Kartenrand Teilfläche des Roth-Bach-Filzes auf Blatt Tölz. Hochmooranteil ca. 40 ha, ca. 80 ha Niedermoorstreuweisen, ca. 9 ha bewaldet. Im Bereich der Kalkquellen dichte Rasen von *Characeen*.

Westlich Moosfleck SW XVII 3-4

200 m und 300 m westlich vom Bernwieser-Moor, ca. 7,1 und 6,6 ha, etwa 660 m ü. NN.

2 Übergangsmoore mit Streuwiesenvegetation, beginnende Hochmoorbildung, 4 ha Kulturflächen. 50 m südlich davon 1,5 ha Anmoor.

Buchnerfilz SW XVII 4 und SW XVIII 3-4

Westlich von Oberbuchen und Unterbuchen, ca. 218 ha, etwa 630 m ü. NN.

Stark gegliederter Moorkomplex, mehrfach unterbrochen durch Mineralrücken. Moorbildung im Quellbereich der Heu-Bach-Zuflüsse immer wieder gestört. Da *Schoenus*-Bestände auf Quellkalk und *Tofieldietalia*-Pflanzengesellschaften über kalkreichem Niedermoor ineinander übergehen, ist eine Festlegung der Moorgrenzen in diesem Bereich auf Grund der Vegetation nicht möglich. Steiler Randgraben am Hangfuß im Norden, hier beträgt die Moortiefe 800 cm.

Der westliche Teil des Buchnerfilz besteht aus Hochmoor mit zahlreichen Schlenken (*Rhynchospora alba* und *Lycopodium inundatum*). Dieser Teil ist durch Verlandung entstanden. Der östliche Teil ist durch Vernässung entstanden. Früher zeitweise intensive Abtorfung. Hochmoorfläche 100 ha, Übergangsmoor ca. 98 ha, Niedermoor ca. 20 ha, insgesamt ca. 47 ha Wald und 28 ha Kulturflächen.

Geländeschnitt von SW nach NE

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-140	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Trichophorum</i>	5	93,0	3,9	5,1
-300	Hü, <i>Scheuchzeria</i> , <i>Carex</i> , Holzreste	5	92,4	4,6	5,4
-400	Hn, <i>Carex</i>	4-5	91,0	6,4	5,7
-430	Hn, <i>Hypnaceen</i> , <i>Carex</i>	6	87,7	31,0	5,9
	Darunter Ton				

Profilaufbau bei Bp. 30

-100	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Pinusholz</i>	5	91,4	11,0	4,9
-300	Hü, Schlenkentorf, <i>Carex lim.</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Equisetum</i>	3-4	91,0	5,7	5,2
-370	Hn, <i>Menyanthes</i> , <i>Equisetum</i>	3-4	93,0	4,2	5,5
-440	Lebermudde, <i>Phyllopoden-</i> und <i>Desmidiaceen-Schalen</i>	-	92,0	8,0	6,3
-500	Ton	-	57,1	91,6	8,7
-600	Seekreide, stark tonig	-	-	76,1	8,7
-650	Ton	-	-	-	-

Profilaufbau (R⁴⁴ 60 680; H⁵² 92 380) 800 m westlich Oberbuchen

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-220	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i>	5	91,8	2,1	4,6
-300	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Betulaholz</i>	6	90,4	4,9	5,1
-410	Hn, <i>Carex</i>	6	90,0	7,5	5,3

Profilaufbau (R ⁴⁴ 61 370; H ⁵² 92 630) 500 m nördlich Oberbuchen

-180	Hh, <i>Sphagnum</i> , wenig <i>Eriophorum</i> , etwas <i>Vaccinium</i> -Reisigreste	4-5	91,0	2,4	3,5
-300	Hü, Waldtorf, wenig <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i>	5	91,1	5,5	4,8
-350	Hn, Bruchwaldtorf, <i>Phragmites</i> , viele grobe <i>Picea</i> -Holzreste	5-6	92,2	8,1	5,4
-380	Hn, <i>Carex</i> , <i>Equisetum</i>	6	88,3	36,0	5,5
-400	Toniger Feinsand	-	-	-	-

Westlich **Unterbuchen** SW XVIII 3

Ca. 6,5 ha, etwa 630 m ü. NN.

Verlandungsfläche westlich vom See mit Hochmoorvegetation, Niedermoorrandflächen kultiviert.

Östlich **Unterbuchen** SW XVIII 3

Ca. 7,2, 1,8 und 0,8 ha, etwa 640 m ü. NN.

Drei Niedermoore mit beginnender Übergangsmoorbildung.

Oberbuchen und **Weierhäusl** SW XVIII 3-4 und SW XIX 4

500 m östlich und 500 m südwestlich Oberbuchen, insgesamt ca. 16 ha Anmoor, etwa 650 m ü. NN.

Vier Anmoorflächen im Bereich der Heu-Bachzuflüsse, teilweise überdeckt.

Hammerl SW XIX 3

Ca. 6,0 ha, etwa 670 m ü. NN.

Teilweise abgetorfte Hochmoor mit kultivierten Randflächen.

Auerfilz SW XVII 5 und SW XVIII 5

Nördlich Kleiner Karpfsee zwischen Holm- und Auer-Bach, ca. 160 ha, etwa 590 m ü. NN, Landschaftsschutzgebiet.

In sich geschlossenes, sehr nasses Hochmoor, locker mit Spirken und Latschen bestockt (145 ha) *Sphagnum fuscum* und *Carex pauciflora*. Der gesamte Auerfilz sowie Großer und Kleiner Karpfsee stehen unter Landschaftsschutz, eine Unternaturschutzstellung wäre zu empfehlen, da bis heute nahezu unberührt. Starkes Auftreten von Methangas mit bis zu 1 m hoher Stichflamme. Geländeschnitt von S nach N

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-350	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Pinus</i> -Holz, wenig <i>Eriophorum</i> , Methangas	5	93,0	1,4	3,3
-500	Hü-Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Scheuchzeria</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Sphagnum</i>	4-6	93,0	1,4	3,3
	Darunter Sand				

Letten, Geisbühel SW XVIII 4-5 und SW XIX 4-5
200 m östlich Letten, ca. 67 ha, etwa 610 m ü. NN.

Im nördlichen Teil unberührtes Hochmoor, unvollständige Moorsukzession mit derartiger Schichtenfolge selten. Südlich des Mineralhügels Niedermoor z. T. mit Erlenbruchwald. Ca. 38 ha Hochmoor, davon 34 ha mit Spirken und Latschen bestockt. Ca. 19 ha Niedermoor, davon 7 ha Kulturflächen.

Profilaufbau (R⁴⁴ 58 660; H⁵² 91 830)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hh, Reisigtorf, <i>Calluna</i> , <i>Vaccinium</i> , <i>Pinus</i> -Holz	5	91,5	2,0	3,5
-440	Hü, <i>Eriophorum</i> , <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , Farnsporangien, Holzreste	5	92,0	4,5	5,2
-550	Hh, überwiegend <i>Sphagnum</i>	4	92,8	5,6	5,6
-570	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Equisetum</i>	6	89,2	16,0	5,8
	Darunter toniger Grobkies				

Bachfilze, Am Weiher SW XIX 4

300 m NE Schöna, am Ostufer des Sees, ca. 29,0 ha, etwa 650 m ü. NN.

Westlicher Teil am See ca. 16 ha Niedermoor mit Kulturflächen, östlicher Teil ca. 12 ha Übergangsmoor etwa zur Hälfte bewaldet. 300 m nördlich 1,7 ha großes Niedermoor.

Profilaufbau (R⁴⁴ 59 520; H⁵² 90 740) östlicher Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , rezentes <i>Phragmites</i>	5	89,0	4,8	4,2
-400	Hn, Waldtorf, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , viel <i>Pinus</i> - und <i>Picea</i> -Holz	6	88,7	6,4	5,0
-500	Feinsand				

Bad Heilbrunn, Am Filz SW XIX 4

Ca. 3,5 ha, etwa 680 m ü. NN.

Hochmoor im Bebauungsgebiet, Abtorfung zur Badetorfgewinnung, ca. 380 cm mächtig.

Schönau, Am Weiher SW XIX 5

Am westlichen Ortsrand von Schönau, ca. 16,9 ha, etwa 630 m ü. NN.

Übergangsmoor in Talmulde entlang dem Heu-Bachzufluß entstanden. Teilweise als Hangmoor aufgewachsen, im S kleine Hochmoorinsel, ca. 7 ha Kulturflächen.

Profilaufbau (R⁴⁴ 58 450; H⁵² 90 320)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Alnus</i> -Holz, <i>Phragmites</i> , <i>Hypnaceen</i>	4	88,0	5,1	4,1
-280	Hn, sehr viel <i>Carex rostr.</i> , feinst Darunter Ton	4	88,3	9,3	4,9

Bocksberger Filz, Rammel-Filz, Weid-Filz, Seelesfilze, Oberlaichfilze, Schlagfilze SW XVII 6, SW XVIII 5-6 und SW XIX 5

Moore östlich und südöstlich von Hohenbirken, von Fletzen im N bis Mürnsee reichend, ca. 410 ha, etwa 590 m ü. NN.

Der gesamte Moorkomplex setzt sich aus mehreren Mooren mit verschiedenen Namen zusammen, die jedoch alle über geringmächtige Niedermoorstreifen zusammenhängen, während die Hochmoorkerne ohne Verbindung sind. Von den ca. 80 ha Hochmoorflächen sind 65 ha mit Latschen bestockt, von ca. 131 ha Übergangsmoor sind 106 ha bewaldet und ca. 10 ha Kulturflä-

chen, von ca. 190 ha Niedermoor sind 110 ha bewaldet und 68 ha Kulturflächen. Der Rest verteilt sich auf Streuwiesen. Im Bocksberger Filz sowie im Weid-Filz wurde vor allem in den Jahren von 1945–1960 in großem Umfang maschinell abgetorft. Der hohe Prozentsatz von Wald und sekundärem Waldgestrüpp (68,5%) ist eine Folge der damaligen Abtorfung und der damit verbundenen teilweisen Entwässerung.

Geländeschnitt von S nach N

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-150	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Molinia</i> , <i>Calluna</i> , <i>Carex</i> , <i>Rhamnus</i>	5	89,2	3,8	4,0
-200	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Betula</i> -Holz	5	90,3	4,1	4,9
-230	Hn, Bruchwaldtorf, <i>Carex</i>	6	88,3	8,4	5,4
-250	Hn, stark mineralischer Bruchwaldtorf	8–9	88,3	48,9	5,7

Darunter toniger Sand

Profilaufbau (R 44 57 040; H 52 92 550) 500 m südwestlich Karpfsee

-200	Hn, viel <i>Carex rostr.</i> , sehr fein	4–5	88,6	8,0	5,3
------	--	-----	------	-----	-----

Darunter Ton

Profilaufbau (R 44 57 560; H 52 93 500) 700 m südöstlich Nantesbuch

-100	Hn, <i>Carex</i> , wenig <i>Phragmites</i>	4	92,0	6,7	5,6
-200	Hn, Waldtorf, <i>Picea</i> -Holz, <i>Equisetum</i>	3–4	90,1	26,4	5,6
-400	Hn, <i>Hypnaceen</i> und <i>Equisetum</i>	3	91,7	6,4	5,4
-500	Hn, Waldtorf, <i>Alnus</i> , <i>Betula</i>	6–7	89,6	8,5	5,6
-620	Hn, Waldtorf, <i>Carex</i> , schmierig	7	90,0	15,6	6,5

Darunter Mittel-Grobsand

Profilaufbau (R 44 55 390; H 52 93 450) 500 m südlich Hst. Fletzen

-120	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Equisetum</i>	5–6	88,0	35,2	6,0
------	---	-----	------	------	-----

Darunter zäher Ton

Westlich Mürnsee SW XIX 5–6

(Lokalbezeichnung Reindfilz), ca. 62 ha, etwa 590 m ü. NN.

Hochmoor mit schmalem, teilweise bewaldetem Übergangsmoorgürtel. Mit dem nördlich der Straße gelegenen Bocksbergerfilz über eine schmale Niedermoorzunge verbunden. In der südlichen Hälfte teilweise abgetorft und von Gräben durchzogen. Ca. 45 ha Hochmoor, davon 26 ha mit Spirken, Latschen und Kiefern bestockt.

Geländeschnitt von S nach N

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
– 50	Hh, <i>Calluna</i> , <i>Vaccinium</i> , <i>Trichophorum</i>	5	88,4	6,0	5,5
–100	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Scheuchzeria</i>	5	92,1	10,3	6,1
–200	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Equisetum</i>	4–5	93,0	8,8	6,5
–260	Hü, <i>Carex limosa</i> , <i>Trichophorum</i> , <i>Pinus</i>	4–5	90,5	6,0	6,1
–360	Hn, überwiegend <i>Carex</i> Darunter Sand	4–5	91,4	9,4	6,7

Achmühle SW XIX 5 und SW XX 5

100 m südlich und 200 m südwestlich Achmühle, ca. 23,4 ha, etwa 600 m ü. NN.

Drei Niedermoore mit 10,5, 7,7 und 5,1 ha Fläche mit Übergangsmoorinseln (9 ha) und kleiner randlicher Anmoorfläche. Etwa 6 ha bewaldet.

II. Moore westlich der Loisach

Schwarzweiler Filz SW XVII 8

Südöstlicher Ausläufer des Seeshaupter Moores am nordwestlichen Kartenrand, ca. 68,1 ha, etwa 600 m ü. NN.

Östlich der Straße nach Staltach (Schwarzweiler Forst) Fichtenwald auf Niedermoor, westlich der Straße (Sanimoor) teilweise maschinell abgetorfes Hochmoor mit baumfreien *Calluna*-Flächen, Moormächtigkeit hier durchschnittlich 500–600 cm. Insgesamt ca. 53 ha bewaldet.

Profilaufbau (R⁴⁴ 50 450; H⁵² 95 750) östlicher Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-400	Hn, <i>Carex</i> , geringe Holzreste, feinfasrig	3-4	87,4	8,3	5,2
-420	Hn, <i>Hypnaceen</i> , <i>Carex</i>	5	92,0	26,5	6,5
-500	Stark toniger Feinsand				

Euracher Filz, Breitfilz SW XVII 7-8

Beginnt 800 m nordöstlich von Untereurach bis 500 m westlich Promberg, ca. 106,1 ha, etwa 600 m ü. NN.

Westlicher Teil beiderseits der Autobahn sehr mächtiges Übergangsmoor mit Fichtenhochwald und bewaldeten, randlichen Niedermoorflächen, östlicher Teil zwei Hochmoorflächen (27 ha) z. T. mit Spirken und Latschen bestockt (13 ha). Westlich Promberg Kulturflächen auf Niedermoor (ca. 10 ha), durch diesen Teil verläuft von Oberau kommend die Trasse der Wasserleitung der Stadt München. Hier als Seltenheit *Lunaria rediviva*. Streutorfgewinnung. Insgesamt ca. 72 ha Wald.

Profilaufbau (R⁴⁴ 51 880; H⁵² 95 430) 200 m westlich der Autobahn

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Hypnaceen</i>	4	89,1	3,7	3,6
-200	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i>	4	89,6	4,6	4,3
-300	Hn, Waldtorf mit <i>Carex</i>	4	89,3	10,8	4,7
-700	Hn, überwiegend <i>Carex</i>	3	91,1	4,0	5,1
-800	Hn, überwiegend <i>Hypnaceen</i>	3	88,7	8,8	5,5
-900	Schwach humoser, kiesiger Sand	-	-	-	-

Profilaufbau (R⁴⁴ 52 880; H⁵² 95 060) 800 m östlich der Autobahn

-100	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i>	4	91,4	3,5	3,6
-300	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Scheuchzeria</i> , <i>Menyanthes</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Pinus</i> -Holzreste	4-5	92,1	2,8	4,5
· 410	Hn, <i>Carex</i> , Darunter Grobkies	5-6	91,7	4,6	5,5

Profilaufbau (R⁴⁴ 53 770; H⁵² 95 200) 500 m westlich Promberg

-200	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i> , <i>Vaccinium</i> und <i>Calluna</i> -Reisigreste	5	88,1	2,3	3,8
-410	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i>	4-5	90,5	3,7	5,1

Darunter Kies

Kohlfilz SW XVII 6-7

Am nördlichen Kartenrand, 500 m nördlich Promberg, ca. 53,1 ha, davon ca. 23 ha auf Blatt Königsdorf, etwa 610 m ü. NN.

Etwa zur Hälfte bewaldetes, im mittleren Teil offenes Hochmoor. Niedermoorflächen nur teilweise aufgeforstet, sonst Streuwiesen, Streutorfgewinnung.

Profilaufbau (R⁴⁴ 53 540; H⁵² 95 600)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hn, <i>Carex</i> , vereinzelt <i>Equisetum</i>	4-5	87,4	6,3	4,9
-300	Hn, viel <i>Carex rostr.</i> , <i>Equisetum</i> , <i>Eriophorum spec.</i> , Holzreste	4-5	91,9	4,8	4,9
-340	Hn, überwiegend <i>Carex rostr.</i>	5	89,7	18,0	5,5

Darunter toniger, kiesiger Feinsand

Schwaig, Schwaiger Filz SW XVII 6 (Profilaufbau s. S. 180)

Ca. 63,1 ha, etwa 600 m ü. NN.

Wird von der neuen Straße Beuerberg-Penzberg durchschnitten. In diesem Bereich teilweise aufgeschüttet, ebenso östlich der Bahnlinie.

Niedermoor mit zwei Übergangsmoorinseln im westlichen und östlichen Teil, ca. 28 ha Kulturflächen, 19 ha Wald. Am Nordrand des Moores im Bereich von Stauwasser untypische Vegetation mit Spirken, *Vaccinium ulig.* und viel *Phragmites*. Ehemals abgetorfte Flächen, heute mit Niedermoorwaldgestrüpp.

Ponholzer Filz SW XVII 7-8 und SW XVIII 7-8

300 m südlich Ober-Eurach, ca. 57 ha, etwa 610 m ü. NN.

Durch Verlandung eines stark eutrophierten Gewässers entstanden im Untergrund Kalkmudde, Lebermudde, Faulschlamm sowie kaum zersetzter

Profilaufbau (R ⁴⁴ 54 620; H ⁵² 95 360) westlicher Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hü, <i>Hypnaceen</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria</i>	3-4	89,5	4,7	5,4
-300	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , Holzreste, Farnsporangien	6	89,0	7,5	5,4
-370	Hn, Waldtorf, viel <i>Hypnaceen</i> , <i>Sphagnum cf. squarrosum</i>	5	87,6	20,4	5,8
	Darunter Ton				

Profilaufbau (R ⁴⁴ 55 320; H ⁵² 94 730) östlicher Teil

- 10	Mineralisch überdeckt	-	-	-	-
- 50	Hn, <i>Carex</i> , Holz	6	85,8	12,8	7,2
-200	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i>	4-5	90,1	6,9	5,6
-420	Hn, <i>Carex</i> , viel <i>Phragmites</i>	4	89,6	5,7	5,6
	Darunter sandig kiesiger Ton				

Hypnaceentorf, der teilweise subaquatisch aufgewachsen ist. Nur im südlichen Teil Hochmoor (ca. 14 ha). Vom gesamten Moor sind 42 ha bewaldet, hiervon ca. 8 ha Latschen und Spirken auf Hochmoor. Um den Ponholzer Weiher Niedermoorstreuflächen. Das Moor wird heute in seiner ganzen Länge von der Autobahn nach Penzberg durchschnitten. 500 m südwestlich wurden weitere 4,5 ha Übergangsmoor beim Autobahnbau aufgeschüttet. Geländeschnitt von W nach E. Einzelheiten über die Auswirkung des Autobahnbaues in diesem Bereich siehe unten.

Profilaufbau (R ⁴⁴ 51 720; H ⁵² 94 260); dieser Bohrpunkt liegt heute auf der Autobahntrasse

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-150	Hü, Waldtorf, <i>Vaccinium</i> , <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , viel <i>Picea</i>	1-2	89,5	9,0	5,5
-250	Hn, <i>Carex limosa</i> , <i>Menyanthes</i> , <i>Hypnaceen</i>	3	91,1	9,1	5,8
-370	Hn, nur <i>Hypnaceen</i> , sehr feinfaserig	2	92,8	6,0	6,0

-400	Hn, <i>Carex</i> , <i>Picea</i> , viele Rhizopoden	7	92,4	6,7	6,1
-550	Grauschwarze Lebermudde	–	93,5	4,9	6,3
-600	Schwarze Lebermudde – Faulschlamm	–	92,5	7,0	6,5
-650	Lebermudde/Seekreidegemisch mit zahlreichen Resten von <i>Pisidium spec.</i> und <i>Valvata piscinalis</i>	–	82,5	54,0	7,4
-800	Glimmerhaltiger, stark kalkhaltiger Ton mit Feinsand, hellgrau	–	36,1	74,9	7,7

Dieses W–E Profil wurde 1961 vor dem Bau der Autobahn sehr engmaschig abgebohrt und einnivelliert. Mit dem Bau selbst wurde zwischen 1963 und 1965 begonnen. Im Frühjahr 1975 wurde das gleiche Profil wieder einnivelliert um einen Überblick über die inzwischen eingetretene Sackung der Torfschichten beiderseits der Autobahn zu gewinnen. Auch war bis dahin nicht bekannt, bis zu welcher Entfernung sich der Bau der Autobahn westlich und östlich davon auf die Vegetation auswirken würde.

Beim Auftragen der Kurven zeigte sich, daß die Torfschichten unmittelbar neben der Autobahn mächtiger geworden waren (Abb. 33). Doch war diese zunächst völlig überraschende Tatsache eine logische Folge der in diesem Abschnitt erfolgten Moorsprengung. Beim Bau dieses Abschnittes wurden die Torfmassen nicht abtransportiert, sondern unter dem Fundament der Autobahn weggesprengt und stauten sich somit beiderseits der Trasse auf. 200 m westlich und 160 m östlich der Autobahn verlaufen beide Nivellements wieder synchron, eine Sackung ist in den 10 Jahren nach dem Bau nirgends eingetreten, obwohl tiefe Abflußgräben beiderseits der Trasse liegen. Sicherlich ist dieses Ergebnis nicht unbedingt auf alle Straßenbauten durch Mooregebiete zu übertragen, insbesondere dann nicht, wenn große Torfmengen abtransportiert würden (was jedoch meistens an den Kosten hierfür scheitern dürfte), andererseits wurde speziell hier das Ausmaß der Sackung und deren Folgen für die Vegetation (hier Fichtenhochwald) sicher weit überschätzt, vor allem was die betroffene Flächengröße anbelangt.

Weidenseelein Moos SW XVII 8 und SW XVIII 8

500 m westlich Ober-Eurach, ca. 72,4 ha, etwa 590 m ü. NN.

Durch Verlandung eines Sees entstanden. Im Kern baumfreies Nieder- und Übergangsmoor, Randflächen aufgeforstet, im Norden früher abgetorft. *Tofieldietalia*-Pflanzengesellschaften mit *Schoenus ferrugineus* lassen auf Kalkquellen schließen. Das äußerlich wenig auffällige Moor hat die größte Tiefe von organischen Ablagerungen aufzuweisen auf dem gesamten Blatt Penzberg.

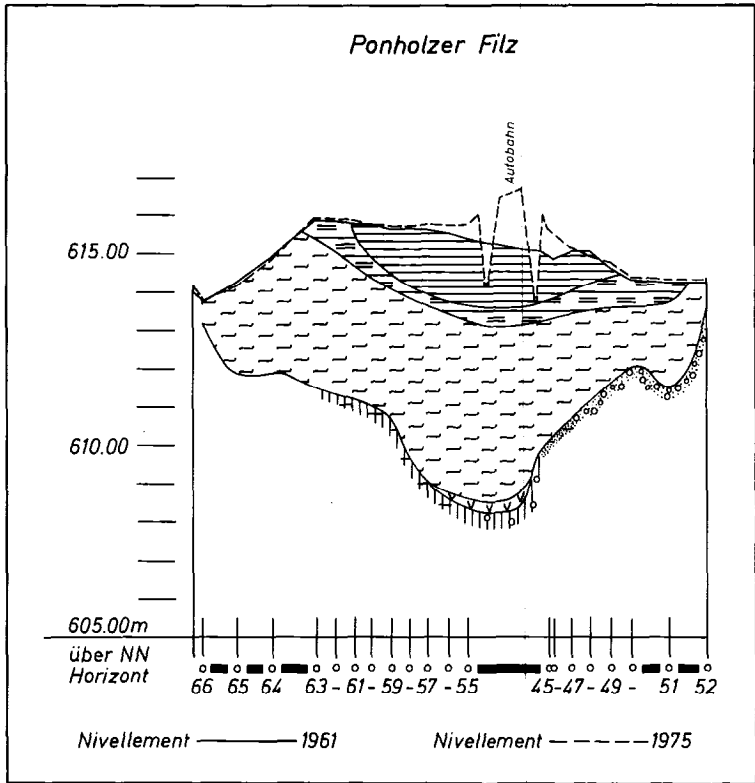


Abb. 33. Autobahnbau im Hochmoortorf; darunter Übergangs- und Niedermoortorf.

Profilaufbau (R⁴⁴ 50 420; H⁵² 94 130)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Scheuchzeria</i> , etwas <i>Sphagnum</i> , Holz	6	91,5	9,4	5,8
-300	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , sehr viel <i>Carex rostr.</i> , Verlandungszone	4	94,0	6,5	6,0
-340	Hn, <i>Carex rostr.</i> , zahlreiche Rhizopodenreste	4	90,4	16,5	6,1
-500	Lobermudde	-	80,1	51,7	8,0
-980	Seekreide	-	68,1	70,8	8,3
-1000	Tonige Seekreide	-	-	-	-

Degensee-Filz, Beckerfilz SW XVIII 8 und SW XIX 8
500 m nordwestlich Breinetsried, ca. 44,6 ha auf Blatt Penzberg, etwa 610 m ü. NN.

Verlandungsmoor, größtenteils abgetorft, auf den Streuflächen stark ausgetrocknet, mit baumfreier Übergangsmoorvegetation (*Calluna* und *Molinia*). Der westliche Teil des Moores auf Blatt Iffeldorf (Beckerfilz) wird von der Autobahn durchschnitten und ist daher zerstört.

Profilaufbau (R 44 50 260; H 52 90 840)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hh-Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Scheuchzeria</i> , wenig <i>Carex</i> , <i>Betula</i> -Holz	5	88,6	4,8	3,8
-200	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> ,	5	92,3	5,5	4,6
-320	Hn, <i>Hypnaceen</i> , meist <i>Calliargon</i> , <i>Carex limosa</i>	4	91,0	5,4	4,5
-330	Ton	-	-	-	-
-350	Kiesiger Ton	-	-	-	-

Eizenberg SW XVII 7 und SW XVIII 7

Vom Neuen Weiher im N bis Neu-Kirnberg im S, ca. 71,4 ha, etwa 600 m ü. NN

Nördlicher Teil Niedermoor (33 ha) z. T. aufgeforstet, z. T. kultiviert (20 ha). Südlicher Teil durch Verlandung entstanden und über Seekreide aufgewachsen, etwa 25 ha Hochmoor, davon 10 ha bewaldet. Die gesamte Vegetation tendiert hier zum Übergangsmoorwald als Endstadium. Das Moor wird von der neuen Wasserleitung Oberau-München durchschnitten. 600 m südöstlich vom Neuen Weiher 4,8 ha Niedermoorstreuweise.

Profilaufbau (R 44 52 340; H 52 93 330) im südlichen Hochmoorteil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Dicranum</i> , <i>Eriophorum</i> , wenig <i>Carex</i>	5	90,0	7,0	4,2
-300	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , Holzreste	5	91,1	4,8	4,9
-500	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	4	91,9	6,1	5,3
-540	Hn, <i>Hypnaceen</i> , feinfaserig	4	92,3	12,7	6,0

-610	Seekreide mit Muschelschalen, tonig	-	68,9	75,9	8,0
	Darunter feinsandiger Ton				

Profilaufbau (R⁴⁴ 52 420; H⁵² 93 560) im nördlichen Teil

-180	Hn, <i>Carex</i> , <i>Equisetum</i> , <i>Hypnaceen</i> , viel <i>Carex rostr.</i>	3-4	90,1	7,4	5,0
	Darunter Sand und Kies				

Rettenberg SW XVIII 8

300 m östlich von Rettenberg, ca. 22 ha, etwa 600 m ü. NN

Im Kern unmittelbar über mächtigen Seeablagerungen aufgewachsenes Hochmoor, bis in jüngerer Zeit offene Wasserfläche. Randflächen kultiviertes Niedermoor (6,4 ha), im südlichen Teil auch bewaldetes Übergangsmoor (7,0 ha). Untypische Vegetation mit Spirken, *Phragmites*, *Calluna*, *Rhynchospora*, *Vaccinium myrtillus*, *V. oxyc.* und *Carex*.

Profilaufbau (R⁴⁴ 51 490; H⁵² 92 730)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hh, Schlenkendorf, überwiegend <i>Sphagnum</i> , zahlreiche tierische Reste, starke Methangasentwicklung	5	89,1	5,5	4,1
-230	Hh, Schlenkendorf, grobfaserig, zahlreiche Rhizopoden	4-5	94,6	3,0	4,1
-520	Reine Lebermudde, Phyllopodenschalenreste	-	93,7	19,6	6,3
-560	Tonmudde	-	68,7	80,4	7,7
-720	Sehr weicher, hellgrauer Ton	-	-	-	-
-750	Ton und Kies	-	-	-	-

Huber-See SW XVIII 8

Am Ostufer des Huber-Sees, ca. 11,8 ha, etwa 610 m ü. NN.

Verlandungsmoor über ehemaligen Seeboden aufgewachsen. Überwiegend Niedermoor mit Streuwiesen, geringer Waldanteil. Im südlichen Teil kleine Hoch- und Übergangsmoorinsel. Am Ostrand des Moores ca. 2 ha Seekreide bis zur Oberfläche anstehend.

Profilaufbau (R⁴⁴ 51 640; H⁵² 91 850)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H
-160	Hh-Hü, <i>Sphagnum</i> , sehr naß	5
-270	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , sehr naß	6
-330	Hn	7
-410	Lebermudde	—
-700	Seekreide, rosa, Schneckenschalen	—
-870	Seeton, blaugrau, weich	—
-950	Feinsand, tonig	—
	Darunter Kies	

Neu-Kirnberg SW XVIII 7

Südlich und südwestlich von Neu-Kirnberg, ca. 95,8 ha, etwa 610 m ü. NN.

Westlicher Teil durch Verlandung entstanden, früher maschinell abgetorft durch das Torfwerk der Stadt Penzberg, auf diesen Flächen heute sekundäre *Pinus-Calluna*-Hochmoorvegetation. Im mittleren und östlichen Teil flachgründiges Hochmoor, heute größtenteils aufgeforstet (insgesamt 48 ha Wald) bzw. in Kulturflächen umgewandelt (16 ha).

Randflächen im Bereich der Siedlung Steigenberg bebaut. Am Ufer des Stocksees 3,9 ha Niedermoor-Anmoor.

Profilaufbau (R⁴⁴ 52 220; H⁵² 92 660) westlicher Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-200	Hh, viel <i>Vaccinium</i> und <i>Calluna</i> -Reisigreste, <i>Pinus</i> -Holz	4-5	90,6	1,4	3,3
-300	Hü, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Sphagnum</i>	4-5	91,4	2,7	4,3
-450	Hn, <i>Carex limosa</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Equisetum</i> , Holzreste	5	90,2	6,1	5,5
-460	Mudde	—	—	—	—
-500	Stark tonige Seekreide, Schnecken- und Muschelschalen	—	59,7	87,4	8,2

Profilaufbau (R 44 52 760; H 52 92 670) östlicher Teil

- 20	Kulturboden	-	-	-	-
-100	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i>	5	90,3	1,8	5,0
-190	Hh, Schlenkentorf mit viel <i>Scheuchzeria</i>	5	91,0	1,5	3,6
-220	Hn, <i>Carex</i> , feinfaserig	4	90,5	7,4	4,6
	Darunter feinsandiger, kiesiger Ton				

Ringsee-Filz, Nonnenwald SW XVIII 6-7

Ca. 59,7 ha, etwa 600 m ü. NN.

Nördlicher Teil vorentwässertes, ehemals baumfreies *Sphagnum*-Hochmoor, heute mit dichtem Latschen- und Spirkenbestand (ca. 18 ha), letztere in auffallend schöner Pyramidenform. Südlicher Teil überwiegend bewaldet (insgesamt 29 ha). Der Rest verteilt sich auf Schrebergärten im Bereich des alten Bergwerks und einzelne Streuwiesen. 100 m östlich 5,2 ha kultiviertes Niedermoor.

Profilaufbau (R 44 54 060; H 52 93 280) nördlicher Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-160	Hh, viele <i>Calluna</i> - und <i>Vaccinium</i> -Reisigreste	6	87,2	3,1	3,5
-300	Hü, <i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria</i> , <i>Hypnaceen</i> , viele Rhizopodenreste	5	91,6	3,6	5,3
-480	Hn, <i>Carex</i> , Holzreste, vereinzelt <i>Sphagnum</i>	5	89,7	13,4	5,9
	Darunter toniger Sand				

Profilaufbau (R 44 53 750; H 52 92 650) südlicher Teil (Nonnenwald)

-100	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i>	5	91,4	3,1	3,7
-200	Hü, <i>Carex</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Hypnaceen</i> , vereinzelt <i>Vaccinium</i>	4-5	90,7	2,9	3,8
-300	Hn-Waldtorf, wenig <i>Carex</i>	5	88,0	9,0	4,5
-320	Hn, schmierig, stark humoser Ton	9	75,7	55,8	5,2
	Darunter tonig, sandiger Kies				

Maxkron, Zibetholz, Loisachfilz, Stegetfilz SW XVIII 6-7 und SW XIX 6-7

Von Glashütte im N bis zur Siedlung Neusteigenberg im SW, ca. 149 ha, etwa 600 m ü. NN.

Niedermoor mit kleiner, vorentwässerter Übergangsmoorwaldfläche im nördlichen Teil (4,3 ha), überwiegend bewaldet (ca. 70 ha) bzw. in Kulturflächen umgewandelt (ca. 42 ha) oder bebaut (ca. 20 ha). 12 ha Niedermoorstreuweisen im nördlichen Teil. Früher teilweise abgetorft.

Geländeschnitt von S (F 1) nach N (F 2).

Profilaufbau bei Bp. 37

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-120	Hü, Waldtorf	5-6	88,5	7,0	5,5
-180	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Equisetum</i> , wenig <i>Hypnaceen</i>	5	89,0	7,0	5,6
-420	Hn, nur <i>Carex</i> , feinfaserig	4	90,0	8,9	6,1
-500	Sandiger Ton	-	-	-	-

Profilaufbau (R⁴⁴ 54 340; H⁵² 91 670) westlicher Teil (Stegetfilz)

-100	Hü-Waldtorf mit <i>Carex</i> und <i>Sphagnum</i>	4	89,6	4,2	3,7
-300	Hn-Waldtorf, <i>Phragmites</i> , <i>Betula</i> -Holz und Rindenreste	4-5	91,5	3,3	4,1
-600	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	3-4	91,0	3,1	4,7
-650	Hn, <i>Carex</i>	4	85,6	29,3	5,9
-700	Sandiger Kies	-	-	-	-

Edenhofer Filz, Weid-Filz, Stegfilz, Weidfilze SW XVIII 6 und SW XIX 6-7

Zwischen Loisach und Stadt Penzberg, ca. 288 ha, etwa 590 m ü. NN.

Nördlich vom Säu-Bach kultiviertes (60,2 ha) und aufgeforstetes (25 ha) Niedermoor, westlich vom Säu-Bach Bebauungsfläche der Stadt Penzberg. Beiderseits des Säu-Baches in ca. 200 m Breite nur geringmächtiges Niedermoor-Anmoor bzw. humoser Ton mit *Phragmites*bestand. Südlich davon sehr einheitliches, zur Hälfte baumfreies (62,5 ha) bzw. mit Latschen und Spirken bestocktes (61 ha) Hochmoor.

In den Randpartien durch die Halden des Bergwerks, eine Mülldeponie sowie durch Schrebergärten stark verändert. Zur Zeit der Aufnahme waren

etwa 47 ha Niedermoorstreuwiesen vorhanden, die Hälfte davon durch Kultur kaum verändert.

Geländeschnitt von S nach N

Profilaufbau

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Vaccinium</i> -Reisig, <i>Pinus</i> -Holzreste	5	89,2	6,7	5,5
-140	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , etwas <i>Phragmites</i> ,	4	89,0	15,7	6,5
-300	Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	4-5	90,8	11,0	6,1
-480	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Picea</i>	4-5	90,2	7,5	6,2
-510	Hn, <i>Carex</i> , feinfaserig	5-6	86,7	23,3	6,5
	Darunter Ton				

Profilaufbau (R⁴⁴ 54 790; H⁵² 90 180) westlicher Teil

-500	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i> , mit-telfaserig	4-5	91,6	2,9	4,5
-570	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , wenig <i>Sphagnum</i> , feinfaserig	5	91,5	5,1	5,9
	Darunter feinsandiger Ton				

Profilaufbau (R⁴⁴ 55 790; H⁵² 90 660) östlicher Teil

-180	Hh, <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum</i> , starker H ₂ S-Geruch	4-5	92,7	3,3	4,6 *)
-300	Hh, <i>Sphagnum</i> , wenig <i>Eriophorum</i>	5-6	91,2	26,9	4,5
-400	Hü, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , wenig <i>Sphagnum</i> , <i>Betula</i> -Holz	5	90,5	29,1	4,9
-660	Hn, <i>Carex</i> , schmierig	6-7	88,7	36,3	5,8
-700	Zäher Ton	-	-	-	-

*) Dieser hohe pH-Wert wird durch die südlich vom Bohrpunkt gelegene Müllhalde verursacht.

Breitfilz SW XVIII 8 und SW XIX 7-8

Westlich Penzberg entlang der Bahnlinie bis nördlich der Kreuzung Auto-

bahn, südlich bis zur Straße Johannisberg–Iffeldorf, ca. 303,3 ha, etwa 600 m ü. NN.

Westlich **Johannisberg**, südlich **Breinetried** SW XIX 8
Ca. 107 ha, etwa 620 m ü. NN.

Östlich vom Säu-Bach sehr einheitliches Hochmoor (ca. 58 ha), Moorgrenze im E und S im Baugebiet der Stadt Penzberg (ca. 67 ha Gärten) nicht genau feststellbar. Westlich vom Säu-Bach bis Untereurach 500 m nördlich der Autobahn erstreckt sich ein 300–600 m breiter Übergangsmoor-Ausläufer des Breitfilzes (insgesamt ca. 57 ha) teils bewaldet, teils mit Streuwiesen. Im nördlichsten Teil wird das Moor von der Autobahn gekreuzt, im Bereich des Säu-Baches wird die Wasserleitungstrasse der Stadt München verlegt.

Geländeschnitt von E (E 1) nach NW (E 2)

Profilaufbau bei Bp. 23

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
– 50	Hü-Waldtorf, <i>Sphagnum</i> , <i>Carex</i> , 7–8 <i>Hypnaceen</i> , <i>Eriophorum</i>		81,1	4,0	3,1
–140	Hü-Waldtorf, w. o. viel <i>Hypnaceen</i>	4–5	88,5	3,0	3,5
–300	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> , feinfaserig	3–4	89,5	3,0	4,1
–390	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> Darunter sandiger Kies	4	87,3	16,6	5,0

Mit dem Breitfilz im N über schmale Anmoorbrücken verbunden, mehrfach durch in E–W-Richtung verlaufende Mineralrücken unterbrochen, ca. 63 ha Niedermoor, davon 35 ha in Kulturflächen umgewandelt. Im westlichen Teil Übergangsmoor (27 ha), hiervon ca. 25 ha Streuwiesen. Dieser Teil fällt am Hangrand des Johannisberges sehr steil ab und erreicht hier in ca. 20 m Entfernung von der Moorgrenze eine Moormächtigkeit von 500 cm Niedermoorortf. Dieser Teil wird von der Wasserleitung Oberau–München gekreuzt. Westlich davon aufgelassene Torfstiche, beginnende Hochmoorbildung mit Schlenkenvegetation.

Profilaufbau (R⁴⁴ 50 480; H⁵² 89 440) im westlichen Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)	pH (KCl)
-100	Hh-Hü, <i>Sphagnum</i> , <i>Calluna</i> , <i>Hypnaceen</i> , <i>Eriophorum</i> , feinfaserig	5	87,8	4,0	3,3
-240	Hn, <i>Carex</i> , <i>Betula</i> -Holz	5	89,3	4,1	3,9
-310	Hn, <i>Hypnaceen</i> , <i>Menyanthes</i>	4	90,9	6,5	4,5
-320	Humoser Ton	—	—	—	—
-390	Hn, <i>Carex</i> , <i>Hypnaceen</i> Darunter Ton	4	89,9	17,6	5,5

III. Die Loisachmoore SW XIX 6, SW XX 6–7–8 und SW XXI 6–7–8
Ca. 1680 ha, etwa 600 m ü. NN, NSG: Sindelsbachfilz

Von dem großen Moorkomplex der Loisach-Kochelsee-Moore entfällt nur der nördliche Teil auf das Blattgebiet Penzberg. Insgesamt umfaßt dieser Teil eine Fläche von 1680 ha, westlich der Loisach liegen 884 ha, östlich der Loisach 796 ha. Die Loisachmoore sind in einem Stammtrichter des Isargletschers entstanden. Die ganze Moorfläche wird durch den Sindelsbach und die Loisach mit ihren einzelnen Zuflüssen in mehrere Hoch- und Niedermoore unterteilt, die auch verschiedene Bezeichnungen aufweisen. So liegen östlich der Loisach der Hof- und Angerfilz und das Benediktbeurer Hangmoor, westlich der Loisach, nördlich der Straße nach Bichl liegen der Erlfilz, das Erlmoos, der Loisachfilz und der Mauserfilz, südlich der Straße der Sindelsbacher/Königsfilz, Mühlecker Filz und im S der Mondscheinfilz. Die Moore sind in ihrer Ausbildung uneinheitlich. Sie waren ursprünglich als ein größtenteils zusammenhängendes Niedermoor aufgewachsen und entstanden teils durch Versumpfung, teils durch Verlandung, beide Formen sind in den Loisach-Kochelsee-Mooren etwa zu gleichen Teilen vertreten. Ihr weiteres Wachstum wurde immer wieder durch Einschwemmung von mineralischen Sedimenten gestört bzw. im unmittelbaren Bereich der Flüsse ganz unterbunden. Die einzelnen Hochmoorflächen entstanden als Inseln über dem Niedermoor überall dort, wo das Moorwachstum nicht von den Zuflüssen beeinflusst wurde. Beim Benediktbeurer Hangmoor waren es zusätzlich noch kalkreiche Quellen, die eine Hochmoorbildung unterdrückt haben. Die Loisachmoore lassen sich ökologisch in viele Kleinlandschaften aufteilen, deren Entstehung und Vegetation weitgehend von den Wasserverhältnissen im Boden und durch die oberirdisch verlaufenden Bäche bedingt sind. Doch soll hier nicht näher darauf eingegangen werden, da die Zusammenhänge zwischen Wasserführung und Vegetationseinheiten in der Arbeit von LUTZ (1950) eingehend beschrieben wurden. Zur Verdeutlichung, wie weitgehend

die Bildung von Torfschichten durch Überflutung und damit Überlandung durch Sedimente gestört werden konnte, wurde im Bereich des Hangmoores südwestlich vom Kloster Benediktbeuern ein Bodeneinschlag (Tab. 2) durchgeführt, der diese Verhältnisse klar aufzeigt. Die Definition der einzelnen Kennziffern ist der Arbeit von VIDAL & HOHENSTATTER (1959) zu entnehmen.

Ähnliche Bodenverhältnisse wurden auch im **Schwader-Filz**, nördlich von Bichl festgestellt. Hier wurden aus einer Bohrung gestörte Proben zur Untersuchung entnommen.

Profilaufbau (R ⁴⁴ 55 460; H ⁵² 88 540)

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)
- 20	Hn, Kulturschicht, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	6	85,8	17,1
- 30	Hn, Kulturschicht, sehr viel <i>Phragmites</i>	4	88,2	13,9
- 80	Hn, Waldtorf, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Betula</i> , <i>Picea</i>	3	90,9	6,3
- 90	Hn, Waldtorf, sehr viel <i>Picea</i>	3	86,0	41,2
-110	Hn, Waldtorf, viel <i>Picea</i>	3	91,0	5,4
-120	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Picea</i> ,	4-5	81,5	38,6
-160	Stark humoser Ton mit <i>Equisetum</i> und <i>Alnus</i> -Holz	-	70,2	61,4
-170	Humoser, feinsandiger Ton mit wenig zersetzten <i>Equisetumrhizomen</i>	-	53,4	85,2

Die östlich der Loisach gelegenen bereits kultivierten Moore, sowie westlich der Loisach vor allem die nördlichen Moorteile (Erlfilz, Erlmoos, Loisachfilz, Weidmoos) wurden im Zuge von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf einem engen Netz abgebohrt. Dabei wurden 1 km SSW von Urthal in der „Gföhrlache“ (Flurname aus der Karte M 1:5 000) bis zu 500 cm mächtige Schichten von Kalkmudde und Lebermudde unter dem Torf (Tab. 3) festgestellt. Die maximale Moormächtigkeit liegt in diesem Gebiet bei 800–1000 cm.

Der Mühleckerfilz stellt ein sehr einheitliches bis maximal 1000 cm mächtiges Hochmoor dar, dessen Vegetation allerdings nur im zentralen, sehr nassen

*Tabelle 2: Bodeneinschlag westlich Benediktbeuern (R⁴⁴53 910; H⁵²85 060):
Bodenphysikalische Werte und botanische Zusammensetzung (Bedeutung
der einzelnen Werte s. VIDAL und HOHENSTÄTTER 1959)*

Tiefe (cm)	Γ_n (kg/dm ³)	Γ_o (kg/dm ³)	w _g (%)	w _s (%)	Wsd (%)	Ld (%)	n (%)	Glührück- stand (%)	spec. Gew. (kg/dm ³)	pH	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H
30 - 35	1,378	0,835	39,5	80,4	13,2	32,5	67,5	76,1	2,6	7,2	Ton feinsandig, schwach kalkhal- dig	-
55 - 60	1,131	0,413	63,5	88,5	9,3	18,9	81,1	62,8	2,2	6,7	Humoser Ton	-
65 - 70	1,652	1,394	15,6	51,4	24,4	49,8	50,2	79,4	2,8	7,8	Feinsand	-
115 - 120	1,513	0,910	39,8	94,4	3,6	36,1	63,9	71,8	2,5	7,3	Schwach humoser, toniger Fein- sand	-
130 - 135	1,030	0,183	82,2	94,4	5,0	10,3	89,7	33,7	1,8	6,8	Hn, Waldorf mit Carex, mineralisch, feinfesig	6
160 - 165	1,143	0,327	71,4	95,8	3,6	14,8	85,2	60,4	2,2	6,4	Schwach humoser, toniger Kalk	-
185 - 190	1,515	0,889	41,3	93,0	4,7	32,7	67,3	73,9	2,7	7,0	Ton, schwach kalkhaltig	-
255 - 260	0,993	0,116	88,1	95,0	4,6	7,7	92,3	6,1	1,5	6,4	Hn, viel <i>Phragmites</i> und <i>Carex</i> rostr., vereinzelt <i>Eriophorum</i> , laif.	4
270 - 275	1,033	0,153	85,2	97,0	2,8	9,2	90,8	21,4	1,7	4,6	Hn, viel <i>Phragmites</i> , schwach mineralisch, mittel-grobfasig	4

Tabelle 3: Bodeneinschlag im Erlmoos (R⁴⁴52 540; H⁵²88 370): Bodenphysikalische Werte und botanische Zusammensetzung (Bedeutung der einzelnen Werte s. VIDAL und HOHENSTÄTTER 1959)

Tiefe (cm)	r_s (kg/dm ³)	r_o (kg/dm ³)	w_s (%)	w_o (%)	Wsd (%)	Ld (%)	n (%)	Glühnick- stand (%)	spec. Gew. (kg/dm ³)	pH (KCl)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H
- 10	0,930	0,147	84,2	87,0	11,8	9,9	90,1	13,4	1,48	4,7	Hn, <i>Vaccinium</i> , <i>Molinia</i> , <i>Carex</i>	4
- 40	0,945	0,133	86,0	89,4	9,5	9,1	90,9	7,4	1,42	4,9	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Equisetum</i>	4
- 70	0,954	0,100	89,4	91,6	7,7	7,1	92,9	7,2	1,42	5,0	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , viel <i>Equisetum</i>	3-4
- 80	1,034	0,142	86,3	98,1	1,7	9,1	90,9	32,3	1,56	5,2	Hn, schmierig, viel <i>Betula</i>	7
- 100	1,108	0,231	76,2	99,2	0,7	11,7	88,3	58,2	1,97	4,9	Stark humoser Ton mit <i>Betula</i> -Holz	-
- 120	1,007	0,118	88,3	97,0	2,7	8,3	91,7	6,1	1,43	4,8	Hn, <i>Carex</i> , <i>Equisetum</i> , H ₂ S-Geruch	5
- 130	1,034	0,142	86,2	97,9	1,8	8,9	91,1	19,8	1,60	5,0	Hn, Waldtorf, viel <i>Betula</i> - und <i>Alnus</i> -Holz	5
- 140	1,080	0,195	82,8	100,0	-	10,6	89,4	39,2	1,84	5,1	Hn, sehr viel <i>Phragmites</i> , etwas schmierig, grobfaserig, starker H ₂ S-Geruch	4-5

Teil mit zahlreichen *Rhynchospora alba*-Schlenken und sehr niedrigen Latschen noch ursprünglich ist. Im Bereich von Gräben dominiert *Calluna vulgaris* als Folge zeitweiliger Austrocknung.

Der Sindelsbacher Filz ist in seinem Aufbau sehr uneinheitlich, hier wurde die Torfbildung immer wieder durch vom alten Sindelsbach eingeschwemmtes Material unterbrochen. Eine Bohrung aus diesem Gebiet mit folgenden Werten zeigt diese Entwicklung sehr deutlich.

Profilaufbau (R⁴⁴ 51 020; H⁵² 86 300) im westlichen Teil

Tiefe (cm)	Botanische Zusammensetzung bzw. petrographischer Befund	H	Wassergehalt (%)	Glührückstand (%)
- 50	Hn, geringe <i>Eriophorum</i> reste, vereinzelt <i>Phragmites</i> , mittelfaserig	5	87,2	10,9
-100	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> mit <i>Trichophorum caesp.</i> , grobfaserig	4	88,9	24,2
-150	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , grobfaserig	4	89,1	11,7
-200	Hn, <i>Carex</i> , viel <i>Phragmites</i> , grobfaserig	3	88,0	24,7
-300	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> , vereinzelt Holzreste, schmierig	7	84,1	47,3
-400	Hn, <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>	6	86,4	26,6
-450	Hn, <i>Carex</i> radicellentorf, wenig <i>Phragmites</i> , krümelig, feinfaserig	5	88,3	18,7
-480	Humoser, feinsandiger Ton (<i>Carex</i> - und <i>Phragmites</i> reste)	-	60,1	75,9

Die maximale Moormächtigkeit liegt hier bei 800 cm. Die Vegetation besteht entlang des Sindelsbachs aus Niedermoorgesellschaften (*Tofieldietalia*), die in Richtung auf den Fichtensee allmählich in Übergangs- und Hochmoorpflanzengesellschaften mit lockerem Latschen- und Spirkenbestand übergehen. Eine genaue Vegetationskartierung des Sindelsbachfilzes ist in der Arbeit von LUTZ (1950) enthalten.

Auch der Mensch hat in das natürliche Wachstum der Moore schon frühzeitig eingegriffen. Die Anlage des Triftkanals um 1712 stellt die frühest bekannte Maßnahme dar. Das um 1818 von UTZSCHNEIDER angelegte Bewässerungssystem beruhte auf falschen Voraussetzungen; dieses alte Grabensystem ist heute noch auf Luftbildaufnahmen genau zu erkennen. Die spätere Kultivierung von Teilflächen erfolgte zunächst unter Leitung der Kgl. Bayer. Moorkulturanstalt vom Staatsgut und Remontedepot Benediktbeuern aus.

Die Anlage der Versuchsgüter Mühleck und Hochland zwischen 1922/23 war auf Grund von Versorgungsschwierigkeiten nach dem 1. Weltkrieg erfolgt. Der nächste, sehr wesentliche Eingriff in den Wasserhaushalt der Loismoores erfolgte 1924 mit der Inbetriebnahme des Walchenseekraftwerkes, da hierfür die Loisch reguliert werden mußte. Die weiter südlich gelegenen Mühlecker- und Sindelsbacher-Filze waren schon frühzeitig stratigraphisch untersucht worden, so von PAUL und RUOFF (1932), die das Moor auf einem W-E-Profil (VI) und einem S-N-Profil (VI), das auch den Mondscheinfilz noch erfaßte, abbohren ließen. Im Jahre 1952 wurde das gleiche Gebiet durch ein Profil erfaßt, das vom Hasensee aus in ENE-Richtung über die Loisch und über den Angerfilz bis zur Straße nach Bichl verläuft. Anhand dieses Profils sowie eines Feinnivellements (K. GOSSMANN) hat KRAEMER (1957) das Ausmaß der Moorsackung untersucht, die zwischen dem Zeitpunkt der ersten Vermessung 1912 und den späteren (1921, 1935, 1952) stattgefunden hat. Daß dabei im Anfangsstadium der Entwässerung eine Sackung von 25%–40% eintreten konnte, bezogen auf die Gesamttiefe des Moores, sei hier noch erwähnt.

Heute sind die östlich der Loisch gelegenen Flächen fast vollständig kultiviert; westlich der Loisch sind es vor allem die Randflächen, die in den letzten Jahren im Zuge der Flurbereinigung in den Gemeinden Bichl und Sindelsdorf kultiviert wurden. Die Kerngebiete, vor allem die Hochmoorflächen, sind hier noch weitgehend unberührt. Der gesamte Sindelsbachfilz (103 ha) um den Fichtsee steht unter Naturschutz (V. O. 12.1.1940). Am deutlichsten lassen sich die Verhältnisse an Hand von Luftbildern verfolgen, die ja jede, auch weit zurückliegende Veränderung der Bachläufe und der Vegetationsdecke erkennen lassen (LUTZ 1951). Der Westrand des Moores zwischen Sindelsdorf und Großweil wurde vom Bau der Autobahn erfaßt, die somit den vorerst letzten Eingriff des Menschen im Loismoor darstellt.

Aus der folgenden Aufstellung ist zu ersehen, wie die einzelnen Hoch- und Niedermoorflächen genutzt werden:

Hochmoor: (ha)	Baumfrei 130,5	Latschen 265,5	Wiesen 92,4	Wald 24,8	Aufforstung 2,0
Übergangsmoor (ha)	Streuflächen		Wiesen 3,0	Wald 5,3	
Niedermoor (ha)	Streuflächen 350,0		Wiesen 600,0	Wald 60,0	Aufforstung 4,0
Anmoor (ha)					3,0
Bebauungsgebiet (ha)					9,5

Zusammen: 1680 ha

Literatur:

- KRAEMER, O. (1957): Untersuchungen an einigen bayerischen Mooren als Beitrag zum Problem der Moorsackung. – Mitt. f. Moor- und Torfwirtsch., Nr. 1–4, München.
- LUTZ, J. L. (1950): Ökologische Landschaftsforschung und Landeskultur. – Landw. Jb. f. Bayern, 27, 5/6, München.
- (1951): Die Umgestaltung der Loisach-Kochelsee-Moore durch den Menschen, im Luftbild gesehen. – Jb. Ver. z. Schutze der Alpenpflanzen und -tiere, München.
- PAUL, H. & RUOFF, S. (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. II. Teil. – Ber. Bayer. Bot. Ges., 20, München.
- VIDAL, H. & HOHENSTATTER, E. (1959): Bodenphysikalische und hydropedologische Untersuchungen an bayerischen Moorprofilen. – Mitt. f. Landkultur, Moor- und Torfwirtsch., 7(1), München.

5. Lagerungsverhältnisse (Tektonik)

5.1. Großtektonische Einheiten auf dem Blattgebiet

(REINHARD HESSE)

Von N nach S lassen sich im Blattgebiet mehrere großtektonische Einheiten unterscheiden (s. Profiltafel):

Vorlandmolasse
Faltenmolasse
Helvetikum-Zone
Flysch-Zone.

Die Grenze zwischen der Vorlandmolasse und der Faltenmolasse liegt nahe dem nördlichen Blattrand und verläuft annähernd E–W. Sie ist zugleich die tektonische Nordgrenze der Alpen, die jedoch morphologisch nicht in Erscheinung tritt. Im Gegensatz dazu gibt sich die Grenze zwischen der Faltenmolasse und der Helvetikum-Zone durch eine Senke zu erkennen, allerdings nur in der östlichen Blatthälfte. Sie erstreckt sich vom Stallauer Weiher nach

W. Der Südrand der Molasse Zone ist annähernd auch durch den Höhenzug des Buchberg-Rückens markiert.

Helvetikum-Zone und Flysch-Zone bilden zwischen Loisach und Isar als gemeinsame Vorgebirgsgruppe (der Zwiesel-Blomberg-Gruppe) den morphologisch hervortretenden Alpennordrand. Dieser springt im Zwiesel-Gebiet gegenüber den weiter westlich gelegenen Flyschgebieten bei Ammergau und Trauchgau um rund 8 km nach N vor. Der Flysch kommt damit östlich der Loisach im Streichen neben der Murnauer Mulde zu liegen. Diese hebt mit deutlich umlaufendem Streichen aus und setzt sich nicht über die Loisach hinweg nach E fort. Das Nebeneinander von Flysch und Molasse wird durch eine große, NNE-streichende, linkshändige Horizontalverschiebung ermöglicht, die vom Kocheler Moos bedeckt ist. Erst weiter im S bei Kochel treten Parallelstörungen auch oberflächlich im Kalkalpin in Erscheinung.

Die Loisach folgt von Garmisch bis Eschenlohe selbst einer solchen NE-streichenden Störungszone, die einem System angehört, das in den bayerischen Alpen immer wieder anzutreffen ist. KOCKEL et al. (1931) bezeichneten es als „Loisach-System“, die komplementären NW-streichenden Störungen als „Ammersystem“. Das Loisach-Tal, das auf dem Blattgebiet ins Kocheler Moos austritt, verhält sich damit ebenso wie andere bedeutende Versatzstellen des Alpenrandes (z. B. das Lechtal bei Füssen, das Inntal bei Neubuern oder das Salzachtal bei Salzburg), an denen jeweils die östliche Talseite nach N versetzt ist. Dieser Vorschub erfolgt an einer Verwerfungszone, die einem der beiden genannten Störungssysteme angehört.

Die Grenze von Flysch und Helvetikum ist eine Deckengrenze. Dies geht aus den Lagerungsbeziehungen beider Einheiten in den westlichen und östlichen Nachbargebieten (im Murnauer Moos, ZEIL 1954, DOBEN & FRANK 1983, bzw. am Tegernsee, M. RICHTER et al. 1939) eindeutig hervor. Eine Tiefbohrung am Sauersberg bei Bad Tölz (HESSE & SCHMIDT-THOMÉ 1975) bestätigte dies erneut. Die Überschiebungsfläche fällt hier im oberflächennahen Bereich mit 60° steil nach S ein. Auf Blatt Penzberg ist im Schellen-Bach und im Fall-Graben, wo Flysch und Helvetikum fast in sichtbaren Kontakt treten, gleichfalls ein steiles Einfallen der Grenzfläche nach S anzunehmen. Weiter im S rechnet REICH (1960, Abb. 18 und S. 248) aufgrund reflexions- und refraktionsseismischer Untersuchungen westlich und östlich der Isar bei Lenggries damit, daß im Untergrund des Flysches die Grenzfläche flacher einfällt.

Der nicht aufgeschlossene Überschiebungskontakt von Helvetikum und Molasse dürfte sich nach dem Befund der Sauerberger Bohrungen ähnlich verhalten. In der Bohrung Sauerberg 37 fällt die Grenzfläche bis 630 m unter Gelände noch mit 55–60° steil nach S ein (HESSE & SCHMIDT-THOMÉ, l. c.). Das ergibt für das Helvetikum einen Überschiebungsbetrag auf die Molasse von weniger als einem halben Kilometer. Zur Tiefe hin dürfte jedoch auch

dieser Kontakt verflachen, entsprechend der von REICH (l. c.) bevorzugten Deutung.

5.2. Alpiner Bereich

(REINHARD HESSE)

5.2.1. Flysch-Zone

Der Baustil des bayerischen Flysches wurde in der Vergangenheit (u. a. REICHELT 1960, SCHMIDT-THOMÉ 1950, HESSE 1966) als weitspanniger Sattel- und Muldenbau beschrieben, bestehend aus drei einfachen Strukturen: einer breiten mit Oberkreidgesteinen gefüllten Mulde im Norden, einer mittleren aus Unterkreide aufgebauten Sattelzone und einer weiteren Oberkreidemulde im Süden (Abb. 34, 35). Diese Auffassung, die grundsätzlich nach wie vor fast überall für den Flysch in Oberbayern gilt, bedarf jedoch einiger Korrekturen. Die genannten Autoren betonten bereits die intensive Spezialfaltung und tektonische Durchbewegung der Schichtverbände, welche allein schon darauf hinweisen, daß der Großbau im Einzelnen aus komplizierten Spezialstrukturen resultiert.

Genauere stratigraphische und tektonische Untersuchungen des Teisenberg-Flysches in der östlichen bayerischen Flysch-Zone durch FREIMOSER (1964, 1972) ergaben, daß die Nordmulde von bedeutenden Schuppenbildungen betroffen wird. Im Tegernsee-Gebiet weist die mittlere Sattelzone schichtparallele Überschiebungen und Aufschiebungen innerhalb der Unterkreide auf (HESSE 1966).

Ein Schuppenbau mit beträchtlichen internen Aufschiebungen muß nach den Kartierungsergebnissen auch für den Zwiesel-Flysch angenommen werden. Davon wird in erster Linie die Nordmulde betroffen, aber auch in der mittleren Sattelzone müssen streichende Störungen, an denen Schichtglieder unterdrückt sind, zur Erklärung der Schichtenfolge herangezogen werden. Von einfachen Groß-Mulden oder -Sätteln kann demzufolge nicht mehr die Rede sein. Hinsichtlich der Großelemente des tektonischen Bauplanes ist es daher besser, von Strukturen in Mulden- oder Sattelstellung zu sprechen.

Unter diesen nimmt die nördliche Muldenstruktur etwa drei Viertel des Flyschanteils auf Blatt Penzberg ein (Abb. 36). Sie enthält ausschließlich Oberkreidgesteine und besteht aus den folgenden tektonischen Elementen: Die schmale Enzenauer Berg-Schuppe am Nordrand des Zwiesel-Flysches weist Gesteine der jüngeren Oberkreide (Hällritzer und Bleicherhorn-Serie) auf. Die Blomberg – Stallauer Eck-Schuppe besteht im Stallauer Bach-Profil aus einem intern nicht verfalteten, steil südfallenden Schichtpaket mit einer kontinuierlichen Schichtenfolge von Piesenkopf-Schichten bis Bleicherhorn-Serie. Weiter im W und E treten in der gleichen Schuppe auch

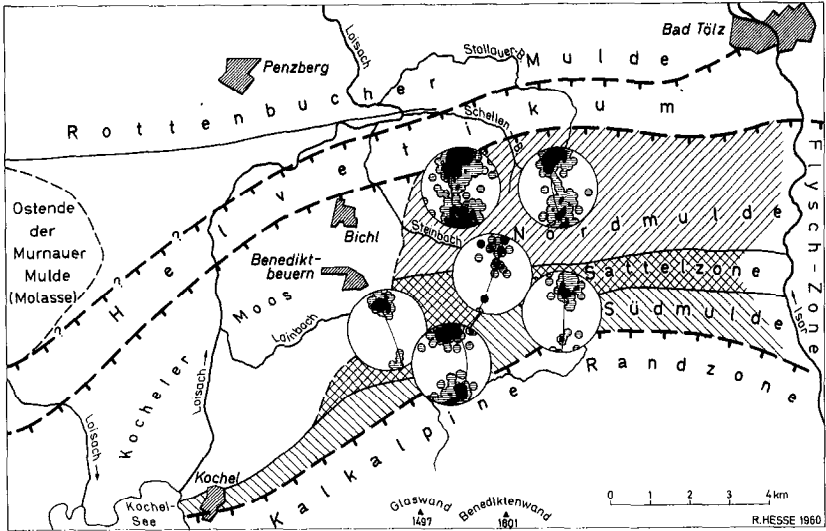


Abb. 34. Schichtflächen-Poldiagramme für die Flysch-Zone auf den Blättern Penzberg (8234) und Kochel am See (8334). Nordmulde (Südmulde) = „Nördliche (Südliche) Muldenstruktur“. (Aus HESSE 1960).

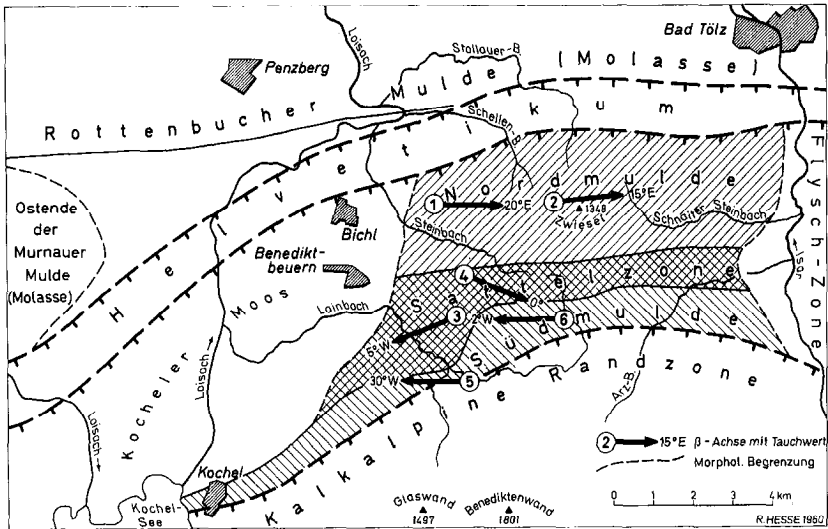


Abb. 35. Aus Schichtflächen-Poldiagrammen (Abb. 34) gemittelte Faltenachsenwerte (aus HESSE 1960).

interne Verfallungen auf. Beide Schuppen zusammengenommen sind möglicherweise aus einer im Scheitel aufgerissenen, nordvergenten Sattelstruktur hervorgegangen. Die entgegengesetzte Abfolge der Schichtglieder in beiden Schuppen steht mit dieser Deutung im Einklang: In der nördlichen Enzenauer Berg-Schuppe liegen die jüngsten Schichten im N; in der südlichen Blomberg-Stallauer Eck-Schuppe hingegen liegen sie im S.

Zur nördlichen Muldenstruktur gehört weiterhin die zentrale Zwiesel-Angert-Kopf-Mulde, die von S her auf die Blomberg-Stallauer Eck-Schuppe aufgeföhren ist. Interne Verfallungen auf dem Nordflügel kommen auch im Kartenbild in Gestalt des in die Piesenkopf-Serie eingemuldeten Zementmergel-Zuges zum Ausdruck. Der Zug von Hällritzer-Serie, der den Zwiesel, den Enzenanger und den Angert-Kopf aufbaut, nimmt den Kern der Mulde ein. Sie enthält am Ostrand des Kartenblattes bei der Schnaiter Alm sehr wahrscheinlich jüngste Oberkreide (Bleicherhorn-Serie), deren Existenz etwas weiter östlich auf Blatt Bad Tölz lithofaziell gesichert ist. Auch auf dem Südflügel treten weitere Spezialfalten auf, die im Anzenbach ebenfalls Hällritzer- und Bleicherhorn-Serie enthalten, wie aus der lithofaziellen Ausbildung zu schließen ist. Westlich von der Fahrt-Kopf-Störung wird der Muldenkern zunehmend schmaler. Bedingt durch das nach W zur Loisach-Ebene

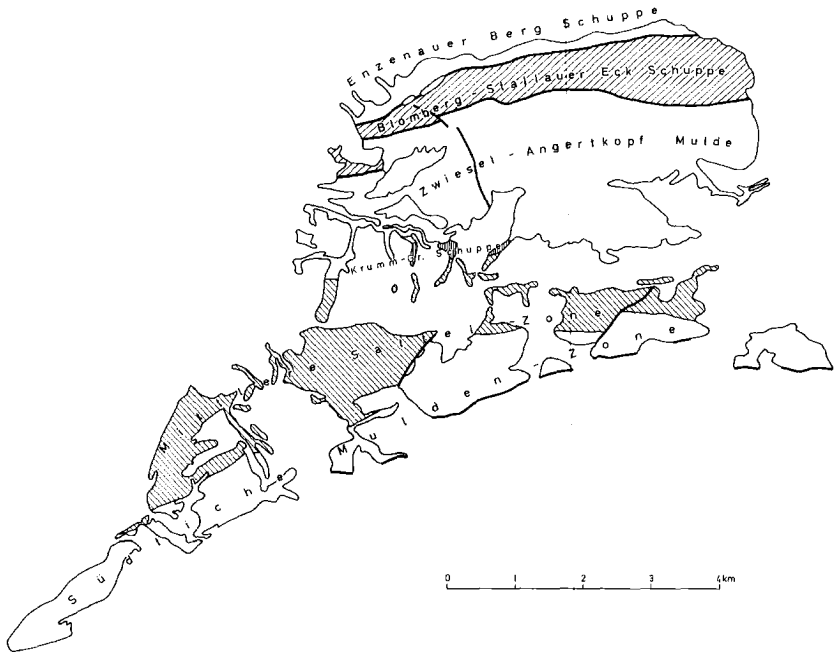


Abb. 36. Tektonische Übersichtsskizze der Flysch-Zone auf Blatt Penzberg.

hin stark abfallende Gelände, ist mit einem Ausheben der Mulde gegen den Westrand des Flyschgebietes zu rechnen. Zwischen Voglherd und Holler-Kopf tritt in der spezialgefalteten Nordflanke der Muldenstruktur ein weiterer Zug von Hällritzer und Bleicherhorn Serie auf (s. S. ?), der nach E keine unmittelbare Fortsetzung findet. Das Vorkommen kann auf zweierlei Weise gedeutet werden: Entweder erreicht die zusätzliche Einmuldung von Zementmergeln in die Piesenkopf-Serie im Nordteil der Angert-Kopf – Zwiesel-Mulde hier einen größeren Tiefgang, so daß sie im Kern noch Hällritzer und Bleicherhorn Serie führt; auf dem Südflügel dieser Einmuldung scheinen die Zementmergel zu fehlen. Oder es handelt sich hier um einen nach S versetzten Ausläufer der Blomberg – Stallauer Eck-Schuppe. Diese Deutung steht mit dem beobachteten, vorherrschend südlichen Schichteneinfallen westlich und nordwestlich vom Holler-Kopf besser in Einklang. In diesem Fall ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß der zweite Piesenkopfschichten-Zug auf dem Nordflügel der Angert-Kopf – Zwiesel-Muldenstruktur im W verloren ginge. Auch müßten dann die als Hällritzer Serie angesprochenen Vorkommen im Stein-Bach als Kern der nördlichen, hier aber nach S versetzten Zwiesel-Angert-Kopf Mulde aufgefaßt werden und nicht als westlicher Fortsatz des vierten Zuges von Hällritzer Serie (s. u.). Vom Grad der tektonischen Durchbewegung und Zerrüttung des Schichtverbandes in Störungszonen vermitteln Abb. 37 und 38 einen Eindruck. Eine endgültige Klärung der tektonischen Verhältnisse im West-Abschnitt der nördlichen Muldenstruktur steht noch aus. Dennoch konnte hier die stratigraphische Gliederung und der tektonische Bau gegenüber den verschiedenen Kartendarstellungen seit BODEN (1926) wesentlich verfeinert werden. Eine restlos befriedigende Kartenwiedergabe des engständigen Falten- und Schuppenbaues mit seinen zahlreichen, oft nur wenige Meter breiten Isoklinalfalten oder Detailschuppen ist im Maßstab 1:25 000 in vielen Fällen nicht möglich.

Der Südrand des Oberkreideflysches bietet sich gleichfalls nicht als einfacher, nach N einfallender Südflügel einer Großmulde dar, sondern erweist sich als eine weitere, vierte Schuppe. Im Karloch-Graben und im Krumm-Graben findet sich nördlich an die mittlere Sattelzone angrenzend ein Schichtenpaket von Hällritzer-Serie. Es bildet im Karloch-Graben einen Wasserfall zwischen 830 und 865 m ü. NN und folgt einheitlich nach S einfallend auf dem Südflügel eines Zementmergel-Spezialsattels. Im Krumm-Graben ist auch dieses Paket in sich gefaltet und grenzt im N an einer Störung an Zementmergel. Diese fallen zwar nach S ein (wie es entsprechend den Verhältnissen im Karloch-Graben auf dem Südflügel des Zementmergel-Sattels zu erwarten wäre), erweisen sich aufgrund der Sedimentgefüge jedoch als überkippt. So muß auch dieser Zug als eigene kleine Schuppe angesehen werden (s. Profiltafel). Sie quert östlich vom Krumm-Graben das Stein-Bach-Tal und ist als Äquivalent des vierten Zuges von Hällritzer-Serie und Bleicherhorn-Serie im unteren Anzen-Bach anzusehen, der wegen der (vermuteten) Fahrtkopfstörung im oberen Anzen-Bach noch einmal wiederholt ist und nach E zur



Abb. 37. Tektonische Zerrüttungszone im Stein-Bach Tal, 725 m ü. NN., Südseite, Hällritzer Serie.

Gassenhofer Alm zieht. Die Zementmergel am Lehenbauern-Berg, welche nach N einfallen, bilden den dort offenbar kaum gestörten normalen Südflügel der muldenartig gelagerten Oberkreide des Zwiesel-Flysch-Nordteils. Ob die vierte Schuppe auch noch westlich vom Karloch-Graben vorhanden ist, ließ sich wegen der ausgedehnten Moränenüberdeckung und der unzureichenden Aufschlüsse in Weganrissen und Gräben nicht feststellen.

Die mittlere Sattelzone aus Unterkreide wird von zwei sattelähnlichen Strukturen gebildet. Von der südlichen spaltet sich im W ein weiterer, dritter Sattel ab, der jedoch auf dem südlich anschließenden Blatt Kochel a. See liegt. Obwohl beide Sattelstrukturen in sich verfaltet und von Störungen zerrissen sind, soll der Kürze halber einfach vom nördlichen und mittleren Sattel gesprochen werden.



Abb. 38. Tektonisch stark durchbewegter Schichtverband der Hällritzer Serie im Stein-Bach Tal, Höhe 725 m ü. NN., südliche Talseite (gleiche Lokalität wie Abb. 38).

Der nördliche Sattel ist auf seiner Nordflanke in fast allen Aufschlüssen tektonisch amputiert. Entweder fehlen die jüngeren Unterkreide-Schichten über den Tristel-Schichten ganz (wie z. B. im Krumm-Graben) oder ihre Mächtigkeit ist stark reduziert. Auch vom Reiselsberger Sandstein und von den Piesenkopf-Schichten sind auf der Sattelnordflanke nur mehr Reste erhalten. Es ist daher mit einer im Streichen weit aushaltenden Störung zu rechnen, an der die Sattelzone auf die nördlich anschließende Oberkreide aufgeschoben ist. An verschiedenen Stellen, so im Krumm-Graben, im Locher-Graben und in der Umgebung der Bichler-Hütte grenzen die Tristel-Schichten fast unmittelbar an jüngere Oberkreide (Hällritzer Serie) mit nur schmalen, zwischengeschalzten Schubspänen von Reiselsberger Sandstein und Piesenkopf-Schichten.

Diese flyschinterne Überschiebung von älteren Gesteinen der mittleren Sattelzone auf jüngere Oberkreidesteine der nördlichen Muldenstruktur ist von MATERN (1988) an 29 Lokalitäten der Flysch-Zone zwischen dem Vilstal im Ostallgäu und dem Isartal nachgewiesen und als Beleg für die Existenz von zwei Teildecken gewertet worden. Für die Überschiebungswerte nimmt MATERN (l. c.) auf grund tektonischer sowie fazieller Überlegungen einen Mindestwert von 3 km an. Im Gebiet des Zwiesel-Flysches entspricht die nördliche Muldenstruktur der tieferen Teildecke, während mittlere Sattelzone und südliche Muldenstruktur zusammen die höhere Teildecke bilden.

Die Tristel-Schichten im Kern des nördlichen Sattels sind so stark zusammengeschoben und gestört, daß selbst dort, wo die Aufschlüsse einigermaßen günstig sind, wie z. B. unmittelbar oberhalb der Brücke westlich der Bichler Alm (3. Stein-Bach Brücke), keine 10 m ungestörte Schichtenfolge aufgenommen werden können. Die Schichtenfolge auf dem Sattelsüdlügel ist vollständiger.

Der mittlere Sattel ist ebenfalls tektonisch stark beansprucht, so daß teilweise vollständige Schichtglieder ausfallen. So fehlt auf dem Sattelnordflügel im Stein-Graben südlich der Bichler Hütte weitgehend der Flysch-Gault. Auch der Sattelkern ist tektonisch stark durchbewegt, wobei der ursprüngliche Schichtenverband der Tristel-Schichten und z. T. des Gaults fast völlig zerstört wurde. Gegen W biegt der Sattel nach SW ab. Er tritt somit nurmehr am Rande des Blattes auf. Der sich von ihm abspaltende südliche Teilsattel fällt ganz auf das südliche Anschlußblatt.

Die Oberkreide-Mulde im Süden des mittleren Sattels ist nur randlich in der äußersten Südostecke des Kartenblattes am Hochtannen-Kopf mit einem Streifen von Zementmergeln vertreten.

Von den zahlreichen Diagonal-Störungen können die bedeutenden nur dann erkannt werden, wenn Horizontalverschiebungen der Schichtglieder kartierbar sind. Dies ist der Fall an der großen N 150-165° E streichenden Fahrt-Kopf-Störung, einer sog. Ammer-Störung, die sich möglicherweise in

der etwas flacher N 130° E-streichenden Störung am Enzenauer Kopf nordöstlich vom Fall-Graben fortsetzt. Es ist eine rechtshändige Blattverschiebung. Der Verschiebungsbetrag am Fahrt-Kopf beträgt rund 400 m, nordöstlich vom Fall-Graben noch bis 100 m. N 30° E streichende „Loisach-Störungen“ treten im Murner Bach und am Hochtannen-Kopf auf. Bei letzterer beläuft sich die horizontale Verschiebung ebenfalls auf über 300 m.

Kleinere Diagonal-Störungen wurden z. B. im Stallauer Bach innerhalb der Hällritzer Serie (s. S. 57) beobachtet. Auch bei der Gabelung des Schellen-Baches bei P. 878 müssen sie angenommen werden, um das Ausdünnen der Hällritzer und Bleichhorn-Serie hier und am Nordsporn des Mitter-Berges zu erklären.

An den großen streichenden Störungen am Nordrand der Schuppen sind jeweils ältere auf jüngere Schichten im N aufgeschoben worden. Sie werden von den Blattverschiebungen z. T. ebenso mit versetzt (z. B. nordöstlich des Fall-Grabens) wie die Schichtgrenzen, so daß sich die Blattverschiebungen als jünger erweisen.

5.2.2. Helvetikum-Zone

Ultrahelvetikum wurde in Tagesaufschlüssen nirgends zwischen Flysch und Helvetikum angetroffen. Deshalb dürfte die Helvetikum-Zone den Flysch tektonisch unmittelbar ohne wesentliche Zwischenschaltung ultrahelvetischer Elemente unterlagern. Im Schellen-Bach nähern sich beide Einheiten oberflächlich bis auf 2–3 m. Hier folgt auf steil südfallenden Enzenauer Marmor im S ein Vorkommen von Mürb sandstein der Bleicherhorn-Serie. Der Enzenauer Marmor ist mit einer großen Schichtfläche erschlossen, auf der noch Reste stark durchbewegter Stockletten haften. Der große Bleicherhorn-Mürbsandstein-Block zeigt 75° N einfallende interne Schichtung. Falls er Anstehendes darstellt, dann treten an dieser Stelle Helvetikum und Flysch oberflächlich fast unmittelbar miteinander in Kontakt.

Strukturell sind auf dem Blatt im Helvetikum, das überwiegend Oberkreide enthält, im östlichen Teil im wesentlichen drei schmale Sättel von Stallauer Grünsandstein zu erkennen. Die Mulden zwischen ihnen sind meist etwas breiter und enthalten Übergangsschichten und Pattenauer Schichten mit z. T. kleineren Spezialsätteln, z. B. auf der Ostseite des Schellen-Bachs (Abb. 39). Streichende Störungen, auf welchen Differentialbewegungen zwischen dem Sandstein und den weichen Mergeln stattgefunden haben, begleiten häufig die Sattelflanken (VON STACKELBERG 1960).

Im Schellen-Bach tritt südlich von den Oberkreide-Sätteln noch Altertär auf, das ebenfalls steil gestellt und eng verfalzt ist. Westlich vom Schellen-Bach bildet das im Kartenbereich an den Südteil der Helvetikum-Zone gebundene Alttertiär die hauptsächlichlichen Helvetikum-Vorkommen. Im Be-

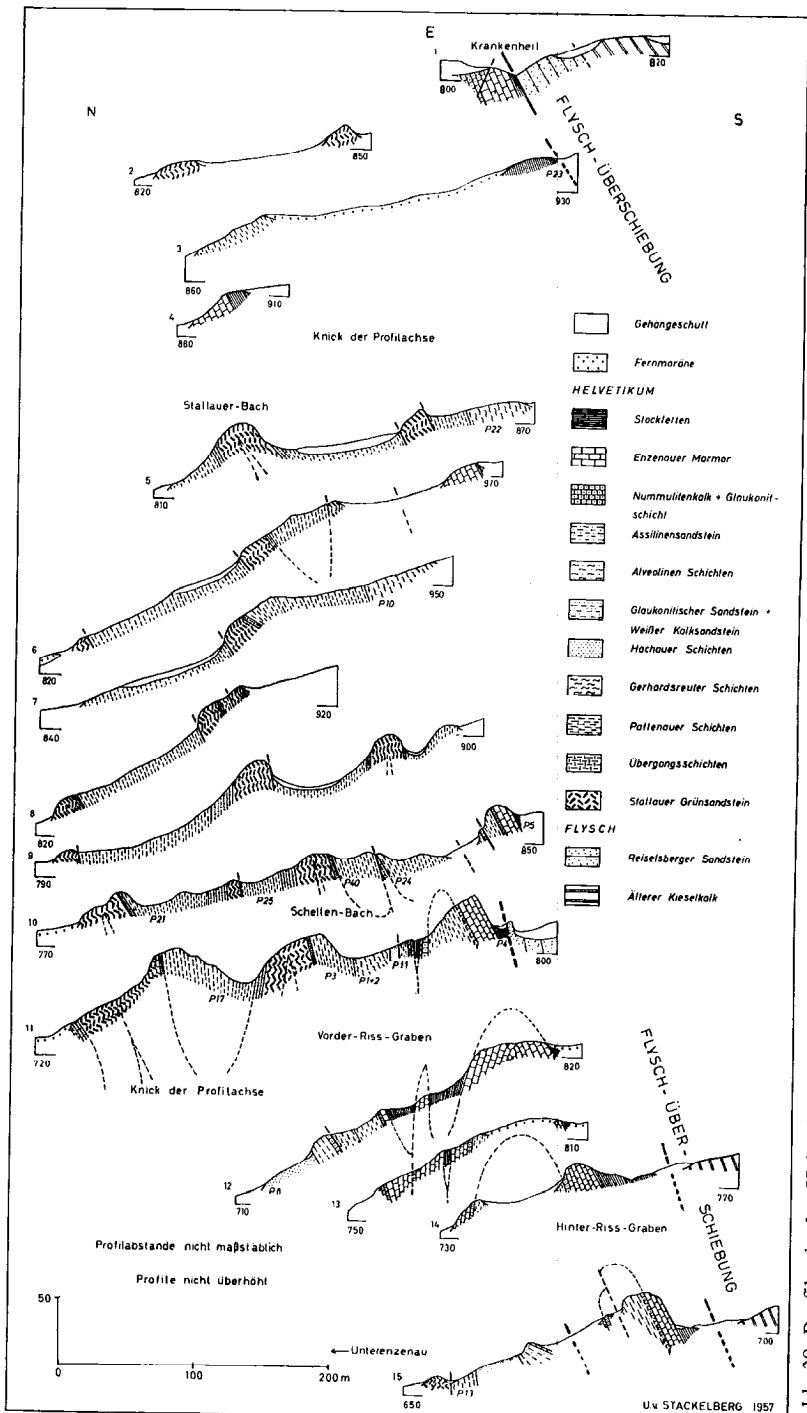


Abb. 39. Profilserie des Helvetikums am Nordfuß des Zwiselflysches („Tölzer Helvetikum“, Westteil, aus v. STACKELBERG 1960).

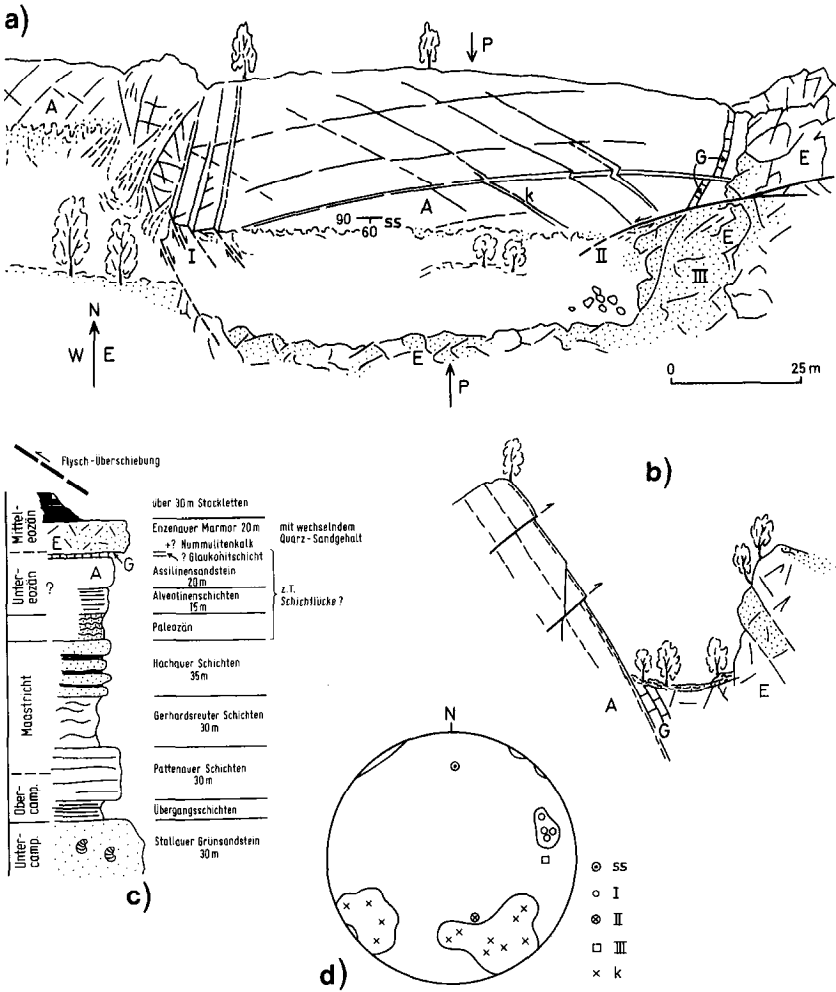


Abb. 40. (a) Ansichtsskizze und (b) Querschnitt des Helvetikum-Alttertiärs im Enzenauer Steinbruch mit (c) vollständiger schematischer Schichtfolge (einschließlich Oberkreide) für das „Tölzer Helvetikum“ (Entwurf und Zeichnung H. BÖGEL 1968). (d) Schichtflächen-Poldiagramm (ss) und Kluft-Poldiagramme (I, III: Diagonal-Störungen, II: Blattverschiebungen, k: Scherkluftsysteme).

reich des Vorderriss-Grabens ist ein etwas weiter gespannter Sattel von Enzenauer Marmor mit nach W abtauchender Achse vorhanden. Nördlich davon liegt eine Mulde mit einer Schichtenfolge, die (auf dem Nordflügel) von den Stockletten bis in die Alveolinen-Schichten hinabreicht. Der noch weiter

nördlich anschließende Teil des Vorderriss-Graben-Profiles stellt eine eigene Schuppe mit einer Folge von Hachauer Schichten bis zur Glaukonitschicht dar.

Der Enzenauer Steinbruch liegt in dem langgestreckten Zug von Enzenauer Marmor (plus Assilinen-Sandstein), der sich nach E bis in den Bereich des Vorderriss-Grabens erstreckt. Auch er bildet einen Teil einer großenteils im Scheitel aufgerissenen Sattelstruktur (Abb. 40). Ein Versatz des Assilinen-Sandsteins nach S an der den Bruch im E begrenzenden Störungsfläche (VON STACKELBERG l. c.: 47) ist nach dieser Darstellung wenig wahrscheinlich. Das heißt, daß nicht alle Diagonalstörungen im Enzenauer Marmor und in dem ihn begleitenden Assilinen-Sandstein den Westteil nach N versetzten. Einige verhalten sich offenbar umgekehrt und versetzen den Ostteil nach N. Dies ist auch der Fall bei der anzunehmenden großen Diagonalstörung östlich vom Stallauer Bach, an der nach der Kartierung der Ostflügel um über 300 m nach N vorstoßen sollte. Diese Störung scheint Flysch und Helvetikum gleichzeitig zu betreffen und ist daher während des Deckenschubes oder später angelegt worden.

Der Vorschub der alpinen Einheiten nach N östlich der Loisach vermindert merklich die Ausstrichbreite der gesamten Subalpinen Molasse (s. Kap. 5.3.). Die Reduzierung kommt nicht nur im Fehlen der weiter im W gelegenen Murnauer Mulde zum Ausdruck, sondern auch in der Verengung der Nonnenwald-Mulde und der Penzberger Mulde.

5.3. Subalpiner Bereich

(WALTER STEPHAN)

Tiefbohrungen und Untersuchungen im Blattbereich und in den Nachbargebieten wiesen nach, daß die Molasse des Subalpinen Bereichs als südlicher Teil von einem ursprünglich geschlossenen Molassebecken abgetrennt und auf gleichartige Schichten nach N aufgeschoben wurde. Dabei wurde sie in mehrere Schuppen mit jeweils muldenförmigem Bau zerschert. Die Bezeichnung „Faltenmolasse“ trifft daher nicht ganz zu, ist aber eingeführt. Am Nordrand stößt die Faltenmolasse an die Vorlandmolasse, die am Kontakt aufgebogen wurde. Diese ist ansonsten jedoch flach gelagert, auch weiter im S, wo sie von der Faltenmolasse überfahren wurde. Im Subalpinen Bereich gibt es mithin zwei übereinanderliegende Stockwerke mit jeweils wiederkehrenden Schichtenfolgen. Das tiefer gelegene Molassestockwerk (Subalpine Molasse) setzt sich nach S weiter als das obere fort, so daß es teilweise auch noch die Unterlage von Gesteinen des Alpinen Bereichs bildet (Abb. 41, 42).

Der Vorschub der alpinen Einheiten nach N östlich der Loisach vermindert merklich die Ausstrichbreite der gesamten Faltenmolasse. Die Reduzierung kommt nicht nur im Fehlen der weiter im W gelegenen Murnauer Mulde zum Ausdruck, sondern auch in der Verengung der Nonnenwald-Mulde und der

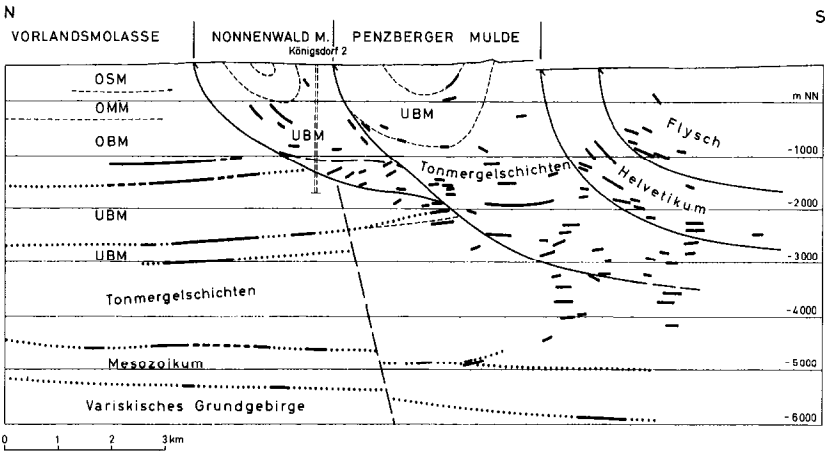
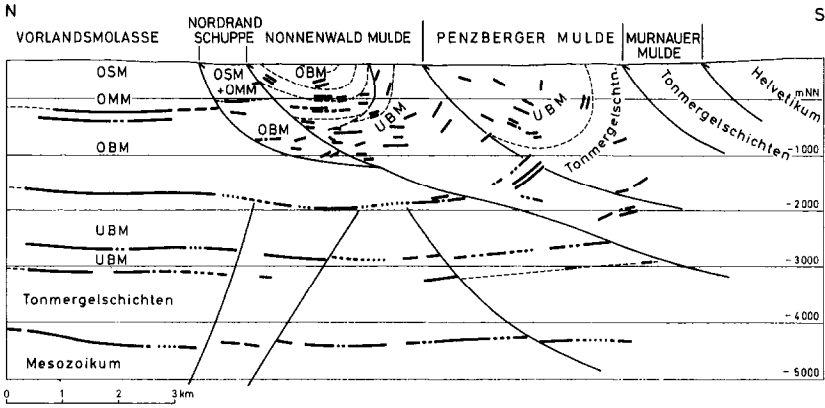


Abb. 41 u. 42. Reflexionsseismische Profile mit geologischer Interpretation nach VEIT (1963; 17, 29). Profil 1 (oben = 41) verläuft in der Nähe des Westrandes und Profil 2 dicht am Ostrand des Blattgebietes. Die dicken durchgezogenen und punktierten Linien bedeuten seismische Reflexionselemente guter und schwacher Ausprägung, die dünnen durchgezogenen und weit-gestrichelten Linien tektonische Grenzen und die dünnen eng-gestrichelten Linien Schichtgrenzen.

Penzberger Mulde. Die Nonnenwald-Mulde ist im E des Blattgebietes etwa um 900 m schmaler als im W und die Breite der Penzberger Mulde nimmt entsprechend von ca. 4100 m auf ca. 2500 m ab. Die Muldenachsen verhalten sich ebenfalls im E anders als im W. Die Achse der Nonnenwald-Mulde steigt bzw. fällt im Westteil mit ca. 1°. Sie steigt im Ostteil hingegen mit über 5° nach E kräftig an.

Die südliche Hauptmulde der Faltenmolasse auf Blatt Penzberg, die Penzberger Mulde, gibt sich auf der geologischen Karte durch ihren Südflügel im Buchberg-Höhenrücken zu erkennen. Vom weniger auffallenden Muldenkern, in dessen Bereich sich das alte Bergwerk und die Stadt Penzberg ansiedelten, steigt die Muldenachse nach W flach an. Sie erreicht jenseits des westlichen Blattrandes bald einen Scheitelpunkt. Mit dem erneuten Abtauchen wird dann hier die Antdorfer Mulde als westliche Fortsetzung der Penzberger Mulde erreicht.

Die Penzberger Mulde ist im Ostteil des Blattes ungenügend erschlossen. Immerhin ist erkennbar, daß östlich von Bad Heilbrunn ihre Strukturen nicht mehr kontinuierlich verlaufen. Im Muldenkern des Ostteils fehlen nicht nur die gesamte Penzberger Liegend-Flözgruppe, sondern auch höhere Teile der Unteren Bunten Molasse. Es ergibt sich dadurch eine durchgehend N-S-gerichtete Achsenkulmination, die nach den vorliegenden Strukturkarten jenseits des östlichen Blattrandes liegt. Es dürfte kein Zufall sein, daß sich die fazielle Sonderentwicklung der Unteren Brackwasser Molasse vom Buchberg (S. 129) über einer N-S-Struktur gebildet hat, die sehr frühzeitig auflebte.

Die Achsenebene der südlichen Hauptmulde ist nach N geneigt. Ihr Südflügel fällt im E normal mit etwa 40° nach N ein. Das Einfallen wird nach W zur Loisach hin unvermittelt steiler und erreicht Werte über 76° . Jenseits der Loisach ist der Muldensüdflügel steil überkippt. Der Nordflügel fällt hingegen normal nach S ein. Nach Bergwerksaufnahmen weist die Mulde keine nennenswerten Störungen auf. Nach der Kartierung wird der Südflügel von kleineren Störungen betroffen, an denen die Schichten geringfügig versetzt sind. Eine größere NW-streichende Diagonalstörung, die in der nördlichen Hauptmulde erschlossen wurde, ist auf das Loisachknie bei Achmühl gerichtet. Sie könnte die Strukturen der südlichen Hauptmulde in diesem Bereich beeinflussen.

Die nördliche Hauptmulde der Faltenmolasse auf Blatt Penzberg wird als Nonnenwald-Mulde bezeichnet, seitdem das Penzberger Kohlenrevier nach N verlagert und im Nonnenwald ein Förderschacht abgeteuft wurde. In der Landschaft tritt im wesentlichen nur der Nordflügel abschnittsweise hervor; westlich der Loisach in zwei bzw. drei Rücken in der Umgebung von Promberg, östlich der Loisach zwischen Fletzen und Nantesbuch. Hier wird auch die Einmündung morphologisch erkennbar. Der Muldenkern liegt nordöstlich vom Nonnenwald-Förderschacht. Die Muldenachse steigt östlich der Loisach bis zum östlichen Blattrand steiler an und erreicht dann nach ca. 1 km einen Scheitelpunkt. Die Muldenstruktur spreizt nach W hin auf. Ihr Südflügel ist bergmännisch aufgeschlossen und wird u. a. von Störungen betroffen, die vermutlich diagonal zum Schichtenstreichen verlaufen.

Nord- und Südflügel der Nonnenwald-Mulde wiederholen ungefähr das Einfallen der Penzberger Mulde. Westlich der Loisach fällt auch der Südflügel der Nonnenwald-Mulde steil nach N bzw. überkippt nach S ein. In ihm

stellt sich eine streichende Störung ein, die im oberen Bereich stärker als die Schichten nach N geneigt ist, im unteren Bereich mit diesen aber in die beginnende Muldung einschwenkt. An der nordvergenten Störung erscheinen die tektonisch hangenden Schichten im Profil rückversetzt. Im Grundriß eines bestimmten Flözes bzw. einer Schicht wird dadurch der Eindruck erweckt, als ob eine Diagonalstörung die Versetzung herbeiführe. Aus den Aufzeichnungen des Flözverlaufes geht weiter hervor, daß die streichende Störung in der Tiefe beim Einlenken zur Muldenachse hin an Wirksamkeit einbüßt. Die Schichten sind hier nicht mehr versetzt, sondern nur noch an einer Flexur abgelenkt. Die Störung äußert sich im Profil 2, in dem der Südflügel flacher nach N einfällt, entsprechend nur in einer Flexur. Auf eine tatsächlich vorhandene Diagonalstörung, die zwischen Nonnenwald und Loisach durch eine Parallelstörung verdoppelt ist und einen horizontalen Versatz der Schichten von etwa 100 m bewirkt, wurde oben bereits verwiesen.

Reste mindestens einer weiteren Mulde sind eingekeilt zwischen der Penzberger und der Nonnenwald-Mulde vorhanden. Sie wurden in den Jahren 1896/7 vom Hauptquerschlag nach N querschlägig auf rund 400 m angefahren und von WEITHOFER (1903) als Langsee-Mulde bezeichnet. Der Name leitet sich von einem ehemaligen langen Teich ab, der zwischen Heinz und dem Stocksee lag (ROTHPLETZ 1917: 107/8). Der schmale Muldenrest ist übertage wegen der Quartärüberdeckung nicht auszukartieren. Er verbreitert sich voraussichtlich ein wenig nach E zu, wo weiterhin, z. B. auf dem Blatt Tegernsee, zwischen der südlichen Mariensteiner Mulde und der nördlichen Kirchbichler-Mulde die Reichersbeuerner Mulde ausgeprägt entwickelt ist (s. u. a. STEPHAN & HESSE 1966, PAULUS 1981).

Die südliche Randstörung mit der Überschiebung des Alpen Bereichs auf die Faltenmolasse wurde oben beschrieben. Randstörung und Helvetikum behalten im Streichen ihren Verlauf nach Westen bis zur Loisach. Hier und in der SW-Ecke des Blattes läuft die Randstörung auf die sich im Nachbarblatt aushebende Murnauer Mulde zu. Im Gebiet um Sindelsdorf sind unter dem Pleistozän Tonmergel-Schichten weit verbreitet, die je nach Lage ihrer Randstörungen, teils zur Penzberger, teils zur Murnauer Mulde gehören. Die Alpenrandstörung biegt im Bereich des Kochelsee-Beckens von E-W flexurartig nach S ab, was am Verlauf der Flysch-Zone erkennbar ist. Es bleibt offen, inwieweit z. B. die Randstörung an Diagonalstörungen versetzt ist.

Die nördliche Randstörung der Faltenmolasse verläuft wenig südlich des nördlichen Blattrandes. In der NW-Ecke biegt sie flexurartig stärker nach S ab. Es muß vorerst offen gelassen werden, ob und inwieweit Störungen beteiligt sind. Die Lage der Randstörung und die beiderseitige Ausbildung der begleitenden Schichten sind durch Bohrungen und untertägige Querschläge weitgehend ermittelt. Sie wurde z. B. in der nördlichen Verlängerung des Hauptquerschlags als große südfallende Störungszone angetroffen. Die Schichten der Faltenmolasse in ihrem Hangenden sind zunächst auf längere

Erstreckung wellenförmig verformt, nachdem sich diese Zone anfangs schon durch einen kleinen Sattel bemerkbar macht (WEITHOFER 1899: 272 ff.). Im Liegenden der Randstörung stehen hier sehr steil nordfallende bunte Mergel an. Ein zweiter Querschlag durchfuhr ca. 1600 m weiter östlich die Randstörung. WEITHOFER erwähnt auch hier „Sattelbildungen“, die sich als Schlepungen der Schichten an großen Scherflächen innerhalb der Störungszone bildeten. WEITHOFER gibt ein S-Fallen von etwa 45° für den „Penzberger Sprung“ an, der die Überschiebung älterer auf jüngere Molasse bewirkte. Nach HÖLZL (1958: 29, Abb. 4) ist beim Vortrieb des Untersuchungs-Querschlags nach N vom Nonnenwald-Schacht auf der 4 1/2-Sohle die S-fällende Randstörung als 25–30 m breite Zone angetroffen worden, in der Brackwasser-Molasse und Obere Bunte Molasse miteinander tektonisch vermengt sind. Keile aus Bunter Molasse stecken noch 150 m nördlich der Störungszone in marinen Sandsteinen der aufgerichteten Vorlandmolasse. Die nördliche Randstörung ist daher insgesamt etwa 200 m breit. In dieser Zone sind die Schichten beiderseits intensiv von den Bewegungen beim Aufschub erfaßt.

Die beschriebenen Aufschlüsse geben keinen Hinweis auf eine bestehende Nordrand-Schuppe (Abb. S. 209) bzw. auf eine leicht gehobene Randscholle (VEIT 1963), deren relativ flach liegende Schichten an die nördliche Randstörung angrenzen. Über und unter Tage wurden nördlich von ihr in großer Breite steil aufgerichtete bzw. intensiv gestörte Schichten der Oberen Meeresmolasse und der Oberen Süßwasser Molasse angetroffen. Die nördliche Randstörung erweist sich hier auch aus der Sicht der Vorlandmolasse als die Hauptstörung. Die Profilardstellung auf S. 209, Abb. 41, sollte nicht den Eindruck erwecken, daß die Nordrand-Schuppe den beiden Hauptmulden der Faltenmolasse ebenbürtig ist.

Die einzelnen Molassemulden sind abgesehen von ihren Randstörungen insgesamt auffallend störungsarm. Dennoch ist in den Aufschlüssen intensive Kleintektonik erkennbar. Schon WEITHOFER (1918: 43) bemerkte, daß „bei der Faltung“ besonders die Flöze beansprucht wurden. Die in ihnen eingelagerten hellen Stinksteinlagen geben dies gut zu erkennen. Oft sind besonders die mittleren Lagen des Flözes stark verformt, dagegen nicht die unteren bzw. oberen Lagen. Selbst spröde Stinksteinlagen sind im Mittelteil „gekröseartig gewunden“, auch vielfach geborsten. Pechkohle- und Stinkstein-Trümmer zeigen glänzende Harnische. Massenverlagerungen in der Kohle führten örtlich zu einer auch tektonisch bedingte Ab- bzw. Zunahme der Flözmächtigkeit auf das 4–5-fache. Die Flözteile sind dabei übereinander geschuppt (LENSCH 1961: 38). Nach LENSCH sind dünne kohlige Schichten im Nebengestein und geringmächtige mergelig-tonige Lagen im Flöz häufig völlig schuppig zerschert. Bergleute bezeichnen diese Scher-Produkte als „Letten“. Schichtparallele Verschiebungen bis zu 80 cm wurden gemessen. GEISLER (1965) erwähnt die mikrotektonische Verformung der Kohle in allen Flözen.

Er beobachtete auch die nordvergente Internfaltung im Muldenboden bei Flöz 24. Sie entspricht der Neigung der Muldenachsebene.

6. Geophysikalische Untersuchungen

(KURT BADER *)

6.1. Refraktionsseismik und Geoelektrik zur Quartärerkundung

Im Blattgebiet wurden ca. 25 refraktionsseismische Messungen (24 Geophone auf Meßstrecken von 0,5–1 km Länge, Anregung durch Kleinsprengungen von 100 g Sprengstoff in 1 m tiefen Schlagbohrungen) und ca. 50 geoelektrischen Tiefensondierungen ausgeführt. Aus der Gesamtheit der Messungen ergibt sich folgende Zuordnung von seismischer Geschwindigkeit (km/s) und spezifischem elektrischem Widerstand (Ohm m) zu den geologischen Schichten:

	km/s	Ohm m
Spätglaziale Schotter	[0,5]	[1000]
Spätglaziale Schotter (Seeton → Kies)	1,3 → 1,8 (auch mit der Tiefe zunehmend)	40 → 200
Würm-Moränen z. T. eisbelastet und wassererfüllt, kiesig → schluffig	[0,7] → 2,5	200 → 40
Schwemmfächer bzw. Eisrandbildungen, größenteils eisbelastet	[1,2] – 2,2	100–250
Tertiär	(2,2 –) 2,5 → 3,5	10–60 (→ 150) →: zu den Muldenrändern zunehmend 2,2: Einzelwert auf nicht wassergesättigtem Hochgebiet
Helvetikum, Flysch	(2,8 –) 3,2–4,5	10–60 2,8: Einzelwert am N-Rand der Helvetikumzone

[] über Grundwasseroberfläche (GWO)
() Einzelwerte

*) Anschrift des Verfassers: Dr. KURT Bader, Dipl.-Geophysiker, Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, D-8000 München 40.

Aus den refraktionsseismischen Messungen, den zahlreichen Bohrungen (entlang der Autobahn, auf dem Königsberger Rücken und vor allem im Kocheler Becken) und der kartierten Verbreitung der präquartären Gesteine wurde ein Tiefenlinienplan der Quartärunterkante für das gesamte Blattgebiet erstellt (Abb. 43).

Im Kocheler Becken ergaben die seismischen Messungen und Bohrungen in der SE-Ecke des Blattgebietes mit 460 m NN die größte Tiefe der Quartärunterkante. Nach den seismischen Messungen auf dem südlichen Nachbarblatt vertieft sich das Glazialbecken noch bis auf 400 m NN Richtung Kochelsee (BADER 1985: Abb. 14). Das Kocheler Becken ist in seinem zentralen Teil mit spätglazialen Seeton erfüllt, der im spätglazialen Deltabereich der Loisach von einem älteren eisbelasteten Deltakieskörper unterlagert wurde (BADER 1985: 72).

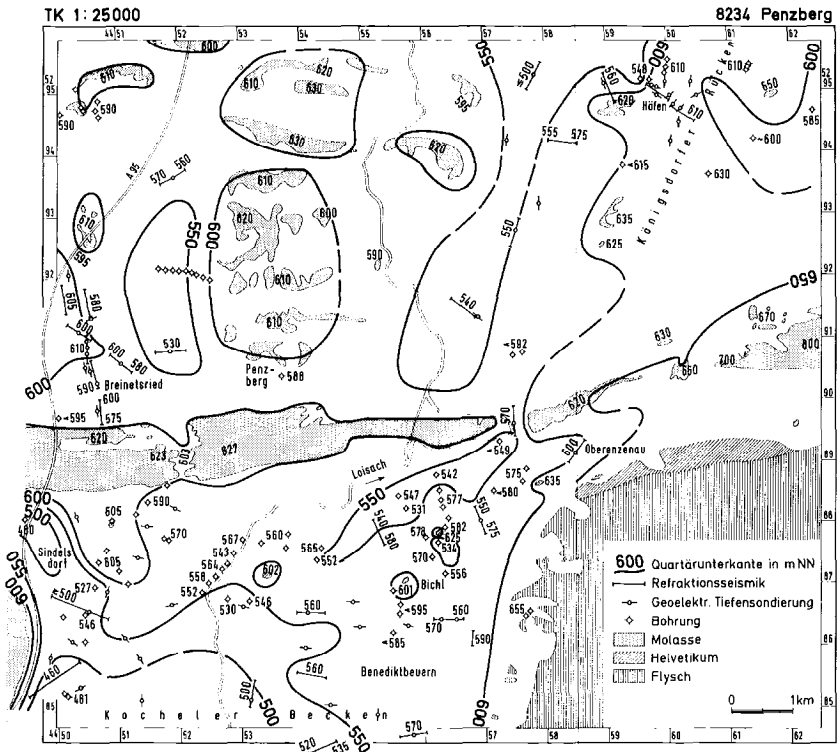


Abb. 43. Quartärunterkante nach Refraktionsseismik, Bohrungen und Aufschlüssen. Geoelektrische Tiefensondierungen tragen zum Bild über die Verbreitung von mächtigem Kies im Grundwasser bei.

Im NW und E wird der spätglaziale Seeton zusätzlich durch Schwemmfächer unterlagert und verdrängt. Im Nordteil des Kocheler Beckens, also im Blattgebiet, führt dies dazu, daß nur noch kleine Areale mit spätglazialen Seeton vorhanden sind. Die Beckenfüllung ist hier weitgehend kiesig ausgebildet, im zentralen Teil nicht eisbelastet und damit spätglazial (1,5–1,7 km/s) und in den Randbereichen eisbelastet und damit würmglazial und älter (2,0–2,2 km/s).

Westlich und südlich von Sindelsdorf weisen die geophysikalischen Messungen und Bohrungen bis 100 m mächtige mäßig bis gut durchlässige Kiese nach, die sich zu einer Kiesrinne um die mit 20° nach E abtauchende Oberfläche des östlichen Muldenschlusses der Murnauer Mulde zusammenfassen lassen (FRANK 1979: 93), die als mehrphasige Eisrandbildung anzusehen ist. Östlich des Moränengebietes (0,5–1,5 km östlich von Sindelsdorf) wurden bis zur Loisach noch mehrere Dekameter mächtige Kiese erbohrt.

Im Bereich von Oberenzenau, Bichl bis Benektiktbeuern sind die Schwemmfächer aus ebenfalls mäßig bis gut durchlässigen Kiesen aufgebaut. Sie reichen nach W in das Moos hinein bis unter die Hof-Filze und westlich von Benediktbeuern bis zur Loisach, hier allerdings nur noch mit 10 m Mächtigkeit und unter einer 10–20 m mächtigen Seetonschicht.

In der Nordhälfte des Blattgebietes sind größere Kiesmächtigkeiten im Grundwasser nur in der NE-Ecke des Blattgebietes durch Bohrungen nachgewiesen (0,5 km nordöstlich von Höfen, bzw. wahrscheinlich nördlich von Bernwies).

Spezielle Untersuchungen wurden über dem Höhenrücken von Breinetsried und am Süden des Königsdorfer Höhenrückens bei Höfen vorgenommen. Hier sollten Hochlagen präwürmglazialer Seetone geortet werden, die unter oder hinter den jeweils am Hang der Höhenrücken aufgeschlossenen Frühwürm-Schotter liegen könnten. Im Bereich von Hochlagen solcher Seetone sind palynologisch interessante interglaziale Erosionsrelikte am wahrscheinlichsten. Es wurden Hochlagen in 615–625 m NN (s. Kap. 4.4.1.4.1.) einer schluffigen Schicht (20–30 Ohm m, 2,2–2,7 km/s) gefunden. Aber diese Meßwerte können ebenso Tertiäraufragungen im tektonischen Muldenbereich zugesprochen werden.

6.2. Reflexionsseismik für die Erdöl- und Erdgasprospektion

Ein reflexionsseismisches Profilnetz überdeckt den gesamten Molasseteil des Blattgebietes. Die Messungen wurden bis 1960 als Sprengseismik und ab 1970 im Ostteil des Blattgebietes auch in Vibroseistechnik durchgeführt. Die Seismogramme weisen nur in der Vorlandmolasse durchgehende seismische Reflexionshorizonte auf. Je tiefer die Horizonte liegen, desto weiter können sie unter die subalpine Molasse verfolgt werden. Sie wiesen dadurch eine

überfahrene antochthone Molasse bis weit nach S unter die subalpine Molasse nach, noch bevor spätere Erdölbohrungen dies bestätigten.

VEIT (1963) zeigt in drei N-S-Profilen über das Blattgebiet eine geologische Interpretation anhand der seismischen Horizonte und der Tiefbohrung Königsdorf 2. Im Teufenbereich der subalpinen Molasse (und verstärkt in der Helvetikum- und Flyschzone) ergeben sich nur kurze seismische Horizontstücke, aus deren abrupter Neigungsumkehr entlang von nach Süden erst steil und dann immer flacher abtauchenden Grenzlinien auf die Lage von Auf- und Überschiebungsbahnen der einzelnen Molassemulden und der Helvetikum- und Flyschzone geschlossen wird. Die Mächtigkeit der einzelnen tektonischen Körper verringert sich nach der Tiefe erheblich, so daß sich nach der Tiefe aus dem Muldenbau immer mehr ein Schuppen- bis Deckenbau ergeben muß.

In den Profilen von VEIT (1963) sind die Nonnenwald- und die Penzberger Mulde deutlich aus dem Bild der seismischen Horizontstücke zu erkennen. Im Westteil des Blattgebietes ist der Nonnenwald-Mulde eine 1 km mächtige Zone mit geneigten Horizontstücken vorgelagert, die von VEIT als Nordrand-Schuppe interpretiert wird. Da OSM in ihrem Bereich an der Oberfläche ansteht, kann ihre Transportweite nur sehr klein sein (siehe auch Kap. 5).

Weiterhin ist in den Profilen von VEIT anhand der seismischen Horizonte ein Auffächern der Schichtgrenzen der Vorlandmolasse nach S dargestellt. Damit ergibt sich ein leichter Anstieg der oberen Schichtgrenzen (im E des Blattgebietes etwas stärker ausgeprägt) und ein Fallen der unteren Schichtgrenzen nach S. Seismische Horizonte aus dem Bereich der Tertiärbasis, des Malm und evtl. von der Grundgebirgsoberfläche sind dabei in 5000–6000 m unter NN (nach S generell leicht fallend) bis unter die oberflächige Helvetikum- und Flyschzone zu erkennen, mit den für die Vorlandmolasse typischen syn- und antithetischen Störungen.

6.3. Regionale geophysikalische Untersuchungen

Aus reflexions- und refraktionsseismischen Messungen auf einem im Streichen der alpinen Einheiten liegenden Profil nördlich des Kochelsees mit den Sprengpunkten am Langen Kögel (nordnordwestlich Eschenlohe) und bei Arzbach im Isartal wurde von REICH (1960: 232) für die oberen 5 km eine Geschwindigkeit von 4,0–4,5 km/s (Flysch, Helvetikum, Molasse) gemessen und darunter 5,5 km/s für das Grundgebirge.

Tiefenseismische Messungen auf einem noch weiter südlich gelegenen Profil zwischen den Sprengorten Langer Kögel und Golling (östlich Berchtesgaden), das in unserem Gebiet etwa zwischen Kochel- und Walchensee verläuft, erbrachte 4,5–5,0 km/s bis 8–9 km Tiefe für das Deckgebirge aus Flysch, Helvetikum und überfahrener Molasse (WILL 1976: 743). Die darun-

ter folgende kristalline Erdkruste, beginnend mit etwa 6,0 km/s, besitzt in 10 km bis knapp 20 km Tiefe eine Zone mit etwas verringerter Geschwindigkeit, die auch durch Tiefenreflexionen gekennzeichnet ist (mittlere Erdkruste). Die Mohorovicic-Zone, welche definitionsgemäß die Erdkruste vom Oberen Erdmantel trennt, liegt im Blattgebiet in etwa 35 km Tiefe mit einem Absinken nach S (GIESE & STEIN 1971).

Die Schwerekarte von Westdeutschland 1:1 500 000 (PLAUMANN 1987) zeigt im SW des Blattgebietes ein nach SW sich fortsetzendes Minimum, das durch die spätglaziale Füllung des Kochelbeckens und durch die Flyschzone verursacht wird. Der großräumige Schwereabfall nach S spiegelt das Absinken der Mohorovicic-Zone nach S wieder.

Die Aeromagnetische Vermessung (Teile der Nordalpen, BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 1976) zeigt für das Blattgebiet und Umgebung keine Anomalien.

7. Hydrogeologische Verhältnisse

(JAN-PETER WROBEL*)

7.1. Hydrogeologischer Überblick

Das Blattgebiet liegt am Rande der Nördlichen Kalkalpen und erreicht im Südosten, in den Bergen der Flyschzone am Zwiessel-Berg mit 1348 m ü. NN seine höchste Erhebung. Der überwiegende Teil ist jedoch flachwellig bis hügelig. Trotz des relativ hohen Gebietsniederschlages besitzt das Blattgebiet nur wenige ergiebige Grundwasservorkommen, denn die Gesteine der Flysch- und der Helvetikum-Zone sowie der Molasse sind nur gering wasserwegsam, und die Ablagerungen des Quartärs bestehen größtenteils aus schlecht durchlässigen pleistozänen Moränen und Seesedimenten. Während im gesamten Gebiet nördlich der Molasserippe des Buch-Berges ergiebigere Areale fehlen, finden sich am Rande des Kochelseebeckens größere Grundwasservorkommen, die bereits zur Trinkwasserversorgung genutzt werden.¹

Die verbreitete schlechte Durchlässigkeit des Untergrundes und die ungünstigen Abflußverhältnisse haben die Entstehung von ausgedehnten Mooren, den sogenannten Filzen, begünstigt.

Als einziger Fluß durchzieht die Loisach das Gebiet von Süden nach Norden. Die Molasserippe, die das Kochelseebecken nach Norden abschließt, wird von ihr bei Achmühl durchbrochen. Die Gefälleunterschiede der großen

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geologe Dr. JAN-PETER WROBEL, Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, D-8000 München 40.

Loisachschleife in diesem Bereich werden mit Hilfe eines künstlich angelegten Stollens bei Schönmühl in einem Kraftwerk zur Energiegewinnung genutzt. Ein älterer natürlicher Durchbruch der Loisach durch die Molasserippe ist südwestlich von Penzberg bei Riedern zu erkennen.

Linksseitig fließen der Loisach an größeren Bächen der Sindels-Bach und der Brunnles-Bach, rechtsseitig der Stein-Bach, der Schellen-Bach und der Reindl-Bach zu. Abgesehen von geringen Flächen in Nordwesten, die zum Starnberger See und Randzonen im Osten, die direkt zur Isar entwässern, gehört das gesamte Blattgebiet zum Niederschlagsgebiet der Loisach.

7.2. Grundwasser

7.2.1. Grundwasserführung der Gesteine

Sämtliche Gesteine der Flysch-Zone und der Helvetikum-Zone, vorwiegend Tonsteine, Mergel und feinkörnige Sandsteine, weisen nur eine äußerst geringe Wasserführung auf. Sie sind daher für die Erschließung nennenswerter Grundwassermengen ungeeignet. Auch die Sedimente der Molasse, Tonmergel, Mergel, Sandsteine, Sande und Konglomerate sind wenig wasserwegsam und führen allgemein kaum Grundwasser. Eine geringfügig bessere Wasserführung weisen lediglich die Nonnenwald-Sande auf. So wurden aus der Pechkohlengrube in der Nonnenwaldmulde in Trockenjahren im Mittel etwa 17 l/s, in Naßjahren etwa 35 l/s aus dem gesamten Grubengebäude mit einer Flächenausdehnung von etwa 8 km² gefördert.⁸⁾ Diese in

Tabelle 4: Kenndaten von Brunnenbohrungen, Grundwasserleiter: Quartär (unter Verwendung von Angaben des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, München)

Bezeichnung	Koordinaten R-Wert H-Wert	Gok m ü. NN	Endteufe m	RWSP m u. GOK	Entnahme l/s	Absenkg. ab RWSP m	k _r m/s
Achmühl, priv. Br.	44 57 19 52 89 30	595	46,0	1,60	5,0	23,9	3 · 10 ⁻⁵
Bad Heilbrunn, HB 1	44 57 15 52 88 53	610	30,0	0,01	20,0	3,25	9 · 10 ⁻⁴
Bad Heilbrunn, HB 2	44 57 16 52 88 53	610	30,0	2,15	50,0	7,10	7 · 10 ⁻⁴
Benediktbeuern, Br.	44 55 49 52 86 24	617	34,0	4,77	40,0	1,33	2 · 10 ⁻³
Biehl, HB 2	44 55 60 52 86 55	617	21,0	6,90	14,8	1,05	4 · 10 ⁻³
Mürnsee, Br. aufgel.	44 57 48 52 90 72	595	5,0	0,62	1,8	1,80	1 · 10 ⁻³
Urthal; Penzberg Br. 1	44 51 80 52 87 66	601,8	20,0	5,90	14,95	0,25	6 · 10 ⁻³
Urthal; Penzberg Br. 2	44 51 81 52 87 72	601,7	28,0	2,80	30,0	3,78	6 · 10 ⁻⁴
Urthal; Penzberg Br. 3	44 51 81 52 87 78	602,0	25,0	3,40	16,85	8,85	2 · 10 ⁻⁴
Urthal; Penzberg Br. 4	44 51 97 52 87 79	602,0	20,0	5,30	49,72	0,39	1 · 10 ⁻²
Schönrain, Br. aufgel.	44 59 31 52 93 77	625	10,0	0,09	1,5	1,99	9 · 10 ⁻⁴
Sindelsdorf, Br.	44 51 71 52 87 62	602,5	14,5	2,50	34,0	0,42	1 · 10 ⁻²

⁸⁾ Freundlich mündliche Mitteilung v. Dr. P. GEISLER, Weilheim.

Relation zu den aufgefahrener Streckenlängen geringen Mengen an Grubenwasser liefern im wesentlichen aus den Sandhorizonten zu. Mit Fortschreiten des Abbaus zur Tiefe hin und mit der Verminderung des Ausbaus querschlägiger Strecken ging der Wasserzulauf allmählich zurück. Wegen der geringen Ausstrichbreiten der Sande an der Erdoberfläche und ihrer nur mäßigen Durchlässigkeit ist die Grundwasserneubildung relativ bescheiden. Deshalb ist allenfalls die Erschließung sehr kleiner Wassermengen aus diesen Sanden möglich.

Ergiebige Grundwasservorkommen bergen innerhalb des Blattgebietes nur die Sedimente des Quartärs (Tab. 4), die weitgehend dem Pleistozän entstammen. Aufgrund der Ablagerungsbedingungen sind ihre Zusammensetzung und ihre Durchlässigkeiten sehr wechselhaft. Häufig sind auch Verzahnungen zwischen gut durchlässigen Schottern und wenig wasserwegsamem Beckensedimenten.

An Brunnenbohrungen wurden im Quartär Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f) zwischen $3 \cdot 10^{-5}$ m/s und $1 \cdot 10^{-2}$ m/s festgestellt (Tab. 4). Im Bereich der mächtigen Bachschuttkegel, besonders des Stein-Baches und des Lain-Baches, die ins Kochelseebecken hineinreichen, werden in Nähe des Gebirgsfußes k_f -Werte bis etwa $5 \cdot 10^{-3}$ m/s beobachtet. Zum Beckenzentrum hin verzahnen sich die Bachschuttablagerungen zunehmend mit Seesedimenten, so daß die Durchlässigkeit mehr und mehr abnimmt. Daher wurde im Brunnen von Achmühl in sandig-kiesig-tonigen Schichten nur noch ein k_f -Wert von $3 \cdot 10^{-5}$ m/s festgestellt. Sehr gute Durchlässigkeiten bis zu k_f -Werten von $1 \cdot 10^{-2}$ m/s wurden im Bereich eines würmeiszeitlichen Schotterfeldes östlich von Sindelsdorf festgestellt, in dem Brunnen der Stadt Penzberg und der Gemeinde Sindelsdorf stehen.

7.2.2. Quellhorizonte und Quellen

Das Blattgebiet weist trotz des relativ hohen Gebietsniederschlages erstaunlich wenige ergiebige Quellen auf. Ursache dafür ist vor allem die schlechte Durchlässigkeit des Untergrundes. Aber auch das weitflächige geringe Relief der Geländeoberfläche und der damit verbundene Mangel an Geländestufen und Terrassenkanten dürfte eine gewisse Rolle spielen.

Die stärksten Quellen treten am Rande der ins Kochelseebecken reichenden Bachschuttkegel westlich von Bichl und Benediktbeuern auf. Bedingt durch zunehmende Verzahnung der Bachschuttsedimente mit Seeablagerungen werden die in Richtung Loisach abströmenden Grundwässer gezwungen an der Erdoberfläche auszutreten. Dies geschieht in einigen stärkeren Quellen, wie dem Stern-Brunnen, mit Schüttungen von einigen bis über zehn Liter pro Sekunde, aber auch flächenhaft und als diffuse Übertritte in Bäche und Drainagegräben. Die Gesamtmenge der Grundwasseraustritte läßt sich nur grob abschätzen, sie dürfte aber in jedem Falle 100 l/s überschreiten.

Ein Quellaufstoß in einem Weiher am Südrand von Sindelsdorf schüttet etwa 15 l/s bis 35 l/s. Seine Austrittshöhe liegt etwa 1,5 m über dem Wasserspiegel des nahen Sindelsbaches. Wahrscheinlich stammt das Quellwasser aus einem tieferen, gespannten Grundwasserstockwerk. Etwas stärkere Quellen treten nur noch in der Umgebung von Schönrain und Höfen mit Schüttungen bis 5 l/s aus, z. T. verbunden mit ausgedehnten Vernässungszonen an Hängen wie sie auch nordöstlich des Huber-Sees und nordwestlich von Breinetsried auftreten.

Im Bereich von Flysch und Helvetikum gibt es eine Vielzahl kleinster Wasseraustritte, die jedoch, vor allem wenn ihre Schüttung etwas stärker ist (jedoch kaum über 1,0 l/s), an Hangschuttmassen gebunden sind, die das Festgestein überlagern. In der Molasse finden sich ganz vereinzelt äußerst schwach schüttende Quellen, wie die Adelheid-Quelle von Bad Heilbrunn, die auf der Sohle eines 18 m tiefen Schachtes aus Sandsteinen und Mergeln der Unteren Meeresmolasse hervortritt (ABELE, 1950) und 11 m unter dem Überlauf knapp 0,1 l/s schüttet.

7.2.3. Grundwasserhöffigkeit

Grundwasserhöffigkeit ist ein Ausdruck für die Möglichkeit der Wassererschließung in einem Grundwasserleiter. Als Grundwasserhöffigkeit wird die Wassermenge bezeichnet, die durchschnittlich mit einer wirtschaftlich tragbaren Fassung in einem unbeanspruchten Grundwasserbereich erschlossen werden kann (GRAHMANN 1958). Hierbei wird die Grundwasserneubildung nicht berücksichtigt.

Sämtliche Gesteine von Flysch, Helvetikum und Molasse sind so gering grundwasserhöffig, daß eine wirtschaftliche Erschließung mittels Brunnen praktisch ausscheidet. Auch in den Nonnenwald-Sanden ist die Gewinnung von mehr als 1 l/s kaum möglich.

Trotz ausgedehnter Flächen mit Quartärbedeckung und geringen Flurabständen des Grundwassers gibt es nur zwei Gebiete mit größerer Grundwasserhöffigkeit. Das sind der östliche und der westliche Randbereich des Kochelseebeckens. Im Raum von Bichl und Benediktbeuern, wo bis zu einer Teufe von etwa 50 m kiesig-sandige und steinige Bachschuttsedimente mit schluffig-tonigen Einlagerungen auftreten, besteht eine Grundwasserhöffigkeit zwischen 20 l/s und 50 l/s. Westlich der Bahnlinie dürfte sie wegen Zunahme der Toneinschaltungen rasch auf weniger als 10 l/s abnehmen. Im zentralen Teil des Beckens, am Fuchs-Bühel, ragt die Molasse durch das tonig-schluffige Quartär, das hier in einem etwa einen bis zwei Kilometer breiten Streifen parallel zur Loisach kaum Grundwasser führt.

Am Südwestrand des Blattgebietes, im Bereich des Mühlecker Filzes, gibt es unter Torf- und Seetonüberdeckung bis in Teufen von mehr als 150 m

mächtige Kieshorizonte, die als Eisrandschotter den östlichen Schluß der Murnauer Mulde umlagern (FRANK 1979). In diesen Schottern ist mit einer Grundwasserhöflichkeit bis 100 l/s zu rechnen.

Ein weiteres Schotterfeld, das wahrscheinlich bis zur Loisach reicht und vermutlich keine Verbindung zu den Kiesvorkommen südlich von Sindelsdorf hat, liegt ostnordöstlich des Ortes. Hier stehen bei Urthal die Brunnen von Penzberg und Sindelsdorf. Bei Kiesmächtigkeiten von etwa 10 bis 20 m besteht hier eine Grundwasserhöflichkeit von 20 l/s bis 50 l/s. Wegen der relativ geringen Ausdehnung des Schotterfeldes ist die dauerhaft zu fördernde Wassermenge jedoch begrenzt.

Eine mäßige Grundwasserhöflichkeit bis 5 l/s, in günstigen Zonen bis über 10 l/s besteht in kleineren würmeiszeitlichen Schotterflächen oder moränenüberdeckten Deckenschottern nördlich von Bad Heilbrunn im Raum Unter-/Oberbuchen, Höfen und Kreut.

Die weitflächig geringe Grundwasserhöflichkeit schließt nicht aus, daß es unter Moränen-, Torf- oder Seetonüberdeckung eng begrenzt weitere Schottervorkommen z. B. in ehemaligen pleistozänen Schmelzwasserrinnen gibt, wie an der Bohrung 43 südwestlich von Breinetsried. Dort könnten dann bei ausreichendem Einzugsgebiet bis 10 l/s, in sehr günstigen Fällen bis 20 l/s gewonnen werden.

7.3. Grundwasserhaushalt

7.3.1. Klima und Abfluß

Das Blattgebiet erhält, obwohl es etwas weiter ins Alpenvorland hinausreicht noch relativ reichliche Niederschläge. So beträgt der Gebietsniederschlag 1410 mm (1931/60)⁹⁾. Die Gebietsverdunstung wird mit 590 mm angegeben. Im Trockenjahr 1947 lag der Gebietsniederschlag bei 1050 mm, während er im Naßjahr 1966 1880 mm erreichte. Im Winterhalbjahr fallen im Durchschnitt der Jahre 33,2% der Niederschläge, im Sommerhalbjahr 66,8% (Tab. 5).

Tabelle 5: Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge (in %)

Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Winter
5,4	4,7	6,1	5,3	5,3	6,4	33,2
Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Sommer
10,7	13,5	14,5	11,6	9,8	6,7	66,8

⁹⁾ Die Niederschlags- und Verdunstungsdaten wurden vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft, München, zur Verfügung gestellt.

Die mittleren Jahresniederschläge an verschiedenen Stationen des Blattgebietes und seiner Umgebung bewegen sich zwischen 1094 mm und 1715 mm.

Tabelle 6: Mittlere Jahresniederschläge (1931/60) verschiedener Stationen (mm)

Niederschlagsmeßstelle	Jahresniederschlag (mm)
Seeshaupt	1094
Königsdorf	1255
Sindelsdorf	1296
Benediktbeuern	1464
Bad Tölz	1560
Kochel	1572
Lenggries	1715

Die mittlere Jahrestemperatur der Luft (1881/1930) beträgt für die Tallagen +7,0° C, bis 8,0° C, für die Höhen +6,0° C bis +7,0° C (KNOCH 1952). Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur liegt zwischen 16° C und 19° C. Die mittlere Lufttemperatur in der Vegetationsperiode (Mai-Juli) beträgt für die Tallagen +12° C bis +14° C, für die Höhen +10° C bis +12° C. Der mittlere Trockenheitsindex bewegt sich zwischen 80 und 180. Der mittlere Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag erreicht 15 bis 25%.

Der überwiegende Teil des Blattgebietes wird vom Einzugsgebiet der Loisach eingenommen. Nur geringe Flächen entwässern zum Oster-Seen-Gebiet oder zur Isar. Abflußpegel befinden sich nur weit außerhalb des Blattbereiches an der Loisach in Kochel und bei Eurasburg. Sie sind für das Blattgebiet nicht aussagekräftig. Die Bäche der Flysch-Zone weisen eine stark schwankende Wasserführung auf, da die Speicherfähigkeit der Gesteine gering ist und ihr Abfluß daher in Trockenperioden sehr zurückgeht. Die übrigen Bäche zeigen dagegen überwiegend ziemlich beständige Wasserführung, da sie häufig aus Mooren gespeist werden.

Der Abfluß der Loisach, der im Mittel etwa 50 m³/s beträgt, wird im wesentlichen von ihrem oberstromigen Einzugsgebiet bestimmt.

7.4. Beschaffenheit des Grundwassers

Anfang Oktober 1990 wurden im Gelände 18 Wasserproben entnommen, die zur allgemeinen Charakterisierung der Wasserbeschaffenheit von Dr. A. WILD und Dr. H. RUPPERT, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, untersucht wurden. Abgesehen vom Mineralwasser der Adelheid-Quelle in Bad Heilbrunn handelte es sich vorwiegend um schwach alkalische Wässer mit Gesamtlösungsinhalten von etwa 400 bis 700 mg/l. Die Karbonathärte

bewegte sich zwischen 11,5° d und 22,5° d, die Gesamthärte zwischen 12,5° d und 24,5° d. Die Wässer befanden sich weitgehend im Kalkkohlenensäure-Gleichgewicht und fielen im Sinne von GERB (1956) in den Bereich der Kalkschotterwässer, vereinzelt mit Verwandtschaft zu den Kalkalpenwässern. Es handelte sich mit Ausnahme der Adelheid-Quelle um hydrogencarbonatische normal erdalkalische Süßwässer (LANGGUTH 1966).

Die untersuchten Wasserproben wiesen, abgesehen von der Höhe der Mineralisierung nur wenige Unterschiede auf. Die Nitratgehalte lagen meist unter 20 mg/l. Die teilweise sehr geringen Konzentrationen unter 5 mg/l waren häufig auf Reduktionsvorgänge in tief liegenden Grundwasserleitern oder Mooregebieten zurückzuführen, worauf erhöhte Eisengehalte in diesen Proben hinwiesen. Relativ geringe Beeinflussung durch winterliche Straßensalzung zeigten die Chloridgehalte an, die im Mittel bei 6 mg/l lagen und nur in der nicht gefaßten Quelle von Sindelsdorf mit 18 mg/l deutlich mehr als 10 mg/l erreichten. Da innerhalb des Blattbereiches keine gipshaltigen Gesteine, wie die Raibler-Schichten anstehen, waren auch die Sulfatgehalte gering. Sie erreichten in den untersuchten Wasserproben maximal 23 mg/l.

Wiederum mit Ausnahme der Adelheid-Quelle, bewegten sich die Konzentrationen der Spurenelemente weit unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung bzw. EG-Richtlinie. Viele Spurenelemente lagen nahe an oder unter der Nachweisgrenze (ICP-MS).

In der Adelheid-Quelle von Bad Heilbrunn, die aus Sandsteinen der Unteren Meeresmolasse entspringt, lag die Konzentration vieler Spurenelemente deutlich höher als in den übrigen untersuchten Wasserproben. Auch die Gesamtmineralisation von über 6 g/kg beträgt ein Mehrfaches der sonst beobachteten Werte. Bei der Adelheid-Quelle handelt es sich um eine „alkalische Kochsalzquelle“, die aufgrund ihres hohen Jodgehaltes von mehr als 20 mg/l auch zu den „Jodquellen“ gerechnet werden kann (ABELE 1950: 25).

Die Temperatur der Wässer lag bei der Entnahme in der Regel zwischen +9° C und +11° C und damit etwas über der mittleren Jahrestemperatur der Luft.

7.5. Stand der Wasserversorgung

Innerhalb des Blattgebietes wird die Wasserversorgung der Bevölkerung weitestgehend aus leistungsfähigen Brunnen von Wasserversorgungsgruppen oder größeren Gemeinden sichergestellt. Nur noch vereinzelt wird Quellwasser genutzt wie für das Kloster Benediktbeuern.

Literatur:

ABELE, G. (1950): Die Mineralquellen Südbayerns. – Geologica Bavarica, **2**: 112 S., München.

- FRANK, H. (1979): Glazial übertiefte Täler im Bereich des Isar-Loisach-Gletschers. – Eiszeitalter und Gegenwart, **29**: 77 – 99, 8 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Hannover.
- GERB, L. (1956): Die Grundwassertypen. – In: TRAUB, F.: Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte 1:500 000, Blatt München: 84 – 102, Remagen (B.-Anst. Landeskd.).
- GRAHMANN, R. (1958): Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. – Forsch. Landeskd., **104**: 198 S., Remagen.
- KNOCH, K. (1952): Klimaatlas von Bayern. – Bad Kissingen.
- LANGGUTH, H. R. (1966): Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels (Rheinisches Schiefergebirge). – Düsseldorf (Minist. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten).

8. Nutzbare Ablagerungen (Lagerstätten)

(WALTER STEPHAN)

8.1. Steine und Erden

Fast alle Vorkommen stehen seit längerer Zeit aus unterschiedlichen Gründen nicht mehr im Abbau. Die Gewinnung und Verarbeitung des Enzenauer Marmors war regional und kunsthistorisch gleichermaßen bedeutsam. Er wurde nicht nur in den Kirchen der Umgebung gern und häufig als Bau- und Dekorationselement verwendet.

8.1.1. Enzenauer Marmor

Der Enzenauer Marmorbruch, südlich von Unter-Enzenau, gehört zu den klassischen Gewinnungsstellen Oberbayerns. Der rote bis rötliche Kalkstein (s. S. 86) ist an seiner Farbe und an seinem Fossilreichtum leicht kenntlich. In vielen Denkmälern und Grabplatten ist er vertreten. Er wurde auch dekorativ und ornamental in Kirchen und in repräsentativen Gebäuden verwendet (REIS 1906). Das für diese Zwecke nicht verwendbare Rohmaterial wurde als Baustein genutzt. Der in einem Rücken angelegte, langgestreckte Abbau wurde erst in neuerer Zeit eingestellt.

8.1.2. Stallauer Grünsandstein

Aufgelassene kleine Steinbrüche liegen zwischen dem Stallauer- und dem Schellen-Bach. Ein weiterer aufgelassener Bruch liegt im Geist-Bühl, nördlich Bichl. Der grüne feinkörnige Sandstein war als leicht zu bearbeitender Werkstein geschätzt. Er wurde hier bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts vor allem als Rohmaterial für die Herstellung von Schleifsteinen gewonnen. Für

diese Verwendung war sein Quarzgehalt und sein Anteil an kieseligem Zement mit ausschlaggebend (s. S. 75).

8.1.3. Sandsteine der „Baustein-Schichten“

Die Eignung und Nutzung dieser leicht bearbeitbaren Sandsteine der Faltenmolasse verhalten einem ihrer Schichtglieder zu ihrer wissenschaftlichen Bezeichnung. Eine Reihe von Steinbrüchen sind im Lauf der Jahrhunderte im gesamten Buchberg-Höhenrücken (s. S. 99) an mehreren Stellen angelegt worden. Die Sandsteine treten hier sowohl in den Marinen Baustein-Schichten als auch in der Unteren Brackwassermolasse auf (s. S. 100). Beide Schichtfolgen werden, soweit in ihnen Sandsteine dominieren, auch als „Baustein-Schichten“ i. w. S. zusammengefaßt. Die Sandsteine bzw. die Sandsteinbrüche des Blattgebietes hatten offensichtlich jeweils nur lokale Bedeutung.

8.1.4. Ziegeleirohstoffe

Mergel der Promberger Schichten wurden früher in der aufgelassenen Ziegeleigrube südwestlich Promberg abgebaut. Die Grube beiderseits der Straße nach Oberhof ist ausgedehnt und recht flach. Augenscheinlich sind nur oberflächennah verwitterte bzw. angewitterte Mergel abgebaut worden, die, Berichten zufolge, minderwertiges Ziegelgut geliefert haben (ZÖBELEIN 1957).

Seetone (tonig-mergelige Staubeckenablagerungen) wurden vorübergehend südwestlich Bad Heilbrunn gewonnen. Das angeschlossene Ziegelwerk Oberland produzierte Anfang der vierziger Jahre dieses Jahrhunderts 5–6 Mio. Mauersteine/Jahr. Der Abbau mußte auch wegen unzureichender Vorräte eingestellt werden. Hangwärts, nach S zu, verzahnte sich der Seeton zunehmend mit Geröllagen. Die mögliche Erweiterung nach N war zunächst durch die nach Bad Tölz führende, nahe Straße erschwert.

8.1.5. Quarzsande

Große Teile des Unteren Nonnenwald Sandes (s. S. 111), der auch als „Unterer Glassand“ bezeichnet wird, enthalten Rohstoffe, die zur Glasbereitung verwendet worden sind (u. a. HILLER 1942, VON GÜMBEL & AMMON 1898, STUHLIK 1906). Ihr Abbau erfolgte auch untertage (Kavernenbau), besonders beidseitig der Straße nordöstlich Schwaig, im sog. Quarzbichl. STUHLIK (l. c.: 310) übermittelte eine Analyse aus dem „Typischen Unteren Glassand“: SiO_2 91,80%, Al_2O_3 1,96%, und CaO 1,3%. Nach den Angaben des gleichen Autors enthält der „Obere Glassand“ (s. S. 111) stärkere Mergelbeimengungen und ist daher weniger zur Glasbereitung geeignet. Die von GÜMBEL (1861: 896) erwähnte Quarzsand-Gräberei an der Loisach bei Nantesbuch müßte sich auf den Oberen Sand beziehen, sofern seine Ortsangabe nicht ungenau ist und sich auf den nur 1 km entfernten Quarzbichl bezieht.

Unmittelbar südlich von Nantesbuch (an der Loisach) liegt eine alte Glashütte. Eine weitere, durch FRAUNHOFERS Arbeiten für die Wissenschaftsgeschichte bedeutend gewordene Glashütte, liegt im Bereich des Klosters Benediktbeuern und ist für Besucher zugänglich.

8.1.6. Sande und Kiese

Die Sand-Kies-Gewinnung erfolgte an mehreren Stellen im Blattbereich und dient auch heute nur der lokalen Versorgung. Einige Gruben haben als Aufschlüsse sehr große Bedeutung für die Quartärgeologie. Für die praktische Gewinnung fehlen große Kiesmoränen sowie ausgedehnte spät- bzw. postglaziale Flußkiesvorkommen. Die spätglazialen Vorkommen nordöstlich Sindelsdorf überragen nur wenig die Loisach-Niederung. Sie dienen außerdem der Wasserversorgung. Die frühwürmglazialen Kiesvorkommen sind wegen starker Moränenbedeckung jeweils nur am Rand der Geländeerücken abbauwürdig.

Das Vorkommen Johannisberg ist weitgehend erschöpft. Die großen und mächtigen Schwemmkegel am Fuß der Flyschberge enthalten sehr heterogenes Material hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung. Viel „weiche“ Flyschanteile beteiligen sich an der stofflichen Zusammensetzung.

8.1.7. Der Kohlenbergbau des Bergwerks Penzberg

Der Pechkohlebergbau in Oberbayern ist urkundlich seit Ende des 16. Jh. nachweisbar. Im Jahr 1763 wurde er vorübergehend am Buchberg aufgenommen, von 1796–1806 durch die „Oberländische Steinkohlengewerkschaft“ in Penzberg. Freiherr v. Eichthal eröffnete 1828 erneut eine Grube bei Penzberg, deren Kohle er zur Gasbeleuchtung in München verwenden wollte. Die Kohleanalysen müssen bereits damals darauf hingewiesen haben, daß die Gasausbeute der Pechkohle hoch ist. Der wirtschaftliche Durchbruch erfolgte 1850, als dem Freiherrn ein Privileg zum Kohlebergbau für das Penzberger Feld erteilt wurde, das 1869 von der Miesbacher Steinkohlengewerkschaft erworben wurde. Aus der Vereinigung ging 1870 die „Oberbayerische AG für Kohlenbergbau“ mit dem Sitz in Miesbach, später in München, hervor. Seit den 20er Jahren war sie eine Tochtergesellschaft der Bergwerksgesellschaft Hibernia AG in Herne. Seit dem letzten Weltkrieg war die „Oberbayerische“ zu ca. 88% im Besitz der Bundesrepublik Deutschland. Das Bergwerk Penzberg wurde am 30.9.1966 eingestellt. Es hat insgesamt über 25 Mio t verwertbare Kohle gefördert, davon ca. 10 Mio aus der (südlichen) Penzberger- und ca. 15 Mio aus der (nördlichen) Nonnenwald-Mulde.

Die Flöze wurden zunächst in der Penzberger Mulde abgebaut, bis Anfang des 20. Jh. die Kohlenvorräte hier zur Neige gingen. Alle hier abgebauten Flöze, Nr. 3, 12, 16 und 20, gehören zur Penzberger-Liegend-Flözgruppe. Die

älteren Flöze, die in Marienstein und in Miesbach in Abbau standen, erwiesen sich hier als nicht bauwürdig. Flöz 16 war in Penzberg das Hauptflöz für den Abbau. Es keilt wie Flöz 20 in der Nonnenwald-Mulde aus. Andere Flöze, z. B. Nr. 17, standen nur vorübergehend in Abbau.

Die Untersuchung der nördlich der Penzberger Mulde gelegenen kleinen Langsee-Mulde und der großen Nonnenwald-Mulde begann um 1880. Die Förderverbindung vom Nordflügel der Nonnenwald-Mulde zum Südflügel der Penzberger Mulde mit dem hier gelegenen alten Hauptschacht wurde 1899 durch einen Querschlag auf der 1. (200 m)-Sohle hergestellt. Der Nonnenwaldschacht wurde 1914–1918 im Südflügel der Nonnenwald-Mulde abgeteuft, deren Flöze seit 1934 ausschließlich abgebaut wurden. Die Hauptfördersohle war bis 1956 die 4. (500 m)-Sohle, danach die 5. (650 m)-Sohle. Die Flöze Nr. 3, 12, 22, 23 und 24 der Liegend-Flözgruppe sowie Nr. 26 der Schwaiger Schichten erwiesen sich hier als bauwürdig; örtlich bauwürdig waren die Flöze Nr. 25, 28 und 29 der Schwaiger Schichten. Als tragende Flöze galten Flöz 3, das auch in der Penzberger Mulde gut entwickelt war, ferner Flöz 12. Letzteres war in beiden Muldenflügeln gut entwickelt und auch im vollmechanischen Abbau gewinnbar, so daß es zuletzt das tragende Flöz des Bergwerks gewesen ist. Die Bauwürdigkeit der einzelnen Flöze erreichte in E-W-Richtung, also im Streichen, eine Breite von insgesamt etwa 5–6 km.

Eine durchschnittliche Gesamt-Kohlenmächtigkeit von 60–70 cm, wie z. B. von Flöz 22, galt im Penzberger Revier als gut bauwürdig, wurde aber nicht oft angetroffen. Die Bergemittel, meist Stinkstein und Mergel, waren z. B. im Flöz 22 insgesamt etwa ebenso mächtig wie die Kohle. Einige Flöze erwiesen sich immerhin abschnittsweise als bergemittelarm. Die Flöze der Nonnenwald-Mulde enthielten insgesamt neben der Kohle mehr Bergemittel und waren auch stärker örtlich vertaubt als die der Penzberger Mulde.

Die starke Überlagerung und die mit der Absenkung gekoppelte Erhöhung der geothermischen Temperatur bewirkte, daß die Glanzbraunkohle der bayerischen Molasse im Vergleich zu anderen tertiären stärker inkohlt ist. Die glänzende, splittrige und harte Kohle wird in Oberbayern als Pechkohle bezeichnet.

Die Flöze sind meist nicht gleichbleibend ausgebildet. Die mittleren Rohstoff-Werte streuen entsprechend stark:

Asche (i. wf.)	7–12%
Gesamtschwefel (lfr.)	3–7% (davon $\frac{2}{3}$ organisch gebunden)
Heizwert/Hu (lfr.)	4900–5500 KCal/kg.

In der Mikrostruktur der Kohle fehlt der Durit. Der Fusitgehalt ist sehr niedrig. Clarit (Lagen aus Holz- und Blattresten, deren Zellgefüge kaum erkennbar ist) bildet den Hauptbestandteil der Kohle.

Die Entstehung der oberbayerischen Kohlevorkommen wird in ihrem Umfang erst verständlich, wenn zugleich der Zusammenhang mit allen anderen Ablagerungen der Brackwasser Molasse gesehen wird. Die große Anzahl der Flöze weist zunächst darauf hin, daß die Vorgänge, die zu ihrer Bildung geführt haben, sich oft wiederholten. Mit Hilfe der Tier- und Pflanzenreste in den vorkommenden Gesteinen stellt sich heraus, daß die ökologischen Verhältnisse der jeweiligen Biotope sich ständig und regelmäßig änderten. Es fand eine ständige Wechselfolge statt, vereinfacht ausgedrückt, zwischen Land-, Süßwasser- und Meeres- bzw. Brackwasserablagerungen. Die Kohlevorkommen entstanden während des Wechsels genau dort und in der Zeit, wo ihr Standort zwar noch völlig im landgebundenen Süßwasserbereich lag, jedoch schon Meereseinbrüchen ausgesetzt und ihnen letztlich ausgeliefert war. Als unmittelbare Begleitschichten bzw. als Einlagerungen in der Kohle sind daher nur Seeablagerungen mit Süßwasserschnecken bzw. -muscheln zu finden. Nur im gesamten, mehrere Meter umfassenden Flözbereich können Zwischenschichten mit Brackwasser-, ganz selten mit Meerwasserfossilien vorkommen. Sie belegen vorübergehende Meereseinbrüche am Standort.

Den ursprünglichen Standort hat man sich als subtropisches Bruchwaldmoor vorzustellen. Laubwälder waren hier verbreitet, die auf mächtigen, tiefgründigen Mooren wuchsen. Diese setzten sich überwiegend aus Gewebsresten höherer Pflanzen zusammen (vgl. oben Clarit als Hauptbestandteil). Die einsetzende Absenkung (vgl. oben die Sedimentfolge) in den Grundwasserbereich verhinderte ihre Zersetzung, die an sich unter dem herrschenden, das Pflanzenwachstum fördernden Klima, stärker erfolgte. Vorwiegend aus diesem Grund sind die Ablagerungen des Landes flözleer bzw. auch arm an pflanzlichen Resten. Die Verhältnisse weisen manche Parallelen zur Entstehung unserer Steinkohlenflöze auf. Die Rekonstruktion des ehemaligen Pflanzen- bzw. Waldbestandes wird durch spätere Veränderungen erschwert. Andere tertiäre Braunkohlevorkommen und auch die oberbayerischen quartären Schieferkohlen (s. S. 147) sind nach der Moor- bzw. Torfbildung unter der Auflast ihrer Überlagerung nur stark zusammengepreßt worden. Ihre Bestandteile lassen sich trotzdem noch qualitativ und quantitativ bestimmen. Anders und weitaus schwieriger ist dies bei der Pechkohle. Sie ist, wie oben ausgeführt, zusätzlich primär (Umlagerung, subaquatische Rutschung) und vor allem sekundär (Internektontik) strukturell verändert worden, wobei auch ihr Mikrogefüge stark in Mitleidenschaft gezogen wurde.

9. Die Böden

(HERMANN JERZ*)

9.1. Allgemeiner Überblick

9.1.1. Landschaft und Boden

Im Blattgebiet von Penzberg haben sich unter dem Einfluß kühlfeuchten Klimas aus den verschiedensten Ablagerungen vielfältige Böden entwickelt. Sie werden teils landwirtschaftlich (Grünland), teils forstwirtschaftlich genutzt. Von einer Nutzung ausgenommen sind Teilbereiche der großen Moorgebiete (v. a. Hochmoore). Die meisten Bodenformen sind entsprechend der Verbreitung ihres Ausgangsmaterials aus kretazischen, tertiären und quartären Festgesteinen und Lockersedimenten an die einzelnen Landschaftsräume gebunden.

- a) Im Südosten des Blattgebietes im Bereich der waldreichen Flyschberge und der nördlich sich anschließenden schmalen Helvetikum-Zone sind es überwiegend Braunerden und mineralische Naßböden.
- b) In der Subalpinen Molasse (Faltenmolasse) mit W-O-streichenden, häufig bewaldeten Bergrücken ist die Bodenentwicklung vielfach von der Reliefposition abhängig. Es überwiegen Braunerden verschiedener Entwicklungstiefen.
- c) Auch im Jungmoränengebiet des Alpenvorlandes mit überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen werden die Bodenbildungen stark von den örtlichen morphologischen Verhältnissen beeinflusst. Die auftretenden Bodenformen sind hier besonders mannigfaltig und häufig engräumig miteinander vergesellschaftet. Es bestehen Übergänge von Parabraunerden über Gleye bis zu Moorböden.
- d) In den großen Moorgebieten beiderseits der Loisach treten Böden aus Niedermoor-, Übergangsmoor- und Hochmoortorf auf. Sie werden teilweise als Streuwiesen, kultivierte Flächen auch als Grünland genutzt. In Moorrandbezirken treten stellenweise Pelosole aus Seetonablagerungen auf.
- e) Im Loisach-Tal gehören die Auenböden aus sandigen und schluffigen Flußablagerungen zu den jüngsten Bodenbildungen im Blattgebiet. Sie werden in wechselnden Zeitabständen noch vom Hochwasser überflutet.

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geologe Dr. HERMANN JERZ, Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, D-8000 München 40.

9.1.2. Klima und Boden

Das Gebiet des Blattes Penzberg liegt mit seinem überwiegenden Flächenanteil im Klimabezirk „Oberbayerisches Vorland“ und reicht mit den Flyschbergen im SE noch in den Klimabezirk „Oberbayerische Voralpen“. Kennzeichnend sind feucht-kühle Klimaverhältnisse mit häufigen ergiebigen Niederschlägen und mit einem relativ niedrigen Jahresmittel der Lufttemperatur.

Die nachstehenden Angaben über das Klima sind dem Klimaatlas von Bayern (1952) entnommen.

Jahresmittel der Lufttemperatur (1881-1930):

- | | |
|----------------------------------|--------|
| a) im Alpenvorland | 7-8 °C |
| b) in den Voralpen (Flyschberge) | 6-7 °C |

Jahresschwankung der Lufttemperatur (nach Monatsmittelwerten 1881-1930)

- | | |
|--------------------|--------------|
| a) im Alpenvorland | 17,5-18,0 °C |
| b) in den Voralpen | 16,5-17,5 °C |

Mittlere Jährliche Niederschlagsmenge (1891-1930):

- | | |
|---|--------------|
| a) im Nordwesten des Blattgebietes (Eurach) | 1100-1200 mm |
| b) im Loisachtal und in den Loisachmooren | 1200-1400 mm |
| c) im Gebiet Benediktbeuern, Bichl, Bad Tölz | 1400-1600 mm |
| d) im Bereich der Flyschberge (Zwiesel, Blomberg) | 1600-2000 mm |

Mittlere Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode (Mai-Juli):

- | | |
|--------------------|------------|
| a) im Alpenvorland | 450-550 mm |
| b) in den Voralpen | 550-650 mm |

Zahl der Tage mit mind. 1 mm Niederschlag (1891-1930): 130 (-150)-160 Tage

Zahl der Frosttage (Minimumtemperatur unter 0 °C):

- | | |
|--------------------|-------------------|
| a) im Alpenvorland | 120-140 Tage |
| b) in den Voralpen | bis über 150 Tage |

Zahl der Eistage (Maximumtemperatur unter 0 °C):

- | | |
|--------------------|------------------|
| a) im Alpenvorland | 30-40 Tage |
| b) in den Voralpen | bis über 50 Tage |

Die hohen Niederschläge sind in starkem Maße auf die Stauwirkung der Alpen zurückzuführen. Kühle Staulagen mit ergiebigen Schauerniederschlägen und Dauerregen treten besonders häufig in den Sommermonaten auf. Dabei werden nicht selten Tagesniederschlagsmengen von über 30 mm erreicht. Im Alpenvorland fallen etwa 15-20%, in den Voralpen etwa 25-30% der jährlichen Niederschläge als Schnee.

Diese Klimaverhältnisse bewirken eine starke physikalische und chemische Verwitterung. In dem vorwiegend karbonatischen Ausgangsmaterial werden die Karbonate durch das kohlenensäure- und huminsäurehaltige Bodenwasser gelöst und weggeführt, Tonsubstanz wird freigesetzt und angereichert. Die hohen Niederschläge fördern die Basenauswaschung in den oberen Bodenhorizonten. Neben der Entkalkung kommt es in den meisten Böden zu einer Tondurchschlammung und vereinzelt zu einer Podsolierung.

Neben den klimatischen Verhältnissen sind für die lokale Bodenentwicklung vor allem das Ausgangsmaterial (s. Abschn. 9.2.), das Relief, die Exposition, die Pflanzendecke und die Nutzungsweise durch den Menschen von großer Bedeutung.

9.1.3. Alter der Böden

Die auf Blatt Penzberg verbreiteten Böden sind vorwiegend nach der letzten Eiszeit entstanden. Böden aus älteren erdgeschichtlichen Zeitabschnitten sind im Alpenvorland bei den einzelnen Gletschervorstößen bis auf wenige Reste erodiert worden. Nur in einem Teil der Flysch-Voralpen, die im Jungpleistozän eisfrei waren, sind noch Reliktböden erhalten, die jedoch meist sofluidal verlagert sind.

Für die Bildung der meisten heutigen Böden im Blattgebiet stand ein zwischen dem Zerfall des würmeiszeitlichen Gletschereises und der Gegenwart liegender Zeitraum zur Verfügung (max. 17 000 Jahre). Die Maximalformen der Bodenentwicklung aus Flysch- und Molassegesteinen sowie aus pleistozänen Ablagerungen sind je nach dem geologischen Substrat Braunerden und Parabraunerden meist großer Entwicklungstiefe. Weniger stark entwickelt sind die Böden in Hanglagen mit Bodenerosion und aus postglazialen Ablagerungen in den Flußauen der Loisach. Auch die Pelosole aus den spätglazialen Staubeckensedimenten konnten sich erst in postglazialer Zeit (max. 10 000 Jahre) bilden, nachdem an mehreren Stellen die von Torfschichten überdeckten Seetone von der Loisach und ihren Zuflüssen freigelegt worden sind.

Nach den geologischen Kartiereinheiten geordnet, werden im folgenden die wichtigsten Bodentypen und Bodenarten auf Blatt Penzberg beschrieben. Nicht berücksichtigt sind in diesem Beitrag die Einheiten mit einer geringen flächenmäßigen Ausdehnung.

9.2. Die Böden der Kartiereinheiten

9.2.1. Flysch

Die bewaldeten Flyschberge im Südosten des Blattgebietes mit ihren stark zu Schlipfen und Rutschungen neigenden Hängen bestehen aus einer Wechselfolge von Kalksandsteinen, Sandkalken, Kalken, Mergelkalken, Mergeln

und Schiefertonen. Kennzeichnend ist eine oft tiefgründige Verwitterung, so daß die Flyschgesteine vielfach unter einer geschlossenen Decke aus lehmigem Verwitterungsschutt verborgen sind. In Hochlagen über 1040 m ü. NN, die während der letzten Vergletscherung eisfrei waren, finden sich stellenweise noch Reste von älteren pleistozänen Verwitterungsdecken. In Hanglagen sind die Verwitterungsbildungen geringer mächtig und durch die Solifluktion und Bodenabspülung örtlich bis auf den angewitterten Untergrund abgetragen.

Die Wechsellagerung von harten Gesteinsbänken mit Mergeln und Schiefertonen hat eine stellenweise rasche Änderung der Wasserverhältnisse zur Folge. Die in den Schuttbildungen häufigen Quellaustritte führen zu Hangvernässungen und begünstigen oder verursachen die hier besonders zahlreichen Hangrutschungen.

Die Tristel-Schichten und der „Flysch-Gault“ (Quarzit-Serie) mit Schiefertonen, Tonmergeln, Kalken und quarzitischen Gesteinen (Quarz-Grauwacken) sind tiefgründig verwittert und meist von Solifluktions- und Hangschutt überdeckt. Die häufigsten Böden aus diesen Schichten und aus deren Schuttmaterial sind Braunerden mit mehr oder minder starker Pseudovergleyung, ferner Hanggleye in Bereichen mit Quellaustritten und starkem Hangwasserzuzug von Oberhängen.

In Hanglagen mit zu Rutschungen neigender Verwitterungsdecke findet sich häufig folgendes Bodenprofil:

Profil 1: R 59 090; H 84 830

Benedikbeuern E; westl. P. 1011,1 m („Beim guten Wasser“); Hanglage, 20–25° N; ca. 1020 m ü. NN; Wald (Fichte, Tanne, einzelne Buchen), Farnе, Huflattich, Pfeifengras

Braunerde, schwach pseudovergleyt, aus Flysch-Hangschuttmaterial (v. a. Tristel-Schichten und Quarzit-Serie)

L	1 – 2 cm	Laub- und Nadelstreu
Of	1 cm	Streuzersatz
Oh	1 cm	schwarzer Feinhumus
Ah	0 – 2 cm	dunkelbraungrauer, humoser, schwach steiniger, toniger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch
Bv	2 – 10 cm	gelblichbrauner, schwach rost- und graufleckiger, schwach steiniger, toniger Lehm; Gefüge subpolyedrisch, locker
BvCv	10 – 30 cm	bräunlichgrauer, schwach rost- und graufleckiger, mäßig karbonathaltiger, steiniger toniger Lehm; Gefüge subpolyedrisch, locker
Cv1	30 – 50 cm	grauner, schwach rostfleckiger, stark karbonathaltiger, steiniger, toniger Lehm; Gefüge grobsubpolyedrisch
Cv2	50 – 70 cm	blaugrauer, stark karbonathaltiger, (stark) steiniger, schluffiger, schwach toniger Lehm; reichlich Sandkalke und Quarzite

Analysen s. Beil. 4.

Größere Rutschungen im Flysch wurden z. B. in der Umgebung des Waxen-Eck (östlich Benediktbeuern) in steilstehenden Tristel-Schichten und in den grauschwarzen Schiefertönen der Quarzit-Serie beobachtet. Hangrutschungen von Hektargröße sind in jüngster Vergangenheit beiderseits des Lainbach-Tales (Blatt Kochel a. See) erfolgt. Eine Stabilisierung und Wiederbewaldung des Rutschgeländes ist ein großes forst- und wasserwirtschaftliches Problem (vgl. KARL & DANZ 1969).

Der Reiselsberger Sandstein (Hauptflysch-Sandstein) unterscheidet sich deutlich von den übrigen Flyschgesteinen. Die glimmer- und quarzreichen, z. T. konglomeratischen Sandsteine verwittern tiefgründig zu Braunerden, die podsoliert sein können.

Aus den Piesenkopf-Schichten, bestehend aus Sand- und Mergelkalken, Kalk- und Tonmergeln, gingen Braunerden mit unterschiedlicher Pseudovergleyung hervor (vgl. Profil 2).

Profil 2: R 61 040; H 88 200

Stallauer Eck S (südl. Jagd-Hütte); Hanglage, 5–7° N; 1180 m ü. NN; Wald (Fichte, einzelne Tannen)

Pseudogley-Braunerde aus Mergelkalken der Piesenkopf-Schichten (Flysch)

L	2 cm	Nadelstreu
Of	1 cm	Streuzersatz
Oh	3 cm	schwarzer Feinhumus (Humusform: mullartiger Moder)
Ah	0 – 6 cm	bräunlichdunkelgrauer, stark humoser, sehr schwach steiniger, stark schluffiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch
AlBv	6 – 20 cm	graugelber, schwach humoser, sehr schwach steiniger, schluffig-toniger Lehm; Gefüge subpolyedrisch
BvSd	20 – 50 cm	braungelber, schwach rost- und graufleckiger, schwach steiniger, schwach schluffiger Ton; Gefüge grobsubpolyedrisch
SBC	50 – 70 cm +	gelbgrau und grau marmorierter, sehr schwach rost- und graufleckiger, steiniger, schwach schluffiger Ton; kleine Fe-Mn-Konkretionen

Analysen s. Beil. 4.

Die Zementmergel-Serie unterscheidet sich von den Piesenkopf-Schichten durch einen rhythmischen Wechsel von quarz- und karbonatreichen Feinschichten (vgl. HESSE 1966: 66). Der Wechsel von kieseligen Siltkalken und Mergelkalken ist auch am Bodenprofil noch deutlich zu erkennen (s. Profil 3). Bei den daraus hervorgegangenen Böden handelt es sich vornehmlich um Braunerden, an von Hangwasser beeinflussten Hängen auch um Pseudogleye und Gleye.

Bei den Braunerden aus Zementmergeln und den übrigen Flyschgesteinen bestehen wesentliche Beziehungen zwischen Geländeexposition und Humusform. Während an den nach Süden und Südosten orientierten Hängen ein relativ rascher Abbau der Humussubstanzen erfolgt (vgl. Profil 3 am Zwiesel-Südhang), kommt es an den klimatisch ungünstigeren Nord- und Nordwesthängen zur Ausbildung von organischen Auflagehorizonten.

Profil 3: R 61 850; H 87 360

Zwiesel-Berg E; Hanglage, 10–15° S; 1280 m ü. NN; Weide (in Almnähe)

Braunerde geringer bis mittlerer Entwicklungstiefe aus einer Wechselfolge von Mergelkalken, kieseligen Kalken und Kalkmergeln der Zementmergel-Serie (Flysch)

Bodenschätzung: IS III d 3–5 Hu

Ah	0 – 10 cm	dunkelbraungrauer, humoser, schluffiger-toniger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch bis krümelig
Bv	10 – 20 cm	bräunlichgraugelber, schwach schluffiger Ton (aus Mergelkalken); Gefüge subpolyedrisch
IIBv	20 – 32 cm	gelbbrauner, steiniger, schwach toniger Lehm (aus kieseligen Siltkalken); Gefüge subpolyedrisch
IIICv	32 – 45 cm	gelblichgrauer, mäßig karbonathaltiger, schwach schluffiger Ton (aus Kalkmergel)
IIICn	45 – 60 cm	hellgraue Kalkmergel und Mergelkalke

Analysen s. Beil. 4.

Die Bodenbildungen aus den Kalksandsteinen und Sandkalken der Hällritzer Serie sind wie bei den meisten oben beschriebenen Flyschgesteinen vorwiegend Braunerden mit geringer Tondurchschlammung. Naßböden treten vor allem in Verebnungen und an Unterhängen mit starkem Hangwasserzufluß auf.

9.2.2. Helvetikum

Die nördlich an die Flysch-Zone sich anschließende Helvetikum-Zone hat im Blattgebiet nur eine geringe Flächenverbreitung. Die rasch wechselnde Gesteinsfolge ist zudem noch häufig von Solifluktions- und Hangschutt überdeckt, so daß die helvetischen Schichten als Bodenausgangsgesteine nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Bei den aus den verschiedenen Schichtserien mit Schiefertönen, Mergeln, Sandsteinen und Kalken hervorgegangenen Böden handelt es sich vorwiegend um Braunerden und Kalkstein-Braunlehme. An Steilhängen und auf felsbildenden Gesteinen (Eozän-Kalke) finden sich Rendzinen bzw. initiale Bodenbildungen.

Aus dem Stallauer Grünsandstein (Glaukonitsandstein) haben sich beispielsweise bevorzugt podsoliierte Braunerden entwickelt (Stallauer Berg, Geist-Bühel nördlich Bichl) und aus den Mergeln der Pattenauer Schichten Braunerden mit Pseudovergleyung.

9.2.3. Molasse

Die Subalpine Molasse (Faltenmolasse) ist auf Blatt Penzberg mit mehreren Schichtserien vertreten. Sie umfassen vor allem Sandsteine, Mergel und Tonmergel. Als Bodenbildner treten vor allem die Sandsteine der morphologisch hervortretenden Molasserippen in Erscheinung. Die weichen Mergelschichten sind vielfach noch von einem Grundmoränenschleier überzogen oder bilden die Unterlage von anmoorigem und moorigem Gelände.

Die Tonmergel-Schichten sind im allgemeinen tiefgründig verwittert. Die Bodenbildungen reichen von Braunerden mit Tondurchschlammung (v. a. unter Wald) über Pseudogleye (meist unter Grünland) zu Gley- und Anmoorgleyböden, wie z. B. westlich von Johannisrain. Die Bodenart variiert von feinsandigem bis tonigem Schluff.

Die Baustein-Schichten, bestehend aus Sandsteinen und sandigen Mergeln, verwittern zu Braunerden meist mittlerer bis großer Entwicklungstiefe (Bodenart: schluffig-lehmiger Sand). Flachgündige Braunerden sind im wesentlichen auf die Erosionslagen der Molasseriegel beschränkt.

Die Böden aus Cyrenen-Schichten, mit Sandsteinen, Sand- und Tonmergeln, sind je nach der Beschaffenheit des Substrates und der Position im Gelände Braunerden mit meist nur geringer Tondurchschlammung, Pseudogleye und Gleye. Die Bodenart schwankt zwischen lehmigem Sand und schluffig-tonigem Lehm.

Profil 4: R 53 390; H 98 280

Johannisrain WNW; Kuppe eines Molasserückens; ca 635 m ü. NN; Wald (100 Fi, 50–60 jährig), Vogelbeere, Holunder, Dornfarn, Sauerklee, Hainsimse

Braunerde mittlerer Entwicklungstiefe aus Sandsteinen der Unteren Cyrenenschichten (Chatt; Faltenmolasse)

L	2 – 3 cm	Nadelstreu
Of	2 cm	Streuzersatz
Oh	1 cm	schwarzer Feinhumus (Humusform: mullartiger Moder)
Ah	0 – 5 cm	dunkelgraubrauner, stark humoser, schwach steiniger, schwach schluffiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch
AhBv	5 – 15 cm	graubrauner, mäßig humoser, schwach grobsteiniger, sandiger, schwach schluffiger Lehm; feinsubpolyedrisch

Bv1	15 – 23 cm	graubraungelber, schwach grobsteiniger, sandiger, schluffiger Lehm; feinsubpolyedrisch
Bv2	23 – 42 cm	gelbbrauner, schwach grobsteiniger, sandiger Lehm; feinsubpolyedrisch
Cn	42 – 45 cm +	graugelber bis gelbgrauer Molassesandstein mit kalkigem Bindemittel

Analysen s. Beil. 4.

Die Mergel der Bunten Molasse sind nur selten frei von einer Überdeckung aus Grundmoräne oder sandigen Deckschichten. Das nachstehend beschriebene Profil 5 aus bunten Mergeln trägt eine geringmächtige (? äolische) Deckschicht, die sich durch ihre leichtere Bodenart deutlich von den tieferen Bodenschichten unterscheidet.

Profil 5: R 53 150; H 89 560

Penzberg S; sanfte Kuppen einer Molasserippe; 610 m ü. NN; Wald (100 Fi, 60–80jährig), Heidelbeere Brombeere, Dornfarn

Braunerde mit schwacher Tondurchschlammung und großer Entwicklungstiefe aus Mergeln der Unteren Bunten Molasse (Aquitain; Faltenmolasse) mit lehmiger Deckschicht (2,5 dm)

L	2 – 3 cm	Nadelstreu
Of	2cm	Streuzersatz
Oh	3 cm	schwarzer Feinhumus (Humusform: mullartiger Moder)
Ah	0 – 10 cm	dunkelgraubrauner, stark humoser, schluffiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch
(Al)Bv	10 – 25 cm	braungelber, schluffiger Lehm (Deckschicht); feinsubpolyedrisch
(Bt)Bv	25 – 55 cm	rötlichgelbbrauner, schwach schluffiger Ton; subpolyedrisch
Bv	55 – 75 cm	rötlichbraun und graubraun marmorierter, schwach schluffiger Ton; subpolyedrisch
Cv	75 – 85 cm	rötlichgrau und gelbgrau marmorierter, karbonatreicher, stark schluffiger Ton; subpolyedrisch bis ungliedert
Cn	85 – 95 cm +	rötlichviolett und grau marmorierter, karbonatreicher, stark toniger Schluff (bunte Molassemergel)

Analysen s. Beil. 4.

Eine von den übrigen Molassegesteinen abweichende Ausbildung besitzen die Glassande. Die nicht zementierten, quarzreichen Sande sind durch das Fehlen von Karbonat, geringen Feldspatgehalt, Grobkörnigkeit und schlechte Sortierung gekennzeichnet (FÜCHTBAUER 1964: 170). Sofern die Glassande nicht von Grundmoräne überdeckt sind, handelt es sich bei den daraus hervorgegangenen Bodenbildungen um Podsole mit Rohhumusauf-lagen.

Profil 6: R 55 370; H 95 320

Quarzbichl; W; Sandgrube; ca. 597 m ü. NN; Mischwald (Fichte, Birke, Eiche), Heidelbeere, Heidekraut, Bürsten- und Etagenmoos

Braunerde, Podsol aus Glassanden der Faltenmolasse (Chatt)

L	1 cm	Laub- und Nadelstreu
Of	2 cm	Streuzersatz
Oh	8 cm	Rohhumusartiger Moder
Ahe	0 – 6 cm	violettgrauer, mäßig humoser, schluffiger Sand (Grob- bis Feinsand); Einzelkorngefüge
Bhs	6 – 10 cm	graudunkelbrauner, mäßig humoser, schwach lehmiger Sand; Einzelkorngefüge
Bs	10 – 18 cm	ockerbrauner, schwach lehmiger Sand; Einzelkorngefüge
BsBv	18 – 30 cm	hellbraungelber, schluffiger Sand; Einzelkorngefüge
Cv	50 – 80 cm	grauweißer und gelbgrau gebänderter, schluffiger Sand (Grob- bis Feinsand)

Analysen s. Beil. 4.

Die Promberger Schichten mit Tonmergeln und Kalksandsteinen sind im Blattgebiet meist von einem Grundmoränenschleier überzogen und reichen nur an wenigen Stellen bis an die Oberfläche. Aus überwiegend sandigem Substrat sind Braunerden, aus Tonmergeln vielfach auch Pseudogleye entstanden.

In Profil 7 ist ein Zweischichtprofil, beschrieben mit verwitterter Grundmoräne als Staunässeleiter und tonigen Promberger Schichten als gering wasser-durchlässiger Sohlschicht.

Profil 7: R 54 020; H 94 730

Promberg SW; flach hügeliges Gelände; 630 m ü. NN; Wiese

Primärer Pseudogley aus Promberger Schichten der Faltenmolasse (Chatt-Aquitain) mit geringmächtiger Moränenüberdeckung (2,5 dm)

Bodenschätzung: L II b 52/48

Ah	0 – 12 cm	dunkelbraungrauer, sehr stark humoser, sehr schwach steiniger, schluffiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch
Sw	12 – 25 cm	gelblichgrauer, grau fleckiger und schwach rost fleckiger, sehr schwach steiniger, schluffiger Lehm (verwitterte Würmgrundmoräne); Gefüge feinsubpolyedrisch; Humusverfüllungen auf Wurzelbahnen und Wurmröhren; zahlreiche kleine Fe-Mn-Konkretionen an der Basis
II Sd1	25 – 45 cm	gelbbrauner, rost- und grau fleckiger, toniger Lehm; Gefüge subpolyedrisch bis dicht; einzelne kleine Fe-Mn-Konkretionen

IISd2	45 – 65 cm	graubraungelber, rost- und graufleckiger, toniger Lehm; Gefüge subpolyedrisch
HCv	65 – 100 cm	gelbgrauer, schwach rostfleckiger, toniger Lehm (entkalkte Tonmergel)
IICn	100 – 105 cm +	graue, stark kalkhaltige Mergel der Promberger Schichten

Analysen s. Beil. 4.

9.2.4. Würmmoränen und -schotter

Unter den pleistozänen Ablagerungen im Blattgebiet haben vor allem die Moränen der letzten Eiszeit eine große Bedeutung als Bodenausgangsmaterial. Sie besitzen eine große Flächenverbreitung und werden vorwiegend als Grünland oder auch forstwirtschaftlich genutzt. Die älteren quartären Bildungen, die nur in Einzelvorkommen erhalten sind, spielen als Bodenbildner praktisch keine Rolle. Die Böden der Würmmoränen sind sehr vielfältig entwickelt. Neben der bodenartigen Zusammensetzung der Gletscherablagerungen haben insbesondere das Geländere Relief und die hydrologischen Verhältnisse einen großen Einfluß auf die oft engräumig wechselnden Bodenformen.

Die Beschreibung der Moränenböden bleibt auf das wesentlichste und auf einige Besonderheiten beschränkt. Weitere Einzelheiten über ihre Ausbildung und Vergesellschaftung sowie Analysendaten von typischen Bodenprofilen sind in den Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1:25 000 Blatt 8134 Königsdorf veröffentlicht (JERZ 1968).

Auf den kiesig-schluffigen Rückzugsmoränen des Isarvorlandgletschers ist die Normalform der nachwürmeiszeitlichen Bodenentwicklung eine Parabraunerde großer Entwicklungstiefe (6–7 dm). Sie ist durch einen i. allg. 2–3 dm mächtigen A₁-(Eluvial-) Horizont und einen 4 dm mächtigen, mit Tonsubstanz angereicherten B₁-(Illuvial-) Horizont charakterisiert. Die Tonanreicherung im Unterboden geht auf Durchschlammungsvorgänge in den oberen Bodenhorizonten zurück. Die Bodenart des aus dem karbonatreichen Substrat der Moränen hervorgegangenen, nunmehr entkalkten Verwitterungsbodens ist ein sandiger bis schluffiger, schwach toniger bis toniger Lehm.

Auf Kuppen und in Hanglagen der Moränenwälle finden sich vielfach stark erodierte Parabraunerden, bei landwirtschaftlicher Nutzung stellenweise auch Rendzinen. In Talungen, Mulden und an Unterhängen sind hingegen Braunerden aus akkumuliertem, z. T. noch humosem Bodenmaterial verbreitet.

Im Gegensatz zu den Bodenbildungen auf wasserdurchlässigen Rückzugsmoränen sind auf schluffreicher Grundmoräne häufig mehr oder minder staunasse Böden ausgebildet. Die Spanne reicht von der pseudovergleyten

Parabraunerde großer Entwicklungstiefe (6–8 dm) bis zum sekundären Pseudogley. In Senken und Mulden mit hochanstehendem und zeitweise überstauenden Grundwasser finden sich Gleyböden mit meist sehr humusreichen A-Horizonten (Humusreicher Gley, Anmoorgley).

Eine Besonderheit bildet die tiefhumose Braunerde auf einer von Oberbuchen bis etwa 1 km nördlich Unterbuchen sich erstreckenden, fast ebenen und nur von einzelnen Toteisformen unterbrochenen Fläche. Diese Bodenform unterscheidet sich von den übrigen Moränenböden durch einen mächtigen, stark humosen Oberboden (4,5–> 6 dm) und durch einen wenig differenzierten Unterboden (vgl. Profil 8).

Profil 8: R 61 900; H 93 980

Unterbuchen N; fast ebenes Gelände; 635 m ü. NN; Wiese (früher Acker)

Tiefhumose Braunerde sehr großer Entwicklungstiefe, aus Würmmoräne

Bodenschätzung: L I b 2 62/57

Ah1	0 – 15 cm	dunkelgraubrauner, sehr stark humoser, schwach kiesiger, sandiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch, bis krümelig
Ah2	15 – 25 cm	dunkelgraubrauner, sehr stark humoser, schwach kiesiger, sandiger Lehm; Gefüge feinsubpolyedrisch locker
Ah3	25 – 45 cm	schwarzgraubrauner, stark humoser, kiesiger, sandiger Lehm; feinsubpolyedrisch, locker
Bv1	45 – 65 cm	graubrauner, kiesiger, sandiger Lehm; subpolyedrisch
Bv2	65 – 90 cm	gelbgraubrauner, kiesiger, stark lehmiger Sand; subpolyedrisch
Bv3	90 – 120 cm	graugelbbrauner, stark kiesiger, stark lehmiger Sand; subpolyedrisch bis Einzelkorngefüge
Cn	120 – 130 cm+	hellgrauer, stark sandiger Kies (Moräne)

Analysen s. Beil. 4.

Zur Entstehung des tieferreichend humosen Bodenprofils können vorläufig keine genauen Angaben gemacht werden. Möglicherweise ist seine vom Normalprofil abweichende Ausbildung auf einen verzögerten Humusabbau im feuchten und kühlen Klima des Alpenvorlandes zurückzuführen (vgl. GROTTENTHALER 1985: 156); dieser Deutung käme auch die grundwassernahe Lage des Profils im Rottach-Zungenbecken, einem Kaltluftsammlerbecken, entgegen.

Von einem zweiten, benachbarten Profil wurden 1972 dankenswerterweise von Herrn Prof. Dr. H. W. SCHARPENSEEL, Hamburg, Altersbestimmungen nach der ¹⁴C-Methode an 4 Proben aus dem mächtigen humosen Oberboden durchgeführt:

Ah1	20–30 cm	1090 ± 70 Jahre vor heute
Ah2	30–40 cm	1630 ± 70 Jahre vor heute
Ah3	40–50 cm	2350 ± 80 Jahre vor heute
Ah4	50–60 cm	3800 ± 80 Jahre vor heute.

Würmeiszeitliche Schotter haben nur östlich Sindelsdorf (beim Wasserwerk Penzberg) eine flächenhafte Ausdehnung. Die maximale Bodenbildung aus dem vorwiegend karbonatischen, sandigen Kies ist eine Parabraunerde meist mittlerer Entwicklungstiefe (5–6 dm). Vielfach reichen mit entkalktem, lehmigem Verwitterungsmaterial verfüllte Zapfen und Taschen noch einige Dezimeter tiefer in den Untergrund.

Eine große Seltenheit für Würmvereisungsgebiete stellt ein unter Würm-Grundmoräne erhaltener fossiler Bodenrest dar, wie er in der Kiesgrube südlich des Huber Sees, westlich Penzberg, aufgeschlossen war (s. Profil 9). Es wird angenommen, daß es sich hierbei um Reste eines Riß/Würm-Interglazialbodens handelt mit rötlichbraunem, tonigem B-Horizontmaterial einer Parabraunerde und mit vom Gletschereis eingearbeiteten, meist karbonatischen Geröllen und Geschieben. Das Liegende bilden Schotter unbestimmten Alters (? Riß).

Der im Aufschluß bis 7 dm mächtige fossile Boden wird nach oben von der Grundmoräne scharf abgeschnitten. Nach unten greift er häufig taschenförmig in die unterlagernden Schotter. Daneben treten auch fahnenartig verzogene Bodenreste in den Kalkschottern auf. Stellenweise fehlt der fossile Boden ganz, so daß die Grundmoräne direkt den älteren Schotterablagerungen aufliegt.

Profil 9: R 51 240; H 91 650

Kiesgrube Hub westlich Penzberg; südl. Aufschlußwand; ca. 625 m ü. NN
Fossiler Bodenrest einer Parabraunerde (Riß/Würm-Interglazial) aus Schotterablagerungen (? Riß)

Ah,Al u. Bt		Künstlich abgeschobene Bodenhorizonte einer Parabraunerde aus Würmgrundmoräne
Cv	0 – 70 cm	gelbgrauer, karbonatreicher, stark kiesiger Sand bis stark sandiger Kies mit wechselndem Schluffgehalt (Würmgrundmoräne)
HfCvBv	70 – 130 cm	rötlichbrauner und gelbgrauer, karbonatreicher, stark kiesiger, lehmiger, z. T. schwach toniger Sand; fossiler Bodenrest mit glazial eingearbeiteten, vorwiegend karbonatischen Geröllen
HfCv	130 – 200 cm +	hellgrauer, stark sandiger Kies; vermutlich rißbeiszeitlicher Schotter

Analysen s. Beil. 4.

9.2.5. See-, Fluß- und Bachablagerungen

Im Loisach-Tal und beiderseits des Hasel-Baches (nördlich Hofgut Nantebuch) sind an mehreren, durch Fluß- und Bacherosion freigelegten Stellen Seeablagerungen des spätwürmglazialen Wolfratshauer Sees aufge-

geschlossen. Aus den karbonatreichen, schluffigen und tonigen Seeabsätzen (vgl. JERZ 1969: 61 ff.) haben sich vorwiegend verbraunte Pelosole und Pelosol-Gleye entwickelt. Die hauptsächliche Bodenart besteht aus einem schluffigen Ton. In Flußnähe weisen die Böden aus Seeton noch eine sandig-schluffige Deckschicht auf (meist 1–1,5 dm).

Der für die Tonböden charakteristische Aufweichungshorizont (P-Horizont, 5–7 dm) ist von hoher Plastizität, besitzt ein ausgeprägtes Polyedergefüge und hat außerdem die Eigenschaft, bei Wasseraufnahme zu quellen und bei Austrocknung zu schrumpfen (vgl. DIEZ 1963). Bodenprofile aus spätglazialen Seetonen im Wolfratshauser Becken sind in den Erläuterungen zur Bodenkarte von Königsdorf (JERZ 1968) ausführlich beschrieben.

Zu den jüngsten Bodenbildungen im Blattgebiet gehören die Auenböden aus jungholozänen Flußablagerungen im Loisach- und Heubach-Tal. Sie werden periodisch oder in größeren Zeitabständen noch vom Hochwasser überflutet. Durch Erosion oder durch die Auflandung von frischem Sedimentmaterial wird die Bodenentwicklung wiederholt unterbrochen. In den Loisachauen und im Überflutungsbereich des Heubaches sind aus dem karbonatreichen, sandigen Auflandungsmaterial Graue Auenrendzinen und bei einer Beteiligung von Bodensediment Braune Kalkauenböden entstanden (vgl. JERZ 1968: 30). In Altwasserrinnen mit langfristig hochstehendem Fluß- bzw. Grundwasser finden sich Auengleye und Auennaßgleye.

Im Gebiet Benediktbeuern und Bichl haben die aus den Flyschbergen nach W und NW gegen das Loisach-Tal ziehenden Bäche große Bachschwemmkegel aufgebaut. Die im Spät- und Postglazial aufgeschütteten Schwemmfächer sind von oft breiten Erosionsrinnen durchzogen. Im Bereich des Steinbach- und Lainbach-Schwemmkegels finden sich entsprechend dem verschiedenen Alter der vorwiegend aus Flyschmaterial bestehenden Aufschüttung alle Übergangsstadien vom Rohboden über Mullrendzinen bis zu Braunerden mit Tondurchschlammung und mittlerer bis großer Entwicklungstiefe.

9.2.6. Moore

Ein großer Flächenanteil des Blattes Penzberg entfällt auf die Mooregebiete (vgl. Abschn. Die Moorkommen). Sie entstanden überwiegend mit dem Verlanden größerer und kleinerer Seen, die sich nach dem Eisrückzug in Gletscherbecken und in kleineren Gletscherwannen bildeten.

Nach den verschiedenen Moortypen treten Moorböden aus Niedermoor-, Übergangsmoor- und Hochmoortorf auf. Gebietsweise tritt in Moorbödenbezirken, wo den Torfschichten sandig- und schluffig-lehmiges Kolluvium beigemischt ist, als Sonderform ein erdiger Niedermoorboden auf.

Zahlreiche größere Moorflächen sind heute entwässert und kultiviert, wie z. B. die Loisachmoore westlich Benediktbeuern und Bichl und Teile der Kö-

nigsdorfer Filze (vgl. Profil 10). In jüngster Vergangenheit sind aber auch ehemals landwirtschaftlich genutzte Flächen aufgeforstet worden.

Profil 10: R 85 930; H 95 100

Höfner Filz, Schönrain NW; 597 m ü. NN; Wiese

Übergangsmoor, kultiviert

Bodenschätzung: Mo II c 3 23/21

uH	0 – 25 cm	braunschwarzer, stark zersetzter Übergangsmoortorf
uII/nH	25 – 50 cm	schwarzbrauner, mäßig zersetzter Übergangsmoor- bis Niedermoortorf
nH1	50 – 75 cm	schwarzbrauner, schwach zersetzter Niedermoortorf; reichlich Holz- und Schilffreste
nH2	75 – 90 cm +	brauner, sehr schwach zersetzter Niedermoortorf

In einem Düngungsversuch im Waldbesitz der Oberbayerischen Kohlenbergbau-AG wurde durch die ehemalige Forstverwaltung der Bergwerksdirektion die Düngerwirkung von Kalk, Kali und Phosphorsäure auf den Höhenwuchs von Fichten untersucht (ATTENBERGER 1956). Die Versuchsflächen wurden 1943 und 1944 in der Abt. I 3 „Daserwald“ angelegt (ca. 600 m ü. NN). Die Vorbestockung war ein Spirken- und Latschenhochmoor. Die in den Jahren 1951 und 1954 vorgenommenen Messungen haben ergeben, daß auf *Sphagnum*-Hochmoor der Phosphorsäure-Mangel ein entscheidendes Wuchshindernis für die Fichte darstellt. Die Düngung mit Kalk allein blieb wirkungslos. Auch die Zufuhr von Kali brachte bei weitem nicht den Erfolg wie eine einfache Thomasphosphat-Düngung. Jedoch konnte die gute Düngerwirkung des Phosphates durch die Zugabe von Kalk noch gesteigert werden.

Literatur

- ATTENBERGER, J. (1956): Düngerwirkung an Fichten auf Hochmoor. – Die Phosphorsäure, **16**: 44–55, Essen.
- DIEZ, Th. (1963): Profilmorphologische Merkmale der Pelosole in Nordbayern und ihre Kartierung. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., **1**: 85–92, Göttingen.
- FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – Ecol. Geol. Helv., **57**: 157–298, Basel.
- GROTTENTHALER, W. (1985): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8036 Otterfing und zum Blatt Nr. 8136 Holzkirchen. – 189 S., 2 Ktn., München (Bayer. Geol. Landesamt).
- HESSE, R. (1966): siehe STEPHAN, W. & HESSE, R.
- JERZ, H. (1968): Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8134 Königsdorf. – München (Bayer. Geol. Landesamt).
- (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8134 Königsdorf. – München (Bayer. Geol. Landesamt).

- KARL, J. & DANZ, W. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. Mit einem geologischen Beitrag von J. MANGELSDORF. – Schriftenr. Bayer. Landesst. Gewässerkd., 1, 98 S., München.
- KLIMAATLAS VON BAYERN. (1952): Herausgegeben vom Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes. – Bad Kissingen (jetzt Offenbach/Main).
- MÜCKENHAUSEN, E. (1962): Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. – Frankfurt a. Main.
- STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – München (Bayer. Geol. Landesamt).

10. Geotechnische Hinweise

(ANDREAS VON POSCHINGER*)

10.1. Ingenieurgeologische Übersicht

Aus ingenieurgeologischer Sicht läßt sich das Blattgebiet, in vier Zonen aufteilen:

- a) Der alpine Bereich:
Die ausgeprägte Rutschanfälligkeit der Schuttdecken im Flysch und Helvetikum (s. Kap. 4.2.) sowie der lockeren glazialen Sedimente im Steinbachtal gebietet bei Bauvorhaben eine besondere Vorsicht. Auf den Schwemmfächern sowie im direkten Hangfußbereich ist verbreitet mit der Gefahr von schadenbringenden Ablagerungen als Folge von Massenbewegungen zu rechnen.
- b) Der Bereich der Molasserippen: Die hier oberflächlich vorwiegend anstehenden Konglomerate bilden i. a. einen gut tragfähigen Baugrund. Die häufigen Mergeleinschaltungen (s. Beil. 5) können allerdings wegen ihrer Wasser-, Frost-, Setzungs- und Rutschanfälligkeit ein Baugrundrisiko darstellen.
- c) Im Moränengebiet liegen generell sehr wechselhafte Eigenschaften vor. Einerseits sind die Moränen selbst sehr inhomogen aufgebaut, so daß es bei Gründungsmaßnahmen zu Setzungsunterschieden kommen kann. Andererseits finden sich häufig kleinräumige Einschaltungen und Überlagerungen durch Settone oder fluvioglaziale Sande. Auch Torf ist als Überdeckung häufig.
- d) Die Verlandungszone der ehemaligen Seen ist i. d. R. als nur gering tragfähiger Untergrund zu bezeichnen. Die Schwemmfächer ergeben wechselhafte Gründungsverhältnisse.

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geologe Dr. ANDREAS VON POSCHINGER, Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, D-8000 München 40.

Während die alten Ortschaften i. a. auf im Vergleich zur Umgebung gut tragfähigem Baugrund errichtet wurden, muß der Untergrund der jungen Siedlung Penzberg als gründungstechnisch ausgesprochen ungünstig bezeichnet werden. Für Bauvorhaben auf den weit verbreiteten mächtigen Seetonen sind hier in der Regel Sondermaßnahmen erforderlich (s. Beil. 5).

10.2. Bebauung im Bereich des ehemaligen Penzberger Pechkohleabbaus

Für Baumaßnahmen im Abbaubereich der alten Bergwerke sind grundsätzlich Stellungnahmen des Bayerischen Oberbergamtes einzuholen. Dort kann Auskunft darüber gegeben werden, ob mit etwaigen Bergsenkungen infolge des Bergbaues zu rechnen ist.

Unverbindliche Auskunft kann auch die Nachfolgesellschaft der Berggesellschaft erteilen (VEBA AG, Gladbeck). Da am Oberbergamt allerdings nur Angaben über „offizielle“ Bergbautätigkeiten vorliegen, kann das Vorhandensein wilder Pingen, Schächte und Stollen nicht völlig ausgeschlossen werden.

10.3. Großprojekte

Im Bereich des Kartenblattes wurden v. a. für ein technisches Großprojekt, die Fernwasserleitung von Oberau nach München, umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt. Dabei konnten durch zahlreiche Aufschlußbohrungen in Verbindung mit Spezialuntersuchungen teilweise sehr detaillierte Kenntnisse über die Untergrundverhältnisse gewonnen werden (s. Kap. 12.2. Bohrprofile).

Unterlagen über die Planung und den Bau der Fernwasserleitung können – zumindest von öffentlichen Stellen – bei den Stadtwerken München, Hauptabteilung Wasserversorgung, eingesehen werden.

Auch für den Bau der Autobahn Garmisch–München wurden im Auftrag des Autobahnamtes München Bohrungen abgeteuft.

Daten von Bohrungen, die in Verbindung mit weiteren Bauvorhaben erstellt wurden, können teilweise im Bohrarchiv des GLA eingesehen werden.

10.4. Geologisch bedingte Risiken für Bauwerke und Bauvorhaben

In der Beil. 5 ist eine geotechnische Kurzcharakteristik aller im Blattgebiet vorkommenden Einheiten in Bezug auf mögliche Baugrundrisiken wiedergegeben. Die Anlage kann neben die bestehende Legende der GK 25 angelegt werden und ermöglicht somit einen raschen Vergleich der geologischen mit der allgemeinen geotechnischen Situation.

Die Verwendung bedarf allerdings großer Umsicht, da in der Geologischen Karte i. a. nur die oberste Schicht dargestellt ist. Risiken gehen oft auf eine tiefer liegende Schicht (z. B. Seeton) zurück, die wegen der Darstellung der Überlagerung (z. B. Kies) nicht aus der GK 25 abgelesen werden kann. Im steileren Gelände sind Nachbrüche aus Einheiten zu erwarten, für die kein Risiko ausgewiesen wurde, falls eine Unterlagerung durch rutsch- oder setzungsempfindliche Einheiten besteht.

Spezielle Baugrunduntersuchungen sind deshalb in jedem Fall empfehlenswert, die Beil. 5 vermag nur eine Übersicht und Grobcharakteristik zu vermitteln. Die Angaben beziehen sich jeweils ausschließlich auf bergfrisches, anstehendes Material.

11. Vorschläge für Lehrausflüge

(W. STEPHAN)

Auf Blatt Penzberg liegen mehrere geologisch bedeutende Lokalitäten. Beschreibung und graphische Darstellung in diesen Erläuterungen dienen auch als Unterlage für Studienbegehungen, die teilweise einen größeren Zeitaufwand erfordern. Aufschluß- und Geländeverhältnisse bieten nur wenige bequeme Exkursionsrouten mit umfassenden Profilen. Die vorzüglichen Verkehrsverhältnisse hingegen erleichtern die Anfahrten.

Flysch und Helvetikum

Der Nordteil mit den beiden typischen Flyschbergen ist für allgemeine Exkursionen wenig geeignet. Flyschspezialisten finden allerdings im Stallauer Bach ein fast vollständiges Standardprofil der Oberkreide (Beil. 1) mit einer weitgehend lückenlos aufgeschlossenen Folge von Piesenkopf-Schichten bis Bleicherhorn-Serie. Benachbarte Helvetikum-Vorkommen können dem Exkursionsprogramm leicht eingefügt werden.

Oberkreideflysch und Helvetikum am Flysch-Nordrand

Unter-Enzenau (Enzenauer Steinbruch) – Ober-Enzenau/Bad Heilbrunn (Schellenbach) – Hinterstallau (Stallauer Bach). Höhenunterschiede: 150 m (Schellenbach, Forststraße – mit Genehmigung des Bayer. Oberforstamtes Bad Tölz, Außenstelle Benediktbeuern befahrbar) und 300 m (Stallauer Bach). Festes, griffiges Schuhwerk erforderlich. Der Stallauer Bach ist nicht leicht zugänglich, besonders wegen drei bis vier Steilstufen, die von dicken, den Bach querenden Gesteinsbänken gebildet werden. Sie sind besonders bei feuchtem Wetter schwer zu überwinden. Die Exkursion sollte daher nur bei trockenem Wetter in kleinem Kreise geländeerfahrener Teilnehmer durchgeführt werden!

Beginn im Enzenauer Steinbruch: Großforaminiferen im Assilinen-Sandstein und Enzenauer Marmor. Interessante Klufftektonik (s. Abb. 40). Ca. 30 Min. weiter im Schellenbach bis zu der großflächig aufgeschlossenen Wand von Enzenauer Marmor auf 805 m ü. NN. Vorher am Wege mehrfach Stallauer Grünsandstein in Sattelstellung sowie jüngere, mergelig entwickelte Schichten der Sattelflanken und Zwischenmulden. Am Oberende des Profils im Bachbett Schichtenfolge von helvetischer Oberkreide bis Alteriär. Der Enzenauer Marmor am Profilschluß zeigte früher eindrucksvoll herausgewitterte Makrofossilien, besonders große Seeigel (*Conoclypeus conoideus*). Unmittelbar südlich davon isoliertes Flyschvorkommen mit Mürbsandstein der Bleicherhorn-Serie.

Für die Tour in den Stallauer Bach sollten mindestens 4 Stunden angesetzt werden. Im Bach auf etwa 860 m ü. NN helvetische Oberkreide. Westlich vorbei an der Brücke bei 870 m Aufstieg im Bach bzw. auf Pfad westlich vom Bach. Beginn des durchgehenden Flyschprofils (Beil. 1) auf ca. 920–925 m ü. NN. Man beachte in der Zementmergel-Serie die Unterschiede zwischen den verschiedenen feinkörnigen Gesteinstypen: die turbiditischen grauen Mergel („Zementmergel“) sind karbonatreich im Vergleich zu den pelagischen grünen karbonatfreien Tonsteinen. Die turbiditischen Mergel weisen am Top noch Wühlspuren auf, die mit grünem Ton gefüllt sind. Primäre Sedimentstrukturen in den Kalksand- und Siltsteinen, Zurücktreten der „Zementmergel“ in der Hällritzer Serie. Abwechslungsreiche Lithologie der Bleicherhorn-Serie. Resedimentäre Konglomerate, amalgamierte Bänke. Ausstieg aus dem Bach bei P. 1034 und Abstieg auf dem Fußweg östlich vom Bach. Bei 915 m Weg-Gabelung, weiter auf dem westlichem Ast bis zur Brücke 870 m. Nach Querung der Brücke Rückweg wie Anmarschweg.

Stratigraphie und Tektonik des Flysches im Steinbach-Tal

Nicht als Gruppenexkursion (für mehr als 5 Teilnehmer) geeignet; nur für Spezialisten zu empfehlen.

Bichl – Hofstätt (Ludelmühle). Von hier ca. 4 km bis in den südlichen Quellbach des Steinbaches (Murner-Bach) auf 970 m ü. NN; 300 m Höhenunterschied.

Westlich der Bichler Hütte nur Oberkreide (Zementmergel-Serie und Hällritzer Serie), z. T. tektonisch äußerst stark beansprucht. Eindurecksvolle Bilder von Zerrüttungs- und Verfaltungszonen zu beiden Seiten der Bachsohle. Der Steinbach quert die tektonischen Strukturen diagonal und nähert sich nach E zu der mittleren Sattelzone. Die kleinen Gräben und Zuläufe aus S bringen daher, je weiter man im Steinbach nach E aufsteigt, umso eher Unterkreide. Die Aufschlüsse dieser Seitengräben sind aber von wenigen Ausnahmen abgesehen nicht lohnend.

Bei der Bichler Hütte Tristel-Schichten und Gault, ebenfalls stark gestört. Etwas höher bei 840 m ü. NN Untere Bunte Mergel und Reiselsberger Sandstein. Ein guter Aufschluß von Reiselsberger Sandstein findet sich auch im Bachbett bei 870 m. Man gehe anschließend etwas zurück, um wieder auf den Weg nördlich vom Bach zu gelangen, der zur Gabelung Wischets-Graben/Murner-Bach führt. Im Murner-Bach auf 910 m ü. NN Obere Bunte Mergel, ebenso im Wischets-Graben (einzige Vorkommen der näheren Umgebung, mit Ausnahme eines Aufschlusses im Bereich des Arzberger Steinbaches). Ferner Piesenkopf-Schichten (s. Abb. 8), Reiselsberger Sandstein, Untere Bunte Mergel, Gault und Tristel-Schichten. Wiederholung dieser Schichtenfolge bis in die Oberkreide (Zementmergel-Serie) auf dem Südflügel des Tristel-Schichten-Sattels; schwer zugänglich. Zurück auf dem gleichen Weg.

Faltenmolasse

Der Buchberg-Höhenrücken eignet sich in seiner gesamten Erstreckung vom östlichen zum westlichen Blattrand als Höhenwanderweg mit guten Ausblicken auf das eiszeitliche Stammbecken mitsamt seiner Umrahmung. Kleine, aber gut erhaltene Steinbrüche nach Angabe der Geologischen Karte zeigen vor allem Sandsteine und Konglomerate der „Baustein-Schichten“. Die Tonmergel-Schichten stehen, eben noch erkennbar, in den Gräben des Südhangs an, die Untere Bunte Molasse am besten im Auslauf des Kraftwerks Schönmühl.

Östlich der Loisach stehen fossilführende Tonmergel-Schichten im Prallhang des Unterlaufs vom Schellen-Bach, nordöstlich Langau, an.

Tonmergel Schichten/Marine Baustein-Schichten/Untere Brackwasser Molasse

Profile der älteren Molasse können auf einer Exkursion zum Buchberg-Höhenrücken und zum Durchbruch-Tal des Stallauer Bachs im Osten des Blattes vorgeführt werden.

Start und Ziel in Ramsau. Von hier auf der Straße nach S. Vor Erreichen der ersten Brücke (Bachhöhe 653 m ü. NN) bereits der erste Aufschluß, der wie die folgenden in der Umgebung auf S. 129 beschrieben wurde. Vom Graben über den Talhang aufwärts und auf dem Kammweg nach Wörnern. Dahinter, ca. 100 m nach einem Marterl, in Richtung SE auf einem kleinen Fahr- bzw. Fußweg (auf der Karte gestrichelt eingetragen) zum Stallauer Weiher. Längs des Weges verschiedentlich gut aufgeschlossen „Baustein-Schichten“. Weiter auf der Nordseite des Stallauer Weihers bis zum Einstieg in den Buchberg-Graben, unmittelbar jenseits der Blattgrenze. Das Standard-Profil ist das einzige, das in diesem Bereich der Faltenmolasse von den Tonmergel-Schichten über die Marinen Baustein-Schichten zu der Unteren Brackwasser Molasse stets aufgeschlossen ist. Zu beachten ist allerdings hier die besondere Entwicklung der flözführenden Brackwasser Molasse, die in ihrer sandigen

Fazies nicht für die Gesamtausbildung typisch ist. Die Schichtenfolge ist auch hier eingehend beschrieben (S. 131) und auf Beil. 3 dargestellt. Einige Bänke bilden steile Stufen im Bachbett! Nach dem Ausstieg vom Buchberg (auf dem Nachbarblatt Bad Tölz) auf dem Kamm über Wörnern zurück nach Ramsau. Ein Abstieg bietet sich auch in den Gräben mit anstehender Molasse am Nordhang des Rückens an, wo zuletzt auch die Untere Bunte Molasse zu sehen ist. westlich Ramsau kann gegebenenfalls am Bachrand die Untere Bunte Molasse auch hier gezeigt werden. Der Bach verläuft allerdings im Streichen, so daß die niedrigen Aufschlüsse nicht ergiebig sind.

Glassande–Promberger Schichten–Nantesbuch Sandstein

Start und Ziel in Promberg. Die Straße nach S quert die ehemalige Ziegeleigrube in Promberger Schichten, die hier dürftig aufgeschlossen sind. In Oberhof auf der Straße nach W abbiegen und nach 800 m den Parallelweg über Zist nach Nantesbuch einschlagen. An den Wegrändern verschiedentlich die Sandsteine an der Obergrenze der Promberger Schichten. Diese Sandsteine stehen gleichfalls im S der Kirche in Nantesbuch an, ebenso im Zachenrieder Rücken, der sich bis zur Straße an der Loisach erstreckt. Von hier bzw. von Zachenried ca. 200 m nordwärts. Fossilführende Promberger Schichten sind hier längs des Baches und seines nördlichen Zuflusses am besten aufgeschlossen, auch an der Mündung am Loisachknie. Von hier über Schwaig oder auf einem der abkürzenden Pfade direkt zu den Aufschlüssen Quarzbühl mit fossilführendem Unteren Nonnenwald Sand („Unterer Glassand“). Zurück nach Schwaig. Im Kamm des Rückens sind zuweilen Schichten des „Oberen Sandes“ aufgeschlossen. Hinweis: Flözführende Schichten der Brackwasser Molasse sind mit Sicherheit am ehesten in den Gräben bei Brandl und Pödling, östlich der B 11, auch fossilführend, anzutreffen. Jenseits des westlichen Blattrandes stehen Marine Baustein-Schichten und fossil- sowie flözführende Untere Brackwasser Molasse auf der Westseite des Autobahneinschnitts nördlich Sindelsdorf in einem Bereich an, der für eine projektierte Abzweigung nach Westen vorgesehen war und bereits ausgehoben wurde.

Pleistozän

Die stratigraphisch bedeutenden und bearbeiteten Aufschlüsse sind nicht mehr zugänglich. Sie lagen soweit es sich nicht um Bohrungen handelte, in Kiesgruben, die aufgelassen und meist als „Wunden in der Natur“ bestens begrünt, jedoch nicht als Lehrobjekt erhalten wurden. Lohnende Einzelziele für eine Quartär-Exkursion stellen verschiedene Bildungen der ausgehenden Würm-Vereisung am Ostrand des Beckens besonders aus morphologischer Sicht dar.

Modellartig ausgebildete Moränenstapeln, schmale Rücken und Rinnen, sind im unteren Hang der Flyschberge östlich von Benediktbeuren ausgebil-

det. Oser und Kames (S. 156) begleiten den weiteren Verlauf des Gletscherandes nach NE zu. Bei Unter-Enzenau und besonders bei Ramsau sind vielleicht auch zukünftig noch gute Aufschlüsse vorhanden. In der weiteren Verlängerung nach NE schließt dann ein Schotterfeld mit zahlreichen Toteisformen an, das bei Oberbuchen unvermittelt beginnt (S. 158).

Spätglaziale Moränen und Schotterfelder, ebenfalls modellartig ausgebildet und grundsätzlich schon von TROLL (1925) bearbeitet, greifen von W her teilweise auf das Blattgebiet über. Weitere morphologische Bildungen wurden von hier beschrieben (S. 161). Ein Lehrausflug sollte aber vom Nachbarblatt ausgehen, auf dem das Spätglazial geschlossener und ausgedehnter verbreitet ist. Bis zur Aufnahme und Ausgabe der Geologischen Karte Blatt Ifeldorf muß die erwähnte klassische Arbeit TROLLS hinzugezogen werden.

12. Schichtenverzeichnisse

12.1. Aufschlußprofile

Buchberg-Graben

Gradabteilungsblatt: Nr. 8235 Bad Tölz

Lageplan im M 1:2 500 auf Beilage 3.

Es wurde die Schichtenfolge unterhalb der mittleren hohen Sandsteinwand des Grabens geodätisch eingemessen. Profil im M 1:245 auf Beilage 3.

Abkürzungen: MP = Meßpunkt, jeweils an der Schichtunterkante

Wahre Mächtigkeit

Hangendes: Sandstein (hohe Wand). Vgl. Profil bei SICHERMANN (1965) etwa ab 80 m und Profil von SCHMIDT-THOMÉ (in GANSS-SCHMIDT-THOMÉ 1955) etwa 9,5 m oberhalb der untersten Konglomeratlage.

0,08 m hellgrauer Mergel mit harten Stellen, makrofossilführend. Probe 22 Mikrofossilien häufig. Streichen 92°, Einfallen 56° N

0,20 m grauer Mürbsandstein, im oberen Teil kohlig und eine mm-starke Pechkohlenlage

0,35 m hellgrauer kalkiger Sandstein, feinkörnig

0,80 m Sandsteinbänke, derb

0,33 m hellgrauer kalkiger Sandstein, feinkörnig

0,08 m grauer Kalkmergelsandstein, feinkörnig, harte Bank. MP 1. Steichen 93°, Einfallen 53° N

0,01 m Pechkohle

0,22 m grauer Mergel. Probe 15: Chara-Früchte

0,13 m hellgrauer kalkiger Sandstein, feinkörnig, nach oben gröber werdend

- 0,30 m graue, teils mergelige Sandsteine, feingeschichtet, im obersten Teil 0,06 m hellgrauer feinsandiger Mergel
- 0,07 m grauer Sandstein, harte Bank, glimmerreiche Flächen. MP 2
- 0,10 m Sandsteine und Letten, gelblich verwittert
- 0,23 m hellgrauer Kalksandstein, massig, sehr feinkörnig, sehr hell verwittert
- 0,15 m bräunliche Sandmergel, makrofossilführend. ? limnischer Horizont
- 0,45 m graue Mergel, im oberen Teil großwüchsige Exemplare von *Pitaria (Cordiopsis) polytropa* ANDERSON. Probe 16: Ostrakoden öfters
- 0,36 m graue Mergel und graue Sandsteine in Wechsellagerung. Im mittleren Teil und oben makrofossilreiche Lagen, u. a. mit *Pitaria (Cordiopsis) polytropa* ANDERSON. Probe 16a: Makrofauna
- 0,38 m graue Mergel und Sandsteine in Wechsellagerung. Im mittleren Teil eine 5 cm starke Sandsteinbank
- 0,55 m Sandsteinbänke, im mittleren Teil weichere Lagen, z. T. grobkörnig
- 0,03 m stark sandiger Mergel
- 0,10 m blaugrauer sandiger Mergel, makrofossilreich. Probe 17: wenig Mikrofossilien, schlecht erhalten, Ostrakoden öfters
- 0,13 m blaugrauer homogener Mergel
- 0,01 m Sandsteinbank
- 0,82 m blaugrauer Mergel mit dünnen Sandzwischenlagen, im oberen Teil einzelne große Exemplare von *Pitaria (Cordiopsis) polytropa* ANDERSON. Probe 17b: Makrofauna
- 0,44 m graue Mergel mit Makrofossilagen bei 2, 21, 30 und 37 cm über der Basis. Obere 3 cm gelblich verfärbt. Probe 18: Chara-Früchte, Ostrakoden
- 0,17 m blaugrauer Sandstein, braunverwittert, klüftige Bank, oben hart, mit dünnen Kohleschmitzen
- 0,35 m hellgrauer Mergel, feingeschichtet. 8 cm über der Basis Fossilage mit *Polytropa convexa* (BRONGNIART)
- 0,16 m Sandstein, braun verwittert
- 0,03 m dunkelgrauer Mürbsandstein mit Kohleschmitzen. MP 4
- 0,75 m Sandstein, sehr grobkörnig-feinkonglomeratisch. Harte klüftige Bänke, sehr auffallend inmitten der Mergel. MP 5
- 0,80 m grüngraue recht tonige Mergel. 20 cm über der Basis eine Makrofossilage. Probe 19: Chara-Früchte, Ostrakoden, Molluskenschalen. MP 6
- 0,45 m Mürbsandstein, sehr grobkörnig
- 1,80 m Mürbsandstein, bräunlich verwittert
- 2,40 m nicht aufgeschlossen. Verstürzt
- 1,55 m graue-grüngraue Mergel, tonig, unten massig, oben feingeschichtet. Vom unteren Teil Probe 20: wenig Mikrofossilien
- 0,08 m blaugrauer Sandstein, harte Bank
- 0,85 m graue tonige Mergel. Aus dem mittleren Teil Probe 21: häufig Mikrofossilien
- 0,26 m Turritellenbank

- 0,26 m graue Tonmergel, stark sandig, makrofossilführend
- 0,86 m graue, schwach grünliche Tonmergel, obere 20 cm makrofossilführend
- 0,15 m grauer-schwach grünlichgrauer, feinstsandiger, kalkreicher Mergelstein, hart, fossilführend, vorherrschend *Corbula (Varicorbula) gibba* (OLIVI). Probe 2 mit Makrofauna
- 0,10 m Mergel. Probe 1: häufig Mikrofossilien, Ostrakoden. MP 15 gibt ungefähr die Untergrenze der geschichteten Mergelzwischenlagen der mittleren Wechsellagerung an. Die Grenze ist undeutlich
- 9,00 m graubraune Sandsteine, grobkörnig, massig
- 0,40 m grauer Sandstein, mürb, feingeschichtet und massig
- 0,30 m grauer Sandstein, mürb, sehr grobkörnig, feingeschichtet, mit pflanzenhäckselreichen Lagen, an der Oberkante 1–2 cm Mergel
- 0,15 m blaugrauer Mergel. Probe 14: wenig kleinwüchsige Mikrofossilien
- 0,20 m Sandsteinbank. MP 17
- 8,70 m dunkelgraue Sandsteine, dickbankig
- 1,40 m grobkörniger Sandstein mit einzelnen Quarzgeröllen bis 1 cm Ø
- 0,60 m Sandstein
- 0,05 m mm-starke Pechkohlenlage und linsige Kohleanreicherungen. MP 18
- 7,00 m grau-graublaue Sandsteine, massig, an der Basis mergelige Sandsteinlagen mit Kohle-Schmitzen und -Linsen. MP 19
- 15,00 m grau-graublaue Mürbsandsteine, kaum gebankt
- 1,18 m Sandsteine, feingeschichtet, grobbankig. MP 20. Streichen 84°, Einfallen 38° Nord
- 0,50 m Mergel. MP 21
- 0,22 m Sandsteinbank
- 0,37 m blaugrauer Mergel, stark sandig. Probe 13: einige Mikrofossilien, schlecht erhalten
- 1,00 m Sandsteinbänke, klüftig, im oberen Teil gut geschichtet, unten sehr hart. MP 22
- 0,15 m Mergel. Probe 12: fossilleer, Reste von organogenem Kalk
- 0,35 m Sandsteinbänke mit Mergelzwischenlagen
- 0,10 m Sandstein, braun verwittert
- 0,06 m Mergel
- 0,12 m Sandstein mit dünnen Mergelzwischenlagen
- 0,30 m Sandsteinbank, hart, klüftig. MP 23
- 0,10 m blaugrauer sandiger Mergel. Probe 11: fossilleer, Reste von organogenem Kalk
- 0,11 m Sandstein
- 0,06 m blaugrauer sandiger Mergel
- 0,18 m Sandsteinbank, stark klüftig
- 0,06 m blaugrauer Mergel, stark feinsandig
- 0,08 m blaugrauer Sandmergelstein mit mehreren, fast kohligem, pflanzenhäckselreichen Schichtenflächen

- 0,20 m blaugrauer Mergel, stark feinsandig, mit Schalenresten und pflanzenhäckselreichen Lagen
- 0,10 m blaugrauer Sandstein, feingeschichtet, hart, pflanzenhäcksel- und glimmerreiche Lagen
- 0,08 m blaugrauer Sandstein, feingeschichtet, hart, stark klüftig. MP 24
- 0,32 m blaugrauer Mergel, stark feinsandig. Probe 10: Mikrofossilien öfters, Sandschaler, Kohle-Reste. MP 25
- 0,40 m blaugrauer Sandstein, harte Bank, plattig, feinglimmeriger Schichtenbelag, pflanzenhäckselreich. MP 26
- 0,24 m blaugraue Tonmergel mit mariner Makrofauna. Probe 9: öfters Mikrofossilien, Sandschaler, Kohlereste
- 0,20 m Sandsteinbank
- 0,80 m mittelgraue Tonmergel, schwach feinsandig, mit mariner Makrofauna. Probe 8: häufig Mikrofossilien
- 0,20 m graue, stark sandige Tonmergel
- 0,20 m Turritellenbank. Blaugrauer, braun verwitterter, massiger harter Sandstein, sehr fossilreich: *Pitaria (Cordiopsis) polytropa* ANDERSON; *Cyprina islandica rotundata* AGASSIZ, *Turritella (Haustator) venus* D'ORBIGNY, *Abra bosqueti* (SEMPER), *Angulus (Peronidia) nysti* (DESHAYES), *Athleta ficulina* (LAMARCK), *Corbula (Varicorbula) gibba* (OLIVI), *Lutraria sanna* BASTEROT, *Aporrhais tridactylus* (A. BRAUN), *Thracia (Cyathodonta) speyeri* V. KOENEN. Probe 7
- 0,80 m mittelgrauer, stark sandiger Tonmergel, makrofossilreich, marin Probe 6: häufig Mikrofossilien
- 2,00 m mittelgraue stark sandige Tonmergel, gut geschichtet, makrofossilreich. Probe 5: selten Mikrofossilien, schlecht erhalten
- 1,80 m mittelgraue Tonmergel, schwach feinsandig. Probe 4: wenig Mikrofossilien, z. T. schlecht erhalten. MP 27
- ca. 12,00 m nicht aufgeschlossen. Vorwiegend wohl mergelig. MP 28, oberhalb ein Gatter
- 4,30 m mittelgraue Tonmergel, stark feinsandig. An der Basis evtl. stärkere Sandsteinbank. MP 29
- 1,50 m Tonmergel, oben mit zwei Sandsteinbänkchen
- 0,10 m blaugraue Sandsteinbank, braun verwittert, oben und unten feingeschichtet mit Pflanzenhäcksel. MP 30
- 1,10 m mittelgraue Tonmergel, sandig, braun verwittert
- 0,60 m mittelgraue Tonmergel mit Resten kleiner dünnchaliger, mariner Molusken. Probe 3: öfters Mikrofossilien. MP 31
- 1,30 m nicht aufgeschlossen
- 0,40 m mehrere Sandsteinbänke. MP 32
- 0,70 m nicht aufgeschlossen
- 0,30 m Sandsteinbänke. MP 33

Liegendes: Tonmergel, nicht aufgeschlossen

Schönmühl-Stollen bei Rain/Loisach (Ristbachregulierung)
Gradabteilungsblatt: Nr. 8234 Penzberg
Stollenende: R 44 55 87; H 52 89 69

Die Proben sind offensichtlich von beauftragten Personen während der Stollenarbeiten entnommen und später von P. SCHMIDT-THOMÉ durchgesehen worden. Das Verzeichnis wurde gelegentlich der Magazinierung der Proben am 6.5.1969 angelegt. Von den Proben wurden einige Schliffe angefertigt. Die Mikrofauna der Proben A 108/52 – A 113/52 wurde von H. C. G. KNIPSCHEER bestimmt. W. STEPHAN ergänzte Gesteinsbezeichnungen und Makrofossilbestimmungen.

Proben Nr. Stollen m

- | | | |
|------|---|--|
| (18) | ? | Einzelgeröll aus Mar. Baustein-Sch. (als I bezeichnet) |
| (17) | ? | grauer Kalkmergel, hart |
| (16) | ? | Kalkalpin- und Kristallin-Geröll |
| (15) | ? | Gerölle und rezente Flußmuschelschalen |
| (14) | ? | dunkelgraue, stark sandige Mergel, fossilreich (? anstehend) |

Von Hm 3 + 81,25 m an waren die Stollen-m-Bezeichnungen fortlaufend bei den Proben erhalten

- | | | |
|------|----------|---|
| (13) | -88,30 m | mittelgraue, schwach bräunliche, sandig gebänderte Mergel. Rupel-Mikrofossilien nicht selten; <i>Pyrulina</i> , <i>Ostracoda</i> (A 113/52) |
| (12) | -92,15 m | graue, mergelige Sandsteine, Wattschichtung, fossilführend, marin. Foraminiferen ganz vereinzelt (A 112/52) |
| (11) | | Kalkgeröll |
| (10) | -94,50 m | grauer Sandstein, hart, teils feingeschichtet, teils Wattschichtung |

Vom Hm 3

- | | | |
|-----|----------|--|
| (9) | -97,45 m | Dolomit- und Reiselsberger Sandstein-Geröll |
| (8) | -99,10 m | mittelgrauer, feinstkörniger Sandstein, sehr hart, plattig. Eine unbestimmbare Foraminifere (A 111/52) |

-Hm 4 und

- | | | |
|-----|---------|-------|
| (7) | -3,00 m | Beton |
|-----|---------|-------|

Von hier ab sind die Proben vermutlich dem Anstehenden entnommen worden.

- | | | |
|-----|---------|--|
| (6) | -6,20 m | mittelgrauer, schwach bräunlicher, mergeliger Sandstein, massig hart, fossilführend (Cardien). Foraminiferen ganz vereinzelt, <i>Virgulina</i> , Fischschuppen |
| (5) | -7,80 m | hellgrauer, teils bräunlicher Sandstein, mürb, verwittert |

- (4) -10,60 m mittelgrauer, stark mergeliger Sandstein, massig, fossilreich, marine Wattbildung. *Dentalium* u. a. (A 109/52), Mikrofossilien ziemlich häufig. Rupel (Tonmergel-Schichten)
- (3) -12,50 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein
- (2) -24,40 m mittelgrauer, mergeliger Sandstein, fest, fossilführend, Wattbildung. Ganz vereinzelt Mikrofossilien, *Cyclamina*, *Lenticulina ? pseudodecorata*, *Asterigerina planorbis*. Kohle-
teilchen (A 108/52)
- (1) -30,00 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein, hart
- (1) -37,70 m hellgrauer, fein-mittelkörniger Sandstein, hart und graues Konglomerat mit erbsengroßen Geröllen, u. a. aus dunklen Dolomiten (Etikett Schönmühl Nr. 2)
- (2) -38,30 m graue Konglomeratbank, wie zuvor
- (3) -43,30 m mittelgrauer Sandmergelstein, fest
- (4) -62,50 m grauer, mittel-grobkörniger Sandstein, fest, reich an dunklen Komponenten (Schliffetikett Nr. 77)
- (5) -66,50 m mittelgrauer, mergeliger, feinkörniger Sandstein, fest-hart
- (6) -68,10 m mittelgrauer, fein-mittelkörniger Sandstein, hart, plattig-bankig, glimmerreiche Schichtflächen z. T. dichtbesetzt mit Kohleflitter
- (7) -73,00 m grauer, mittelkörniger Sandstein, fest vgl. Probe 4
- (8) -77,00 m hellgrauer, feinsandiger-glimmeriger Mergel, fest
- (9) -80,00 m mittelgrauer, mittelkörniger Sandstein mit kleinen Kohlestücken
- (10) -80,45 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein, geschichtet mit mm-starken, kohleflitterreichen Lagen und einer 1–2 cm starken Kohleschieferlage; ferner mittelgraue Sandmergel, fest, fossilführend (Reste kleiner, dünnchaliger Formen)
- (11) -96,05 m mittelgrauer, mittelkörniger Sandstein, hart
- (12) -96,45 m graues Konglomerat (Gerölle erbsengroß) und mittelgrauer, feinkörniger, geröllführender Sandstein, massig, fossilreich, marin (*Cardien* u. a.)
- (13) -96,75 m mittelgrauer, feinsandiger Mergel, fest mit Fossilage aus *Polymesoda convexa* und einzelnen Fossilien (*Psammobia* sp.)

Vom Hm 5 + 0,85

- (14) - 3,35 m mittelgrauer, feinstsandiger Mergel mit schwachen, feinsandigen glimmerreichen Zwischenlagen
- (15) -10,75 m hellgrauer, feinstsandiger Mergel, fest
- (16) -10,93 m Pechkohle
- (17) -18,00 m mittelgraue, feinstsandige Mergel, fossilreich (*Tympanotonus*, *Psammobia* u. a.)
- (18) -25,00 m mittelgraue, feinstsandige Mergel
- (19) -25,20 m mittelgrauer Sandmergel, fest

- (20) –33,70 m hellgrauer Sandstein, dicht-feinkörnig, hart
- (21) –34,40 m mittel-hellgrauer Mergel, verruschet
- (22) –45,82 m hellgrauer, teils sandiger Kalkmergel, hart
- (23) –45,90 m dunkelgrauer Mergel, geschichtet, teils kohlig, mit glimmerreichen, sandigen mm-starken Zwischenlagen
- (24) –53,90 m hellgrauer, stark sandiger Kalkmergel, hart
- (25) –54,30 m Mergel und Kohle bzw. Kohleletten
- (26) –57,45 m hellgrauer Kalkmergelsandstein
- (27) –57,60 m Kohlemergel; feinkörnige Sandsteine, feingeschichtet mit kohlereichen Lagen; mittelgraue, grünliche Mergel, fossilführend, limnisch; Konglomerat (?)
- (28) –68,00 m hellgrauer Kalksandstein, hart
- (29) –70,85 m hellgrauer, schwachgrünlicher Sandmergelstein, fossilführend (Reste dünnchaliger Muscheln)
- (30) –76,30 m hellgrauer, mittelkörniger Sandstein, fest
- (31) –76,35 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein, hart mit Konglomeratlage und 1 cm-starker dunkelgrauer stark sandiger Schieferlage
- (32) –79,10 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein, hart
- (33) –79,25 m dunkelgraue, schwarze cm-starke Kohleschieferlage im Verband mit grobkörnigem Sandstein mit Fossilresten
- (34) –88,80 m hellgrauer Kalksandstein, hart
- (35) –89,80 m hellgrauer, schwach grünlichgrauer feinsandiger Kalkmergel
- (36) –96,70 m hellgrauer, z. T. feinsandiger Kalkmergel
- (37) –96,85 m grauer, kalkreicher Mergel, fest

(38) hm 6 +

- 1,45 m hellgrauer, feinsandiger Kalkmergel
- (39) –1,60 m mittel-dunkelgrauer, stark sandiger Mergel, fest fossilführend (? limnisch, Mollusken, Zahnreste)
- (40) –4,40 m hellgrauer, feinkörniger kalkreicher Sandstein, hart
- (41) –16,85 m hellgrauer, feinsandiger Kalkmergelstein, hart
- (42) –17,25 m mittelgrauer, feinsandiger Kalkmergelstein mit schlierigen Mergel eingelagerungen
- (43) –20,20 m mittelgrauer Mergelsandstein, hart, fossilreich, brackisch (*Tympanotonus*, ? *Pirenella*, *Polymesoda convexa*)
- (44) –22,40 m hell-mittelgraue Sandmergelsteine, fest
- (45) –25,60 m hellgraue, schwach gelbgrünliche, feinsandige, kalkreiche Mergel, fest
- (46) –27,22 m grüngraue, feinsandige kalkreiche Mergel, fest
- (47) –27,30 m mittel-dunkelgrauer, schwach braungrüner Mergel mit sandreicheren Zwischenlagen. Harnischflächen

- (48) -29,05 m hellgrünlichgrauer, feinsandiger, kalkreicher Mergel, fest plattig
- (49) -29,30 m hell-mittelgrauer Kalkmergel, fest mit schliefrig mergeligen Einlagerungen
- (50) -37,30 m hellgrauer, feinkörniger Sandstein, hart, mit glimmerreichen Lagen
- (51) -37,90 m mittel-dunkelgrauer, teils braungefleckter Mergel
- (52) -45,00 m hellgrauer, feinsandiger Kalkmergelstein, hart
- (53) -45,30 m hell- und mittelgrauer, gebänderter kalkreicher Mergelstein, fest
- (54) -52,50 m hellgrauer, feinsandiger Kalkmergelstein, hart
- (55) -52,56 m mittel-dunkelgrauer, feinsandiger Mergelstein, fest
- (56) -55,81 m hellgraue, feinkörnige, dichte Kalkmergelsandsteine, hart
- (57) -56,01 m hellgrünlichgraue und mittelgraue, feinsandige kalkreiche Mergelsteine, fest
- (58) -57,81 m hellgraue, teils schwach grünliche, feinsandige Kalkmergelsteine, hart
- (59) -58,06 m mittelgraue, feinsandige Mergelsteine, fest, mit dunkleren Zwischenlagen
- (60) -59,76 m hellgraue, schwachgrünlichgraue, stark feinsandige Kalkmergelsteine, fest
- (61) -60,06 m mittelgraue, stark feinsandige Mergelsteine fest
- (62) -61,36 m hellgraue, schwach grünliche, stark feinsandige, kalkreiche Mergelsteine, feingeschichtet, plattig
- (63) -61,46 m hellgraue, schwach feinsandige, kalkreiche Mergelsteine, fest, feingeschichtet, teils dunkelgebändert
- (64) -63,36 m hellgrauer, schwach grünlicher, sehr feinkörniger Kalkmergelsandstein, hart – stark sandiger Kalkmergelstein, hart
- (65) -64,41 m wie zuvor
- (66) -66,51 m hellgrauer, stark sandiger Kalkmergelstein wie zuvor und sandiger, kalkreicher Mergelstein, braun gefleckt
- (67) -66,57 m mittel-dunkelgrauer, feinsandiger Mergelstein, fest, schwach braungefleckt
- (68) -71,37 m hellgrauer, feinsandiger Kalkmergelstein, fest, braun gefleckt
- (69) -79,17 m hellgrauer, sehr feinkörniger Kalkmergelsandstein, hart
- (70) -81,62 m hellgrauer Kalkmergelsandstein, hart
- (71) -81,70 m Kohle und Kohleschiefer
- (72) - ? m hellgraue, schwach grünliche, kalkreiche Mergelsteine, fest

Autobahn-Einschnitt Sindelsdorf

Gradabteilungsblätter: Nr. 8233 Iffeldorf und Nr. 8234 Penzberg

Messungen vom Hangenden zum Liegenden. Beginn bei Autobahn-km 48,611

Wahre Mächtigkeit:

- 5,50 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt, mit drei cm-starken dunklen Mergellagen
- 0,50-1,00 m grauer Kalkmergelsandstein, hart
 - 6,15 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,05 m dunkelgrauer Mergel, mild
 - 0,30 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
- 0,40-0,50 m hellgrauer Sandstein, schwach mergelig, feinkörnig
 - 7,30 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,30 m dunkelgrauer Mergel, stark braun gefleckt
 - 1,00 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,60 m dunkelgrauer Mergel, stark braun gefleckt, mild
 - 0,85 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,15 m grauer Mergel, mild, mit cm-starkem Kohleletten
 - 2,25 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun, gefleckt mit einzelnen hellgrauen, feinsandigen Kalkmergelbänkchen
 - 0,25 m dunkelgrüngrauer Mergel, mild, braun gefleckt
 - 2,70 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 1,70 m hellgrauer Kalkmergel, massiger als im Liegenden
 - 1,90 m Kalkmergel
 - 2,90 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
- 0,20-0,30 m hellgraue Sandsteinbank, feinkörnig, mürb
 - 2,25 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt mit einer cm-starken Mergellage
 - 0,25 m Sandsteinbank
 - 1,90 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,10 m grauer Mergel, mild
 - 1,65 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt mit zwei tonreicheren Lagen
 - 0,10 m graue Mergelbank, sehr kalkreich
 - 0,25 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 1,40 m vorwiegend dunkelgrauer Mergel, mild, fossilführend (? limnische Arten). Der in diesem Profilabschnitt auffallend mächtige Mergelhorizont ist im Profil und im Lageplan als „Hauptmergel“ gekennzeichnet.
 - 3,15 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 - 0,30 m zuoberst 0,03 m kohliges Schiefer, darunter dunkelgrauer Mergel, mild sehr fossilreich, limnisch: u. a. *Radix* sp., *Coretus* sp.

2,65 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,10 m dunkelgrauer Mergel, linsenförmig eingeschaltet
 0,55 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,30 m dunkelgrauer Mergel, mild
 1,20 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,30 m dunkelgrauer Mergel, fossilführend (? Landschnecken)
 1,30 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,90 m Kalkmergelbank, feinsandig
 0,80 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,30 m dunkelgrauer Mergel, fossilführend (? Landschnecken)
 1,20 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,35 m dunkelgrauer Mergel, fossilführend (? Landschnecken)
 2,55 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,60 m vorwiegend dunkelgrauer Mergel, braun gefleckt, fossilführend (? Landschnecken)

0,70 m hellgrauer Kalkmergel, feinsandig, schwach braun gefleckt
 0,70 m hellgrauer Kalkmergel, schwach braun gefleckt
 0,10 m dunkelgrauer Mergel, mild, intensiv braun gefleckt, verdrückt
 0,30 m graue Mergel, relativ sandarm, braun gefleckt
 0,10 m dunkelgrauer Mergel, stark braun gefleckt, verdrückt
 4,10 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt
 0,50 m hellgraue Mergelbank, kalkig, stark sandig
 0,50 m hellgraue Kalkmergel, braun gefleckt, splittrig
 0,10 m dunkelgrauer Mergel, stark sandig
 0,25 m hellgrauer Sandstein, stark mergelig, Übergang
 0,50 m hellgraue Sandsteinbank, feinkörnig
 1,25 m grauer Mergel, kalkreich, \pm sandig, braun gefleckt, bankig
 0,20 m dunkelgrauer Mergel, mild, braun gefleckt, fossilführend (? Landschnecken)

2,90 m graue Mergel-Kalkmergel, feinsandig, braun gefleckt, gebankt
 0,20 m dunkelgrauer Mergel, kalkreich, sandig, fossilführend
 1,80 m grauer Mergel, kalkreich, sandig, braun gefleckt
 0,50 m grauer Mergel, sandiger als im Liegenden
 1,90 m grauer Mergel, sandig, kalkig, braun gefleckt
 1,90 m Mergel, sandig mit Sandsteinbänken
 0,30 m grauer stark sandiger Mergel – mergeliger Sandstein
 1,90 m Mergel wie im Liegenden, jedoch nach oben übergehend in dunkelgrauen Sandstein

1,20 m grauer Mergel, feinsandig, braun gefleckt, bankig, massig
 5,00 m grauer Mergel, feinsandig, braun gefleckt, dickbankig, massig

- 0,50 m grauer Mergel, feinsandig-kalkig, braun gefleckt, dünnbankiger und z. T. splittiger als im Liegenden
- 1,00 m grauer Mergel, feinsandig braun gefleckt, dickbankig
- 0,30 m grauer Sandstein, Übergang
- 0,70 m grauer Sandstein, mittelkörnig, massige Bank
- 0,20 m grauer Mergel, braun gefleckt, teils verdrückt
- 1,00 m blaugrauer Mergel, braun gefleckt, relativ fest. Typisch Untere Bunte Molasse
- 0,10 m hellgrauer Sandstein, schwach mergelig, feinkörnig, schwach gefleckt
- 1,00 m blaugrauer Mergel, stark sandig, stark braun gefleckt
- 0,80 m blaugrauer Mergel wie im Hangenden, jedoch im oberen Teil grobbankig, im unteren feinbankig-plattig durch den Wechsel sandreicherer/mergelreicherer Lagen
- 0,45 m Mergel wie im unteren Teil des Hangenden; an der Basis sehr tonreiche Lagen
- 0,22 m Mergelbank wie im Hangenden
- 0,84 m blaugrauer Mergel, stark braun gefleckt, dickbankig, massig
- 1,25 m blaugrauer Mergel, wie im Hangenden, jedoch schichtweise mit stärker sandigen Zwischenlagen. An der Unterseite linsenförmige kohlige Einlagen (Treibholzreste)
- 0,57 m hellgrauer Sandstein, fest
- 1,25 m Mergel, stark sandig, braun gefleckt, im unteren Teil geschichtet, Übergang vom Liegenden
- 1,24 m hellgraue Sandsteine, schwach mergelig, schwach braun gefleckt, z. T. geschichtet
- 0,30 m dunkelgraue Sandsteine, schwach mergelig, schwach braun gefleckt, fossilführend (Landschnecken). Übergang zum Hangenden
- 1,80 m hellgrauer Sandstein, feinkörnig, vorwiegend dickbankig, teils mit geringmächtigen, mergeligen Einschaltungen
- ca. 10–12 m nicht aufgenommen
- 0,08 m dunkelgrauer Mergel mit Kohleschmitzen
- 2,08 m hellgraue Kalkmergel, stark feinsandig, teils braunschlierig, harte massige Bänke
- 0,30 m hellgrauer Kalkmergelsandstein
- 0,38 m grau-braungrauer Kalkmergel, feinsandig, geschichtet, harte Bank
- 0,08 m dunkelgrauer Mergel, mild
- 0,20 m grauer Mergel, sandig, kalkreich, stark braun gefleckt
- 0,05 m dunkelgrauer-braungrauer Mergel, mild
- 2,06 m hellgrauer Kalkmergelsandstein, feinkörnig; die oberen 20 cm tonig, braun gefleckt
- 0,58 m Wechsellagerung von mittelgrauen Mergeln, sandig, stark braunefleckt, geschichtet, mild mit Kalkmergeln
- 0,51 m hellgraue Kalkmergel, feinsandig, schwach braun gefleckt, hart

- 0,76 m linsige Wechsellagerung milderer und härterer, sandigerer Kalkmergel, braun gefleckt
- 0,54 m hellgrauer Kalkmergel, schwach feinsandig, schwach braun gefleckt, dicht, hart
- 0,44 m mittelgrauer Mergel, feinsandig, mild, stark braun gefleckt
- 1,12 m grauer-Kalkmergelsandstein, sehr feinkörnig, im oberen Teil toniger, stark braun gefleckt
- 0,87 m grauer Mergel, sandiger als im Liegenden, fester, stark braun gefleckt
- 0,44 m grauer Mergel, feinsandig, mild, stark braun gefleckt
- 0,65 m graue Kalkmergelbank, sandig, schwach braun gefleckt, hart
- 0,22 m braungrauer Mergel, mild, stark braun, teils auch weinrot gefleckt
- 1,15 m graue harte Kalkmergelbank, sandig-stark sandig, schwach braun gefleckt
- 0,10 m mittelbraungrauer Mergel, mild
- 1,10 m hellgraue Kalkmergelbänke, hart, stark sandig; teils schwach bräunlich. Die untersten Lagen tonreich, stark braun und weinrot gefleckt
- 0,73 m hellgrauer Sandstein, sehr feinkörnig, massig, bankig
- 0,33 m hell-braungrauer Kalkmergel
- 0,06 m mittel-dunkelgraubrauner Mergel, mild, braun gefleckt
- 1,02 m braungraue harte massige Kalkmergelbank, schwach feinsandig, z. T. braun gefleckt, splittrig
- 0,03 m mittelgraue Mergel, mild, stark braun gefleckt, verdrückt
- 2,02 m hellgrauer Kalkmergel, schwach feinsandig, teils bräunlichgrau, teils braun gefleckt
- 0,03 m mittelgrauer Mergel, mild, stark braun gefleckt
- 0,64 m hellgraubrauner Kalkmergelstein, splittrig, schwach braun gefleckt
- 0,60 m mittel-dunkelgraubrauner Mergel, sandig, braun gefleckt; die oberen 0,3 m hellgraubraun und kalkreicher, jedoch auch im unteren Teil Linsen kalkreicherer Mergel
- 1,10 m hellgrauer Kalkmergel-Kalkmergelsandstein, feinsandig
- 0,10 m wie im Hangenden bzw. Liegenden, jedoch mergelreicher
- 1,85 m hellgrauer Kalkmergel und Kalkmergelsandstein, feinsandig
- 1,85 m hellgraue Sandsteine, schwach mergelig, teils mit sandigen Zwischenbänken, harte Bänke; die oberen 0,10 m mergelreicher
- 3,00 m hellgrauer Sandstein, mürb, dickbankig
- 0,16 m hellgrauer Sandstein mit Konglomeratlagen und -linsen
- 0,10 m dunkelgrauer Mergel, stark sandig
- 1,60 m hellgrauer Kalkmergel, feinsandig, harte Bänke
- 1,37 m vorwiegend hellgrauer Sandstein, kalkreich
- 1,00 m oben hellgrauer Sandstein, unten hellgrauer Kalkmergel, harte Bänke
- 2,05 m hellgrauer Sandstein, hart. Mächtige Bank, nach oben zu zunehmend feinkörniger, mergeliger, kalkiger

- 0,45 m wie im Liegenden; an der Basis sehr geringmächtige, weiche Lagen ausgequetscht, bräunlichrote Gleitflächen
- 0,75 m hellgrauer Kalkmergel, feinsandig
- 0,10 m dunkelgrauer-schwarzer Mergel mit Landschnecken
- 1,10 m hellgrauer Sandstein, hart, fein-mittelkörnig; die unteren 30 und die oberen 10 cm sind schwach mergelig
- 3,00 m dunkelgraue-graue Mergel ohne erkennbare Makrofossilien
- 0,30 m dunkelgraue Mergel, mild, mit *Tympanotonus* sp. und Landschneckenresten. An der Oberkante eine Fossilbank
- 1,15 m hellgraue Sandmergel, schwach glimmerstaubig, gelblich verwitternd
- 1,55 m dunkelgraue Mergel, mild, mit einzelnen, zum Hangenden hin zunehmenden Sandstreifen; einzelne Pflanzenreste
- 0,13 m Pechkohle
- 0,46 m faziell wechselnd dunkelgraue-schwach grüngraue Mergel, mild und mittelgraue Mergel, matt, feinsandig
- 0,06 m dunkelgrauer Sandstein, schwach mergelig
- 0,25 m mittelgraue Mergel, matt, feinsandig, mit einzelnen limnischen Fossilien (*Radix* sp., *Coretus* sp.) und 2 besonders fossilreichen Lagen
- 1,80 m mittelgraue-grünlichgraue, teils milde, teils sandstreifige Mergel; an der Basis eine fossilreiche brackische Lage
- 0,60 m mittel-grünlichgraue Mergel, mild, mit brackischen Fossilien
- 0,24 m mittelgrauer Sandstein, bankig, schwach mergelig, massig, fossilreich (brackisch)
- 0,59 m mittel-dunkelgraue Mergel, fossilführend: *Tympanotonus* sp., *Psammobia* sp. und an der Basis *Mytilus* sp.
- 0,07 m dunkle Mergel und Kohleletten
- 0,92 m hellgraue Sandsteinbank, hart, feinkörnig, kalkreich
- 0,43 m hellgrauer Sandstein, schwach mergelig, feinkörnig, hart
- 1,10 m hell-mittelgrauer Sandstein, stark mergelig
- 1,94 m Sandstein ähnlich wie im Hangenden
- 0,92 m hellgrauer Sandstein, sehr feinkörnig, hart, der den Abschluß der sehr harten Bänke unter den brackischen Mergeln bildet
- 1,24 m hellgrauer Kalkmergel, feinsandig
- 1,40 m hellgrauer, z. T. schwach gelblicher Kalkmergel, tonig
- 1,55 m hellgrauer Kalkmergel, feinsandig, mit gelblicheren, tonreicheren Lagen
- 1,10 m verstürzt (weichere Lagen als im Hangenden)
- 1,20 m blaugrauer Mergelstein, fest, feinsandig, braun gefleckt
- 3,35 m hellgrauer Sandstein, sehr feinkörnig, hart, im unteren Teil mit einigen mergelreichen, teils braun gefleckten Lagen
- 0,10 m dunkelgrauer Mergel, feinsandig
- 1,80 m hellgrauer Kalkmergelsandstein, feinkörnig
- 3,60 m verstürzt
- 0,50 m hellgrauer Kalkmergelstein, feinkörnig, teils zerschert

- 1,45 m hellgrauer Kalkmergelstein, feinsandig, braun gefleckt
- 1,00 m hellgrauer Kalkmergelstein, stark feinsandig
- 2,05 m hellgrauer Kalkmergelsandstein, feinkörnig
- 1,05 m wie im Hangenden, jedoch stark zerschert und unten stark braun gefleckt
- 2,60 m wie im Hangenden, jedoch durchgehend braun gefleckt
- 1,25 m Übergang von sandigen Kalkmergeln in milde, stark braun gefleckte Mergel
- 0,45 m Mergelsteine, eng gebankt, ton- und kalkreich, feinsandig, braun gefleckt
- 0,20 m hellgrauer Sandstein, feinkörnig, kalkreich, hart, splittrig
- 0,55 m hellbläulichgraue Mergelsteine, fest, kalkreich, braun gefleckt
- 1,77 m mittel- dunkelgrauer Sandstein, schwach mergelig, hart braun- rötlich-braun gefleckt („marmoriert“) mit Landschneckenresten
- 0,45 m wie im Hangenden, jedoch viel toniger, ausgequetscht
- 0,60 m hellgrauer Sandstein, feinkörnig, hart mit sehr unregelmäßiger Oberseite
- 1,35 m blaugraue Mergelsteine, feingeschichtet, stark braun gefleckt
- 0,28 m blaugraue Mergelsteine, ungeschichtet, stark braun gefleckt
- 0,30 m dunkelgraue Mergel, mild, braun gefleckt
- 1,79 m graue-blaugraue Mergelsteine, feinsandig, geschichtet, stark dunkelbraun gefleckt (typisch „Bunte Molasse“)
- 1,44 m grauer Mergelsandstein, zwei feste Bänke, braun gefleckt bzw. streifig
- 0,70 m mittelgrauer Mergelstein, stark feinsandig, stark braun gefleckt, kleinbankig
- 0,04-0,05 m Kohleletten
- 0,85 m dunkelgraue Mergel, mild, stark braun gefleckt. Verruschelt mit zahlreichen Kalzitschuppen
- 0,25 m graue Sandsteine; bilden 3 sehr klutfreiche Bänke (mauersteinartige Wand), von denen die oberste mit dem Hangenden zusammenhängt
- 1,65 m graue Mergelsteine, feinsandig, vor allem braunstreifig, hart. Die untersten 0,3 m feinschichtig
- 0,11-0,15 m grauer Mergel, feinsandig, in Schillagen zahlreiche Exemplare von *Tympanotonus* sp.; faziell vertreten durch eine Austernbank mit einzelnen großwüchsigen Exemplaren von *Tympanotonus* sp.
- 0,85 m graue Sandmergelsteine, teils feingeschichtet, bankig
- 0,90 m mittelgraue Sandsteine, schwach mergelig, feinkörnig, bankig
- 1,35 m mittel-dunkelgraue Mergel, feinsandig mit Streifen
- 1,20 m dunkelgrauer Mergel, mild
- 3,60 m dunkelgraue-grünlichgraue Mergel, mild, sehr fossilreich; brackische Fossilagen besonders im oberen Teil, unten mehr großwüchsige Einzelexemplare, u. a. *Tympanotonus* sp., *Polymesoda* sp.
- 1,45 m Kalkmergelsandsteine, ähnlich wie im Liegenden
- 5,00 m hellgraue-grüngraue Kalkmergelsandsteine, sehr feinkörnig, teils schwach braun gefleckt, dickbankig, hart

- 0,96 m grüngraue Kalkmergel, stark braun gefleckt, unten tonreicher und verdrückt
- 0,40 m hellgraue Kalkmergel, feinsandig
- 0,75 m hellgrüngraue Kalkmergel, feinsandig, besonders in den unteren 0,5 m stark rotbraun gefleckt, teils stark zerschert
- 3,30 m hellgrauer-schwach grünlichgrauer Kalkmergelsandstein-Kalkmergelstein, sehr feinkörnig, unten braun gefleckt; massige starke Bank, untere 0,45 m stark zerschert
- 0,95 m schwach rotbraune Kalkmergel, hellgrün gestreift, bzw. durchhädert
- 0,85 m hellgrauer Kalkmergel, stark sandig
- 1,22 m mittelgraugrüner Kalkmergelstein, braun gefleckt
- 0,02 m dunkelgrauer Mergel, mild, verdrückt
- 0,48 m mittelgrüngrauer Kalkmergel, stark sandig
- 0,06 m dunkle Kohleletten, verdrückt
- 0,78 m hellgelbgrauer-mittelgrauer Kalksandstein-Kalkmergelstein, sehr feinkörnig; feinste Rippelschichtung erkennbar
- 0,35 m mittel-hellgraue Kalkmergel, stark feinsandig
- 0,14 m dunkelgrauer Mergel, mild, verdrückt
- 0,25 m mittel-dunkelgrauer Mergel, sandig
- 0,65 m mittel-hellgraue Kalkmergel, feinsandig, sehr feinkörnig
- 0,29 m mittelgraugrüner Kalkmergel, unten fossilführend, limnisch, verdrückt
- 0,05 m dunkelgrauer Mergel, mild, verdrückt
- 0,92 m mittelgraugrüne Kalkmergelsteine, stark sandig, unten fossilführend
- 0,10 m dunkelgrüngraue Mergel, mild, verdrückt
- 0,58 m mittelgrauer-grünlicher Kalkmergel, stark sandig, sehr hart, sehr selten Fossilreste
- 0,10 m mittelgraubräunlicher Kalkmergelstein, dicht, sehr hart
- 2,40 m graue Sandsteine, konglomeratisch; sehr harte Bänke, Wechsel von Konglomerat- und Sandsteinbänken; Sandsteine z. T. fast brekzienartig
- 1,60 m Mürbsandstein, braun verwittert
- ca. 4,00 m nicht aufgenommen
- 3,40 m fossilreicher *Ampullina* Horizont, graue Mergel, im oberen Teil stark sandig. Fossilien: *Ampullina* sp., *Protoma* sp., *Psammobia* sp., (?) *Murex* sp., *Mytilus* sp., *Polymesoda convexa* BRONGNIART. In Schillbänken fast nur *Mytilus*; im Schill eingebettet mehrfach (?) *Murex* sp., ferner (?) Magensteine oder (?) Zähne. Vereinzelt besonders großwüchsige Exemplare von *Tympanotonus* sp. und *Polymesoda convexa* BRONGNIART.
- ca. 13,00 m nicht aufgenommen
- 0,02 m Kohleletten
- 0,24 m grauer Mergel, sandreich

- 1,45 m grauer Sandstein, dicht-feinkörnig, hart, fast muschelartig brechend; untere 0,4 m mit feinsten Schrägschichtung, darüber 0,85 m massig, darüber 1 m wieder feinsten Schrägschichtung. Im obersten Teil mit weichen Zwischenlagen, dann wieder 0,22 m härtere Bank
- 0,54 m grauer Mergel, sandreich, unten massig, oben schliefzig
- 2,85 m Mergel, mild, muschelartig brechend. Untere Hälfte grau-mittelgrau, sehr fossilreich: vorwiegend *Polymesoda* sp., *Tympanotonus* sp., vereinzelt *Mytilus* sp. Sehr fossilreich ist schon die Oberschicht der unteren Bänke; in höheren Lagen auch *Pirenella* sp. 1,15 m über der Basis eine Hydrobienbank. Die oberste Fossilage liegt 0,8 m unter der Oberkante
- 2,20 m blaugrauer Mergel, schwach feinsandig, kalkreich
- 0,08 m dunkelgraue-schwarze leetige Mergel
- 1,39 m grauer-hellgrauer Kalksandstein, dicht-feinkörnig, mit gelben Kluftflächen und Calcitbelag. Fossilpflaster auf der Oberseite
- 0,73 m unten 0,42 m grauer Kalksandstein, dicht mit gelben Kluftflächen, oben vereinzelt mit dünnen Mergellagen und dichtem Sandstein
- 0,57 m mittel-hellgrauer Sandstein, sehr feinkörnig, plattig-bankig. Einzelne fossilführende Schichtflächen mit vorwiegend *Polymesoda* sp. Besonders im oberen Teil geringmächtige Lagen von dunkelgrauem, milden Mergel
- 1,23 m grüngrauer Mergel, mild, mit cm-starken, festeren Bänkchen, im oberen Teil mit brackischen Fossilien
- 0,05 m Kohlenmergel
- 0,80 m grüngrauer Mergel, mild, mit einzelnen kleinen Muscheln
- 0,46 m graue Mergelbänke, sandig, fest
- 0,34 m grauer Mergel, kalkreich, splittrig
- 0,08 m oben 0,01 m Kohleletten, darunter 0,03 m graue-gelbgraue Letten, darunter 0,04 m grauer Sandmergel
- 1,05 m grauer Sandstein, feinkörnig, hart
- 0,54 m grauer Sandstein, feinkörnig, durch mergelige Lagen dünnbankig, nicht eben geschichtet
- 0,54 m grauer Mergel, kalkreich, dünnbankig, stark zerklüftet, splittrig brechend
- 0,45 m Flözhorizont. Geringmächtige Pechkohlelagen, Linsen aus bräunlichem Kalk, splittrig, und bräunlichgraue Mergellagen. Die splittrigen Kalke sind für den ganzen Horizont typisch
- 0,14 m grüngraue Mergel, feinsandig, dünnschichtig, fossilführend mit kleinen Formen
- 0,52 m nach unten allmählicher Übergang in eine Kalkmergelbank. Oben Fossilreste (kleinwüchsige Turmschnecken und Muscheln). Die Bankunterseite weist dicht besetzt große, knotenförmige „Konkretionen“ auf und vereinzelt limnische oder terrestrische Schnecken
- 1,56 m grauer Kalkmergelfeinsandstein mit drei, durch mergelreiche Lagen bedingte Fugen
- 1,70 m Kalkmergelbänke, stark feinsandig, ähnlich wie im Hangenden, massig, mit rostfarbenen Kluftflächen. Untere 0,8 m feinbankig infolge häufigerer und mächtigerer mergelreicher Lagen

- 0,15 m dunkelbraungraue Mergel, bräunlich gefleckt
- 0,40 m mittelgrauer Sandmergelstein
- 0,09 m mittelbraungrauer Mergel, sandig
- 0,95 m oben mehr Kalkmergelfeinsandstein, unten Sandstein, sehr feinkörnig.
Harte Bank
- 0,18 m Mergel, hart und weiche Lagen, sehr feinschichtig wechselnd
- 0,55 m ähnlich wie im Hangenden, jedoch mehr Kalkmergel
- 0,45 m grauer Mergel, mild, braun gefleckt
- 0,05 m dunkelgraue Mergel mit Kohleletten
- 0,70 m mittelgraue Mergel, stark feinsandig, braun-violettbraun gefleckt, massig
- 0,75 m graue Kalkmergelsandsteinbänke, hart, mit gelb und rostgefleckten Kluft-
flächen
- 1,20 m mittelgraue Sandmergelsteine, hart, splittrig brechend
- 0,15 m dunkelgrauer Mergel
- 1,60 m mittelgraue Kalkmergelfeinsandsteinbank. Ca. 0,65 m über der Basis eine
weiche, mergelige Lage. Unterster Teil am sandigsten
- 0,30 m graue Mergel, feinsandig, mild, braun gefleckt, verdrückt
- 0,77 m mittel-hellgraue Sandmergel, halbfest; untere 7 cm intensiv stark braun ge-
fleckt, mehr ein hellgrüngrauer sandiger Kalkmergel, dicht
- 0,14 m mittelgraue Mergel, mild, braun gefleckt, verdrückt
- 0,52 m hellgrünlichgraue Sandmergel – sandige Kalkmergel
- 1,35 m wie im Hangenden, an der Ober- bzw. Unterseite jedoch milde Mergel, un-
ten braun gefleckt
- 0,50 m grünlichgraue Mergel, mild, mit härteren Lagen, z. T. braun gefleckt, in-
tensiv zerschert, mit Kalkspatschupen
- 0,05 m Kohleletten
- ca. 0,60 m grauer Mergel, mild, und Sandmergel, zerschert
- ca. 1,00 m evtl. Schichtenausfall durch Störung, wasserführend
- 0,15 m mittel-dunkelgrauer Kalksandstein, zäh
- 0,75 m hellgrauer-grünlichgrauer Kalkmergel, härtere und mildere Lagen
- 1,40 m wie im Hangenden, gebankt durch Lagen milder Mergel
- 0,09 m dunkelgrauer Mergel, mild, mit zahlreichen Resten ? limnischer Schne-
cken
- 1,15 m hellgrünlichgraue Kalkmergelsteine
- 0,60 m oben ca. 0,05 m Kohleletten, darunter Kalkmergelbänke und 0,2 m über
der Basis Kohleschmitzen
- 1,10 m hell-mittelgraue Sandsteinbank, feinkörnig, hart, massig
- 0,85 m graue Sandmergelsteine mit Lagen milder Mergel und in der Mitte
0,15–0,30 m Sandstein
- 0,40 m grauer Mergel, mild, braun gefleckt, mit ausgefüllten ? Trockenrissen
- 0,60 m grüngraue Mergel, sandig, z. T. verdrückt
- 0,80 m grüngraue Mergel; Bankfolge aus 10–15 cm-starken Lagen

- 0,28 m grauer Mergel, mild, muschelrig brechend, vereinzelt ?brackische Fossilien
- 0,06 m grüngrauer Mergel, halbfest
- 0,32 m grauer Mergel, mild, braun gefleckt, muschelrig brechend
- 2,65 m dunkelgrüngraue Mergel, mild, teils festere Lagen, fossilreich. Fossilien lagenweis angereichert und einzeln; u. a. *Psammobia* sp., *Tympanotonus* sp., *Polymesoda* sp. 0,6 m über der Basis 1–2 cm Kohleletten und -mergel
- 0,53 m dunkelgrauer Mergel, massige Bank, fossilreich, unten Muschelpflaster. Großwüchsige Exemplare von *Polymesoda convexa* BRONGNIART, *Psammobia* sp., und *Tympanotonus* sp.
- 1,15 m dunkelgrünlichgraue Mergel, stark tonig, mit sandigen Röhrenausfüllungen. Makrofossilreste selten. An der Basis eine Bank mit ? Turritellen
- 1,65 m hellgraue Feinstsandsteine, mergelig, im oberen Teil fossilführend u. a. mit *Ostrea* sp. und ? *Pirenella* sp.
- 1,42 m hellgraue-grünlichgraue Kalkmergelfeinsandsteine
- 0,01-0,05 m Pechkohle
- 2,40 m Sandstein, mittel-grobkörnig, im unteren Teil fast konglomeratisch, massig. – Oberkante der Bausteinschichtenfazies
- 3,80 m graues Konglomerat, am größten im oberen Teil, max. Kgr. 2–3 cm
- 2,00 m Sandstein, grau mit einzelnen Konglomeratlagen
- 2,40 m Sandstein, grau, mit kohleführenden Schichten an der Oberkante, ferner 37 – 85 – 95 – 115 135 – 145 cm darunter und an der Basis
- ca. 13,00 m Sandsteine
- ca. 3,00 m grauer Sandstein mit kohligen Schichtflächen, gebankt
- ca. 11,00 m Sandsteine, homogen, massig
- ca. 1,80 m grauer Sandstein, sehr feinkörnig, dickbankig mit 10–20 cm-starken Mergellagen. Auf der Unterseite der Sandsteinbänke Schleifmarken und marine Mollusken. – Probe m 10
- 1,06 m Sandsteinbank
- 0,04 m graue Mergel, sandig, verrieben
- 4,83 m grauer Sandstein, feinkörnig, im unteren Viertel einzelne kleine Gerölle und Gerölllinsen. Auf der Schichtunterseite Geröllpflaster
- 0,60 m Mürbsandstein, zerschert
- 0,88 m grauer Sandstein, feinkörnig
- ca. 23,00 m Sandstein, feinkörnig mit Störungsflächen
- 0,40 m mittelgraue Tonmergel, stark sandig. – Probe m 11
- 2,00 m mittelgraue Sandsteine, sehr feinkörnig – fast dicht erscheinend, mit muschelrigem Bruch. Im gesamten Wandprofil zeigen sich die Sandsteine als mächtige Linsen, die mit Tonmergeln verzahnt sind. Typisch für die fazielle Verzahnung des Profilabschnittes
- 1,00 m mittelgraue Tonmergel mit einzelnen, dünneren härteren Linsen
- 0,60 m Wechsel von 3–10 cm-starken Sandsteinbänken mit mittelgrauen Tonmergeln. Unterseite des obersten Bänckchens mit Fossilpflaster aus kleinen, marinen Formen. Auf der Oberseite Pflanzenhäcksel und ein Kohleschmitz

- 4,50 m mittelgraue Tonmergel, sehr vereinzelt mit kleinwüchsigen marinen Mollusken. – Probe m 12 von der Basis
- 0,86 m harte Sandsteinbänke mit 3 dünnen Mergellagen im oberen Teil; im Sandstein Gerölllinsen
- 0,60 m Wechsellagerung von Tonmergeln und Sandsteinbänken
- 1,15 m mittelgrauer Sandstein, feinkörnig, linsig, muschelig brechend
- 1,00 m Wechsellagerung Tonmergel/Sandstein
- 1,55 m mittelgraue Tonmergel mit einzelnen dünnen Sandsteinbänkchen
- 1,80 m Sandstein mit Mergelzwischenlagen
- 4,90 m mittelgrauer Sandstein, massig, mit Tongallen und rostfarbenen Kluftflächen
- 0,34 m Wechsellagerung Tonmergel/Sandstein
- 0,34 m Sandsteinbank
- 0,60 m grauer Sandstein, feinkörnig mit Tonmergellinsen
- ca. 8,00 m mittelgrauer Sandstein
- 0,25 m mittelgraue Tonmergel
- 1,60 m Sandsteinlinse
- 2,65 m mittelgraue Tonmergel, sandig, mit flaserigen Sandsteinbänkchen, makrofossilreich. – Probe m 6
- 0,10-0,15 m Sandsteinlinse
- 2,55 m mittelgraue Tonmergel, makrofossilreich. – Probe m 7 von der Basis
- 1,60 m Tonmergel, makrofossilreich
- 1,15 m mittelgraue Sandsteinbänke, mergelig, Pyritwürfel auf Kluft- und Störungsflächen
- 3,40 m Wechsellagerung mittel-dunkelgrauer Tonmergel mit einzelnen Bänken aus zähem, feinkörnigen Sandstein; unten vereinzelt Makrofossilien. – Probe m 8 aus den Basislagen
- ca. 6,00 m mittelgrauer Sandstein, massig, dickbankig
- 0,65 m engständige Wechsellagerung Tonmergel/Sandstein
- ca. 9,00 m Sandstein, massig, mit rostfarbenen Kluftflächen
- ca. 9,00 m Tonmergel, vereinzelt Sandsteinbänke bzw. -linsen, besonders im unteren Teil. Makrofossilien einzeln und in Lagen spärlich. – Probe m 9 von der Basis
- 0,11 m grauer Sandstein
- 0,03 m mittelgraue Tonmergel, an der Oberkante reichlich kohlige Einschlüsse (Treibholzreste)
- 1,16 m mittelgrauer Sandstein, massige Bank mit rostfarbenen Kluftflächen
- 0,26 m graue Tonmergel
- ca. 8,00 m Sandsteinfolge aus geschichteten Sandsteinlagen bzw. -bänken. Im Gesamtprofil faziell verzahnt mit Tonmergeln, wobei m-starke Sandsteinbänke durch Mergel ersetzt werden. Dies und die Häufigkeit der Sandsteineinschaltungen ist für diesen Abschnitt der Tonmergel-Schichten kennzeichnend. In den Sandsteinen viel häckselreiche Schichtflächen

- 1,70 m graue-grüngraue Tonmergel, fossilführend, die anderenorts durch Sandsteine ersetzt werden
- 1,13 m mittelgraue Tonmergel, fossilführend. – Probe m 10
- 1,33 m Wechsellagerung grauer Tonmergel mit 10–20 cm-starken dünngeschichteten Sandsteinen
- 0,02-0,07 m Muschel- bzw. Haiﬂischzahnbank mit Geröllen. – Probe M 8
- 5,20 m mittelgraue Tonmergel, sandig mit zahlreichen Muschellagen
- 0,08-0,13 m Sandsteinbank, im unteren Teil Muschelpflaster
- 1,15 m mittelgraue Tonmergel, fossilreich. – Probe m 5
- 1,75 m Wechsellagerung von Tonmergeln mit Sandsteinlinsen bzw. -bänken, fossilführend
- 1,00 m Sandsteinlinse
- 1,10 m Wechsellagerung von stark sandigen Tonmergeln mit Sandsteinbänken
- 3,24 m vorwiegend Sandmergelbänke, vereinzelt Fossilien
- 0,52 m zwei Sandsteinbänke, fossilführend mit großen Turmschnecken
- 4,00 m mittelgraue Tonmergel, im oberen Teil mit einzelnen Sandsteinbänken. Der untere Meter ist verschüttet. – Probe m 4 1–2 m über der Basis
- 6,00 m Tonmergel mit m-starken Sandsteinlinsen, fossilführend
- 0,35 m Tonmergel, vereinzelt fossilführend u. a. mit *Cardium* sp. – Probe M 1
- 0,46 m Sandsteinbank
- 2,30 m graue Tonmergel mit einzelnen Sandsteinbänken, fossilführend
- 1,65 m mittelgraue Tonmergel, stark sandig, durch wechselnde Sandgehalte kleinbankig. – Probe M 2 und m 3
- 0,46 m grauer Sandstein, derbe Bänke. 3 cm-starkes Muschelpflaster auf der Unterseite der untersten Bank; reich an großwüchsigen Turmschnecken. – Probe M 7
- 3,13 m mittelgraue Tonmergel, feinsandig mit 2–10 cm-starken Sandsteinbänkchen; örtlich auch 0,5 m-starke Sandsteinlinsen, vereinzelt Fossilien. Auf Schichtflächen Pflanzenhäcksel
- 0,34 m quarzitische Sandstein mit sehr fossilreichen Lagen (artenreiche Fauna). – Probe M 3
- 0,35 m mittelgraue Tonmergel, sandig-stark sandig. Unten eine 3 cm-starke grüngraue Sandsteinbank, teils gut geschichtet, fossilführend
- 0,62 m Tonmergel, sandig-stark sandig, fossilführend, unten eine 6 cm-starke quarzitisches Sandsteinbank
- 2,10 m mittelgraue Tonmergel, feinsandig, fossilführend. – Probe m 2 an der Unterkante, Probe M 4 an der Oberkante entnommen
- 0,72 m graue Sandsteinbänke, quarzitisches, fossilreich
- 1,45 m mittelgraue Tonmergel, sandig-stark sandig, fossilreich. – Probe M 6
- 0,90 m grauer Sandstein, sehr hart, fast ungeschichtet. Probe G 1
- 0,80 m mittelgrauer Tonmergel, feinsandig, cm-stark gebankt bzw. geschichtet durch wechselnde Sandgehalte. Probe m 1 aus der Basis und Probe M 5. Abschluß der durchgehend aufgenommenen Schichtenfolge ca. 121 m unterhalb Oberkante der Tonmergel-Schichten.

Das Profil der Tonmergel-Schichten war während der Bauarbeiten anschließend noch in einer Mächtigkeit von ca. 200 m durchgehend aufgeschlossen. Von diesem Abschnitt, in dem Tonmergel weitaus dominieren, wurden nur vereinzelte Aufnahmen gemacht. Die m-Angabe ist auf die Unterkante (= 0 m) der durchgehend aufgenommenen Schichtenfolge bezogen.

- 15,00 m Tonmergel mit zwei je 0,5 m-starken Sandsteinbänken
- 28,00 m Sandsteinbänke in Tonmergeln
- 80,00 m mittel-dunkelgraue Tonmergel, toniger, makrofossilführend. Vermutlich im Bereich einer Störung
- 86,00 m Tonmergel, makrofossilführend
- 138,00 m Tonmergel, gebankt, mit 5–15 cm-starken tonigen Lagen; lagenweis sandreicher bzw. mm-starke sandige-sandreiche Lagen, auch härtere Lagen mit höherem Kalkgehalt. Im ganzen wulstiges Gefüge
- 153,00 m mittelgraue Tonmergel, feinsandig, feinsandgestreift. Steichen 100°, Einfallen 83° S
- 184,00 m Tonmergel, gelbbraun verwittert
- 203,00 m Tonmergel, anstehend

Tiefere Horizonte der Tonmergel-Schichten waren nicht bzw. nur ungenügend längs der Trasse erschlossen. Das zuletzt nur sporadisch aufgenommene Profil endet bei Autobahn-km 49,300 am Hangfuß. Von hier an nach Norden zu steigt das Gelände kräftiger an, was den Einschnitt im Sindelsdorfer Molasserücken mit seinen vorübergehend vorzüglichen Aufschlüssen bedingt hat.

Baugrube „Edeka-Neubau“, Penzberg

Gradabteilungsblatt: Nr. 8234 Penzberg
R 53 800; H 91 120

Aufnahme vom Hangenden zum Liegenden. Gemessenes Schichtstreichen 79–80°, Einfallen 70° nach Süden, überkippt.

Wahre Mächtigkeit
Hangendes

- 1,10 m graue Cyrenenmergel, weniger fossilreich als im Liegenden
- 0,80 m Cyrenenmergel, sehr fossilreich; Muscheln einzeln vorkommend, aber auch lagenweis gehäuft. 0,10 m unter der Oberkante eine 3 cm mächtige Schillbank
- 0,12 m brackischer Muschelschill (vorwiegend *Polymesoda*, auch *Tympanotonus*). Anmerkung: unter der Oberfläche sind die Schichten stark nach Norden geschleppt, evtl. durch Gletschereis
- 0,70 m Flöz, davon unter 10 cm Kohle insgesamt. Oberer Teil mehr mergelig-lettig, unterer mit Stinksteinbänken
- 2,05 m graue Mergel, fossilleer, nur 3 cm unter dem Flöz eine Cyrenenmergellage
- 0,02 m Kohleletten

- 0,05 m graue Mergel
- 0,35 m grauer, mergeliger Sandstein, fossilführend: einzelne Exemplare von *Polyemesoda*, *Tympanotonus*, *Psammobia* u. a.
- 2,90 m grünlichgraue Mergel ohne Makrofossilien
- 1,48 m grünlichgraue fette Mergel wie zuvor, fossilführend: viele doppelklappige, einzeln vorkommend, auch großwüchsige Exemplare, in den unteren Lagen auch vereinzelt *Psammobia*
- 0,70 m grünlichgraue Mergel mit Fossilagen (Schillhorizonte), brackisch. Erstmals viele *Tympanotonus*, ferner großwüchsige P. c. (*Polyemesoda convexa*), auch dünnchalige Arten wie *Psammobia*. Zwischen den Schillbänken in den Mergeln auch doppelklappige Einzelexemplare
- 4,25 m graue fossileere Mergel mit bräunlich-rostigen Flecken
- 0,80 m grünlich-dunkle schiefrige Mergel mit limnischen Fossilien (*Radix*) und evtl. Landschnecken. Im Verwitterungsbereich fällt dieser Horizont durch karbonatische Ausfällungen auf
- 0,15 m hellgrauer fossilerer Mergel
- 0,25 m intensiv gelb verwitternder Mürbsandstein
- 0,88 m grünliche-graue, stark sandige gelb verwitternde Mergel; die gelblich-rostige Verwitterung ist an die sandreichen Lagen gebunden. In den oberen Lagen kleinwüchsige T. (*Tympanotonus*), in den unteren wieder limnische Arten wie *Radix* u. a.
- 0,55 m stark sandige Mergel, bräunlich verwitternd, mit 3 cm starken Sandsteinbänken. Zum Liegenden hin kein scharfer Übergang
- 1,06 m graue, bräunlich verwitternde sandige Mergel, selten mit ?limnischen Fossilien
- 0,42 m grauer, verwitterter Sandstein
- 0,25 m grauer, verwitterte, stark sandige Mergel
- 0,75 m blaugraue Mergel, nach oben hin zunehmend sandig. Die Mergel bilden den hangenden Teil der folgenden Cyrenenmergel
- 2,00 m blaugraue milde Mergel, nach unten zu zunehmend fossilreicher. Vorwiegend Einzelexemplare: oben kleinwüchsige T., unten großwüchsige P. c. und T. vorherrschend
- 2,55 m blaugraue Cyrenenmergel wie zuvor. Vorwiegend doppelklappige Einzelexemplare. P. c. und T. vorherrschend; von T. sind meist nur die bernstein-gelben Kerne erhalten.
- 0,85 m wie zuvor (Fortsetzung der Aufnahme an anderer Stelle). Fossilien teils in Nestern angereichert; auch mit *Psammobia* u. a. Weiterhin besonders häufig großwüchsige T. Ferner *Pirenella*, 1 Schnecke. An der Basis ein Schillhorizont mit sehr großen T., P. c., *Mytilus* (?), *Ostrea*
- 0,45 m grünliche-olivfarbene fossilreiche Landschneckenmergel
- 2,20 m grünlichgraue Mergel mit limnischen oder terrestrischen Fossilresten (vermutlich limnische Mergel)
- 0,33 m Flözhorizont: 0,01 limnischer kohligter Mergel, 0,20 graue Mergel, 0,12 Kohle-Letten und -Schmitzen

- 1,20 m grauer Mürbsandstein, im unteren Teil mit geringmächtiger Mergelzwischenlage
- 0,81 m grauer, sandiger schlieriger-sandstreifiger Mergel mit ?Wurzel-Resten
- ca. 4,00 m graue milde Cyrenenmergel mit großen, gut erhaltenen doppelklappigen Exemplaren. Mergel dunkelgrau-bräunlichgrau. Nur mit 2 P. c.-Schnüren, jedoch unten einige große Einzelexemplare. Kalkreiche Mergel, die hellgrau verwittern, sehr homogen (? Mergel tieferen Wassers)
- 1,05 m Flözhorizont. Vorwiegend dunkle Mergel. Kohleschmitze im oberen Teil und in den unteren 0,35 m. Hier auch viel Kohleschiefer
- 0,40 m gelblichgraue Mergel wie im Hangenden des o. g. Flözes. Vereinzelt sehr große doppelklappige, aufgeklappte P. c. Mergel hellgrau verwitternd, wohl kalkreich. Die kalkreichen Mergel sind sehr hart, fast wie ein Kalkstein beim Anschlag
- 2,50 m petrographisch ähnliche Mergel wie zuvor, aber auch mit limnischer Fauna u. a. Ferner *Pirenella*, eine Art ähnlich wie *Arca* oder *Cardium*, *Melanopsis*, Jugendformen von *T*. Zum Liegenden hin zunehmend marin-brakisch: starke Zunahme der kleinen *Pirenellen*, *Psammobia*, ?*Arca* u. a. Ein sehr arten- und individuenreicher Horizont. An der Basis ist ein Schillhorizont ausgebildet mit locker angehäuften Fossilien
- 0,30-0,35 m Flözhorizont. Obere Hälfte bräunliche, lettige Mergel mit Kohletrümer verschuppt. *Pirenella*, ?*Ostrea*. Fauna wie darüber mit *T.*, *P. c.*, *Mytilus* u. a. Über dem eigentlichen Pechkohleflöz liegt ein Horizont mit u. a. dickschaligen Muscheln eines marinen Vorstoßes. Eigentliche Flözzone etwa 0,15 m mächtig; im oberen Teil Stinkstein mit limnischen Fossilien, dann Kohle und Kohleschiefer, z. T. verruschelt mit dem Sand des Liegenden
- 4,82 m heller massiger Mürbsandstein, feinkörnig, verwittert
- 1,72 m heller, weißer grobkörniger Sand, gebankt. An der Basis horizontal geschichtet (0,19 m), darüber kreuzgeschichtet
- 0,94 m feinkörnige und grobkörnige Sande. Letztere sind linsenförmig eingelagert, weiß und sehr schön kreuzgeschichtet. Fossilreste vorwiegend an der Oberkante der grobkörnigen Bänke; auch Holzreste
- 0,03 m Sandlage mit Holzresten angereichert
- 2,51 m mittel-grobkörniger Sand, in Nestern Holzreste angereichert. 0,55 m über der Basis 0,01-0,02 m Kohleschmitze. Vorwiegend feinkörniger Sand
- 0,04 m Kohle mit Sandlagen
- 0,10 m Sand
- 0,27 m Sand mit zahlreichen Kohleschmitzstreifen
- 0,21 m Sand
- 0,03 m Sand und Kohlestreifen
- 0,27 m Sand
- 0,16 m Sand mit Kohleschmitzstreifen
- 0,87 m grobkörniger weißer Sand, gelblich verwitternd
- 7,0-8,0 m nach einem Übergang folgen auffallend harte blaugraue Sandsteine, ähnlich den Sandsteinen der Baustein-Schichten. Ende des Profils.

Liegendes

12.2. Bohrprofile

Forschungsbohrungen des Bayerischen Geologischen Landesamtes

Bohrung 1 Eurach 1/1968

Lage: W Eurach; R 50 65; H 94 76

Ansatzpunkt: 615 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN; siehe auch S. 142

- 0,10 m Boden, humos
- 2,80 m Kies, sandig, schluffig, graubraun
- 3,00 m Schluff, kiesig, tonig, graugelb. Riß/Würm.
- 3,80 m Schluff, tonig, grobsandig, kreidig, grau. Seekreide
- 7,20 m Schluff, tonig, grau-schwach bräunlich, undeutlich geschichtet. Seeton
- 9,50 m Schluff, tonig, grobsandig, grau. Seeton
- 10,03 m Schluff, tonig, kreidig, grau. Seekreide
- 10,75 m Schluff, tonig, sandig, kreidig, weißgrau-gelblich. Seekreide
- 12,50 m Schluff, tonig, sandig, grau. Seeton. Riß.
- 13,70 m Schluff, tonig, sandig, unten grobsandiger und feinkiesig. Seeton
- 20,00 m Ton, schluffig, feinstsandig, grau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 2 Eurach 2/1968

Lage: W Eurach. R 50 67; H 94 70

Ansatzpunkt: 610 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,20 m Boden, humos, sandig
- 2,20 m Kies, schluffig, steinig, grau-gelbbraun. Moräne, z. T. umgelagert
- 3,50 m Schluff, sandig, kiesig, mittelgrau. Seeton als Bestandteil der Moräne
- 5,00 m Schluff, tonig, schwach feinsandig, blaugrau. Seeton. Riß/Würm. Endteufe.

Bohrung 3 Eurach 3/1968

Lage: W Eurach. R 50 72; H 94 61

Ansatzpunkt: 610 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,10 m Boden, humos
- 1,00 m Schluff, sandig, kiesig, lehmig
- 2,50 m Kies, steinig, sandig, schluffig. Moräne, z. T. umgelagert
- 5,30 m Sande, stark kiesig bzw. Kies, stark sandig, gelbbraun
- 7,90 m Sande bzw. Kiese wie zuvor, schluffig, grau
- 9,00 m Kies, sandig-schluffig, gelb-rostbraun
- 10,00 m Schluff, tonig, feinstsandig, grau. Seeton. Riß. Endteufe.

Bohrung 4 Eurach 4/1968

Lage: W Eurach. R 50 46; H 94 72

Ansatzpunkt: 604 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,60 m Aufschüttung
- 0,70 m Schluff, sandig-steinig, hellbraun. Moräne
- 2,80 m Schluff, wie zuvor, grau. Moräne, vorwiegend mit Karbonat- und einigen Kristallin-Geschieben
- 7,00 m Feinsand- und Mergellagen, fossilführend, gelblich. Promberger Schichten. Endteufe.

Bohrung 5 Eurach 5/1968

Lage: W Eurach; R 50 43; H 94 78

Ansatzpunkt: 603 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,35 m Boden, humos
- 0,80 m Fein-Grobkies, schluffig, steinig, grau-gelbbraun. Moräne
- 3,60 m Mergel- und Sandsteine, graugrün-gelbbraun. Obere Süßwassermolasse
- 7,00 m Sandstein, mittel-grobkörnig, mürb, grünlichgrau-gelbgrau. Endteufe.

Bohrung 6 Eurach 1972

Lage: SW Unter-Eurach. R 50 70 H 94 86

Ansatzpunkt: 627,24 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,63 m Boden, braun
- 4,50 m Kies, sandig, schwach schluffig
- 5,30 m Kies, wie zuvor, mit lehmigen Einlagerungen
- 5,85 m Schluff, kiesig, sandig, lehmig. Moräne
- 9,65 m Schluff, tonig, feinsandig, kreidig, grau. Seekreide. Riß/Würm.
- 29,60 m Schluff, tonig, feinsandig, dunkelgrau. Seeton, verschuppt
- 29,63 m Feinsand mit Kohlestückchen
- 30,80 m Ton, schluffig, feinsandig und Feinsand, schluffig, grau gebändert. Riß.
- 30,85 m Sande mit Geröllen bis 1 cm Ø
- 31,40 m Sand- und Tonlagen wechselnd, z. T. mit stark verwitterten Geröllen
- 35,80 m Ton, schluffig, feinsandig-sandig, vorwiegend dunkelgrau, z. T. mit Sandlagen, vereinzelt mit Geröllen bis 2 cm Ø
- 36,00 m Kies, sandig, mit Geröllen bis 7 cm Ø
- 36,40 m Ton, schluffig, gemengt mit Sand und Kies
- 37,23 m Moräne mit kaum gerundeten Geröllen bis 7 cm Ø. An der Basis ein Tertiärgeröll > 10 cm Ø und gelblich-grüne tonige Mergelsteine sowie Gerölle aus kalkalpinem Jura bis 3 cm Ø
- 38,80 m tonige Mergelsteine, olivgrün, grauschlierig, hellgrünlichgrau bis braun-gefleckt. Endteufe.

Bohrung 7 Höfen 1972

Lage: NW Höfen. R 59 75; H 95 15. – Auf der Sohle einer Kiesgrube

Ansatzpunkt: 625,03 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 4,68 m Schluff, feinsandig, z. T. kiesführend mit Feinsandlagen. Früh-Würm.
- 8,05 m Kies, unten schluffig, oben übergehend in Sand
- 11,75 m Schluff, feinsandig, bei 10,5 m Molluskenschalen
- 14,00 m Kies, schluffig, grobsandig, oben mit kohligen Holzresten. Vorherrschend Molassegerölle. ? Riß/Würm.
- 14,50 m Schluff, stark sandig, z. T. kiesig, mit Sandlagen
- 16,07 m Sand, fein-mittelkörnig, schluffig, besonders oben kiesig
- 16,20 m Grobgeröll
- 17,71 m Schluff, feinsandig, kiesig, mit kohligen Resten
- 19,50 m vorwiegend Gesteinsbruchstücke, z. T. sandig
- 19,70 m Mergel. ? Riß.
- 24,28 m Schluff, z. T. mit Sandlagen und Einschlüssen. Seetone.
- 29,10 m Sandsteine mit Mergelsteinlagen. Penzberger Liegend-Flözgruppe. Einfallen ca. 55°. Endteufe

Bohrungen der Stadtwerke München

Bohrung 8 Staltach 21/29/19??

Lage: W Unter-Eurach. R 50 34; H 95 06

Ansatzpunkt: 597,41 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 2,1 m unter Gelände Ruhewasserspiegel: 0,8 m unter Gelände

Sachbearbeiter: Dr. G. HABER

- 0,30 m Boden, moorig, schwarz
- 0,70 m Tonmergel, glimmerhaltig, weißgrau, fest
- 2,10 m Fein-Grobsand, stark mergelig, mit Fein-Mittelkies, gelblich
- 16,60 m Mergel mit Fein-Grobkies, weißgrau, hart, mim.
- 19,30 m sehr viel Grobsand, Fein-Mittelsand, stark mergelig, mit viel Mittel-Grobkies, grau-gelbbraun, sehr hart
- 19,60 m Mergel, mit wenig Feinkies, gelblich, sehr hart
- 35,20 m staubsandige Tonmergel, glimmerhaltig, gelblich-blaugrau wechselnd, sehr hart. Endteufe

Bohrung 9 Staltach 22/30/19??

Lage: Weidenseeleinmoos. R 50 09; H 94 66

Ansatzpunkt: 594,78 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 3,6 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 1,4 m unter Gelände

Aufnahme: Dr. G. HABER

- 0,40 m Humus und Bauschutt
- 3,60 m sehr viel Grobsand, Mittelsand, wenig Feinsand, wenig Fein-Mittelkies, gelblichgrau
- 5,00 m Mergel, Fein-Grobkieseinlagerungen, grau
- 7,00 m Fein-Mittelsand, mit Glimmer, grünlichgrau, z. T. hart, ol/miP.

- 10,60 m Sandstein, feinkörnig, mit Glimmer, grau
- 12,60 m Mergel, tonig, feinsandig, mit geringen Fein-Mittelkieseinlagerungen, grau
- 24,20 m Feinsand, tonig, mit Glimmer, einzelne sandsteinartige Bänder, grau
- 28,50 m Feinsand- mit Sandsteinbändern wechsellagernd, mit Glimmer, graublau
- 37,00 m Feinsand, glimmerhaltig, graublau, hart. (Flinz)
- 38,00 m wie zuvor, mit Kalkeinlagerungen. Endteufe.

Aufschlußbohrungen Königsdorf 1001–1006

Sachbearbeiter: Dr. B. PAULUS

Bohrung 10 Königsdorf 1001/1965

Lage: N Höfen. R 60 023; H 95 343

Ansatzpunkt: 643 m ü. NN

- 5,00 m Kies und Mergel. Grundmoräne
- 19,00 m Mittelkies
- 21,00 m Mittel- und Feinkies
- 22,00 m Seeton, gelblichgrau
- 24,00 m Fein- und Mittelkies
- 30,00 m Seeton, mit wenig Feinkies, feinsandig, hellgrau-bräunlich
- 34,00 m Seeton, sandig, hellolivgrau-bräunlich
- 36,00 m Fein-Mittelkies
- 38,00 m Tonmergel, gefleckt, feinsandig, olivgrau. Obere Süßwassermolasse
- 45,20 m Tonmergelstein, bunt, und Feinsandstein, z. T. tektonisch beansprucht. Von 41,5–45,2 m gekernt. KV 1,35 m. Endteufe.

Bohrung 11 Königsdorf 1002/1965

Lage: N Höfen. R 60 057; H 95 464

Ansatzpunkt: 645 m ü. NN

- 4,00 m Kies und Mergel. Grundmoräne
- 5,00 m Fein-Mittelkies
- 13,00 m Mittelkies und Seeton
- 24,00 m Fein-Mittelkies
- 28,00 m Seeton und wenig Feinkies
- 30,00 m Grobkies
- 32,00 m Seeton und wenig Kies
- 35,00 m Seeton und Kies
- 37,00 m Tonmergel, bunt. Obere Süßwassermolasse
- 41,30 m Tonmergelstein, sandig, schwach glimmerig, wenig gestört. Von 37,3–41,3 m gekernt. KG 0,65 m. Endteufe

Bohrung 12 Königsdorf 1003/1965

Lage: N Höfen. R 59 992; H 95 254

Ansatzpunkt: 641 m ü. NN

- 3,00 m Kies und Mergel, lehmig. Grundmoräne, umgelagert
- 7,00 m Kies und Mergel. Grundmoräne
- 18,00 m Fein-Mittelkies. Bei 14–17 m mit Grobkies

- 25,00 m Seeton, gelblichgrau
- 26,00 m Fein-Mittelkies
- 28,00 m Seeton und Kies
- 31,00 m Fein-Mittelkies, mit vielen Kalksandsteinsplittern
- 42,00 m Tonmergel, gelbbraun gefleckt, feinsandig, hellgrau. Untere oder Obere Bunte Molasse
- 46,00 m Tonmergelstein, schwach feinglimmerig, feinstsandig, bunt gefleckt, gestört. Kern 42,0–46,0 m; KG 3,0 m. Endteufe.

Bohrung 13 Königsdorf 1004/1965

Lage: S Kreut. R 61 386; H 95 377

Ansatzpunkt: 663 m ü. NN

- 1,00 m Torf
- 4,00 m Fein- und Mittelkies
- 9,00 m Kies und Seeton, hellgrau
- 10,50 m vorwiegend Seeton, hellgrau
- 28,00 m Seeton, hellgrau und Kies. Ab 15 m wenig Kies
- 29,00 m Fein-Mittelkies mit zerbohrtem Kalksandstein
- 30,50 m Seeton, hellgrau und wenig Feinkies
- 42,00 m Fein- und Mittelkies
- 46,00 m Seeton, grau, unten grünlich mit wenig Kies
- 50,00 m Tonmergel, grüngrau, gefleckt. Obere Süßwassermolasse
- 50,60 m Tonmergelstein, schwach feinsandig, grüngrau, gelb und bräunlich gefleckt, ungeschichtet. Kern 50,0–50,6 m; KG 0,6 m. Endteufe.

Bohrung 14 Königsdorf 1005/1965

Lage: S Kreut. R 61 341; H 95 281

Ansatzpunkt: 665 m ü. NN

- 1,00 m Lehm, gelbbraun-braun
- 3,00 m Lehm mit Kies
- 5,00 m Fein-Mittelkies
- 12,50 m Seeton, teils feinsandig mit wenig Kies
- 24,00 m Fein-Mittelkies
- 34,00 m Seeton, hellgrau mit Kies
- 44,00 m Fein- und Mittelkies, dunkelgrau
- 55,00 m Seeton, hellgrau, olivgefleckt mit Kies
- 59,00 m Seeton, grüngrau, feinsandig mit Kies bis 5 cm Ø. Gekernt. KV 3,7 m
- 60,00 m Seeton, bräunlich gefleckt mit Kies
- 63,70 m Tonmergel, grüngrau, hellbraun gefleckt. Untere oder Obere Bunte Molasse
- 67,70 m Tonmergel- und Sandsteinbröckchen, tektonisch vermengt. Tonmergel meist bräunlich und grüngrau fleckig, stark glimmerig, feinsandig, mit weißlichen Flasern, Schichtung nicht erkennbar. Bewegungsflächen steil einfallend. Kern 63,7–67,7 m; KV 3,0 m. Endteufe.

Bohrung 15 Königsdorf 1006/1965

Lage: S Kreut. R 61 360; H 95 329

Ansatzpunkt: 664,5 m ü. NN

- 2,00 m Lehm, braungelb mit wenig Kies
- 6,50 m Fein-Mittelkies, teils mergelig
- 8,50 m Grobkies
- 10,00 m Seeton mit wenig Kies
- 11,50 m Kies. Dunkle Gerölle
- 37,00 m Seeton und Kies. Bei 28 m Kalksandsteinsplitter
- 44,50 m Kies. Dunkle Gerölle
- 51,00 m Seeton mit Feinkies
- 51,50 m Konglomerat, vorwiegend mit Flyschgeröllen, und Kalkstein, braungelb.
Obere Süßwassermolasse
- 59,20 m Tonmergel, bunt, schwach geröllführend
- 63,60 m Tonmergel olivbräunlich, mit Geröllen
- 65,00 m vorwiegend Konglomerat mit Flyschgeröllen
- 66,50 m Tonmergel, bunt, feinsandig. Endteufe.

**Baugrundbohrungen für die Fernwasserleitung München-
Oberau im Jahr 1975 Ausgewählte Bohrprofile****Bohrung 16 184/1975**

Lage: S Sindelsdorf. R 50 080; H 86 540

Ansatzpunkt: 601,09 m ü. NN

- 5,75 m Torf
- 10,85 m Sand, Schluff, Kies
- 30,90 m Schluff. Seeton
- 32,00 m Kies und Sand. Endteufe.

Bohrung 17 190/1975

Lage: S Sindelsdorf. R 50 440; H 86 125

Ansatzpunkt: 600,90 m ü. NN

- 0,30 m Boden
- 0,60 m Schluff
- 6,00 m Kies. Endteufe

Bohrung 18 196/1975

Lage: E Sindelsdorf. R 50 800; H 87 600

Ansatzpunkt: 616,308 m ü. NN

- 0,35 m Boden
- 1,80 m Schluff
- 5,00 m Sand. Endteufe

Bohrung 19 200/1975

Lage: E Sindelsdorf. R 50 995; H 87 250

Ansatzpunkt: 606,499 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 2,65 m Schluff
- 3,20 m Schluff, kiesig
- 7,00 m Mergelsteine, tonig. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 20 204/1975

Lage: NE Sindelsdorf. R 51 280; H 88 180

Ansatzpunkt: 604,838 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 5,60 m Kies
- 6,00 m Schluff. Endteufe

Bohrung 21 208/1975

Lage: NE Sindelsdorf. R 51 480; H 88 380

Ansatzpunkt: 603,397 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 1,10 m Schluff
- 4,20 m Kies. Endteufe

- 5,10 m Sand
- 8,20 m Schluff
- 11,00 m Sand
- 13,30 m Schluff
- 15,00 m Schluff. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 22 212/1975

Lage: SW Riederer Weiher. R 51 790; H 88 660

Ansatzpunkt: 602,211 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 0,70 m Schluff
- 3,40 m Kies
- 4,00 m Schluff mit Steinen. Endteufe

Bohrung 23 216/1975

Lage: SW Riederer Weiher. R 51 960; H 89 040

Ansatzpunkt: 611,229 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 0,50 m Schluff
- 2,20 m Sand
- 5,00 m Sandstein. Marine Baustein-Schichten. Endteufe.

Bohrung 24 219/1975

Lage: NW Riederer Weiher. R 51 910; H 89 220

Ansatzpunkt: 610,773 m ü. NN

- 0,15 m Boden
- 0,70 m Ton
- 3,25 m Schluff
- 3,35 m Stein
- 3,50 m Schluff
- 3,80 m Stein
- 4,00 m Schluff
- 6,00 m Fels. Untere Bunte Molasse. Endteufe

Baugrundbohrungen

Bohrungen der Stadt Penzberg

Bohrung 25 Steigenberg 1/1966

Lage: SW Steigenberg. R 51 68; H 92 15

Ansatzpunkt: 614 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, schluffig, braun
- 2,10 m Schluff, sandig-kiesführend, oben bräunlichgrau, unten grau. Moräne
- 3,50 m Schluff, nach unten zu stärker sandig, mit einzelnen Geröllen -2 cm Ø, mittelgrau. Seeton
- 4,90 m Schluff, feinsandig-kiesig, gelblich-bräunlich. Seeton
- 8,00 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mit einzelnen mm-großen Geröllen mit glatter Oberfläche, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 26 Steigenberg 2/1966

Lage: Steigenberg. R 51 79; H 92 14

Ansatzpunkt: 619 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 4,4 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,8 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, schluffig, braun
- 2,10 m Schluff, sandig, lehmig verwittert, ohne grobe Bestandteile. Moräne
- 2,80 m Schluff, feinsandig-kiesig, braun-grau. Moräne
- 3,50 m Schluff, stark sandig, kleinkiesig, grau. Seeton
- 4,30 m Schluff, stark tonig, mittelgrau
- 6,90 m Kies, mittel-grobkörnig, sandig, braun-grau
- 7,10 m Schluff, stark tonig, gelbbraun. Seeton
- 13,00 m Schluff, wie zuvor, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 27 Steigenberg 3/1966

Lage: Steigenberg. R 51 92; H 92 13

Ansatzpunkt: 622 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 8,4 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 7,7 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, humos, braun
- 3,70 m oben Sand, stark kiesig, unten Kies, stark sandig, braun-grau
- 4,00 m Schluff, sandig, mit Feinkies, gelblich-braun. Seeton
- 7,30 m Schluff, stark tonig, mittel-dunkelgrau. Seeton. 41,1% Karbonat
- 7,60 m Schluff, stark tonig, sandig, mit gut gerundetem Kleinkies, bräunlich. Seeton
- 8,20 m Schluff, stark feinsandig-kiesig, grau. Seeton
- 12,50 m Kies, schluffig-tonig, sandig, grau, z. T. bräunlich. Bei 11 m grobe Gerölle
- 12,60 m Schluff, stark tonig, feinsandig, gelblich, Seeton
- 15,00 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mittelgrau. Seeton 62% Karbonat. Endteufe.

Bohrung 28 Steigenberg 4/1966

Lage: NE Steigenberg. R 52 03; H 92 12

Ansatzpunkt: 620 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 3,0 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,25 m unter Gelände Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, lehmig-schluffig, braun
- 1,10 m Lehm, schluffig, braun. Moräne, verwittert
- 1,70 m Schluff, kiesig, sandig, braun. Moräne
- 2,90 m Feinsand, tonig-schluffig, braun
- 10,20 m Kies, sandig, grau
- 14,00 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 29 Steigenberg 5/1966

Lage: NE Steigenberg. R 52 13; H 92 12

Ansatzpunkt: 620 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 2,9 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,6 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, lehmig, braun
- 0,80 m Schluff, lehmig, sandig-kiesig, braun. Moräne
- 3,00 m Kies, sandig, braungrau
- 3,50 m Schluff, stark tonig, feinsandig, gelblich-braun. Seeton
- 4,20 m Feinsand, tonig, schluffig, kiesig, gelblichbraun
- 8,50 m Kies, z. T. Grobkies, sandig, braungrau
- 13,00 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 30 Steigenberg 6/1966

Lage: E Steigenberg. R 52 23; H 92 09

Ansatzpunkt: 617 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 3,0 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,8 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, lehmig, braun
- 2,10 m Schluff, lehmig, sandig, kiesig, braun. Moräne
- 8,60 m Kies, sandig, grau
- 11,00 m Schluff, stark tonig, feinsandig, schwach kiesig, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 31 Steigenberg 7/1966

Lage: N Neusteigenberg. R 52 31; H 92 05

Ansatzpunkt: 616 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 3,2 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,7 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,20 m Boden, humos, braun
- 0,60 m Torf
- 2,10 m Schluff, tonig, feinsandig, mit Torfresten, grau
- 2,60 m Schluff, stark tonig, feinsandig, braun. Seeton.
- 10,00 m Kies, schwach grobkörnig, stark sandig, braungrau
- 12,00 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mittelgrau. Seeton. Endteufe.

Bohrung 32 Steigenberg 8/1966

Lage: N Neusteigenberg. R 52 41; H 92 01

Ansatzpunkt: 616 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 2,8 m unter Gelände

Ruhewasserspiegel: 2,55 m unter Gelände Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,20 m Boden, schluffig, humos, braun
- 1,90 m Schluff, sandig, kiesig, braun. Moräne
- 5,90 m Kies, sandig, grau
- 6,70 m Feinsand, schluffig, tonig, grau
- 7,60 m Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, mittelgrau. Seeton
- 11,00 m Kies, stark sandig, grau. Endteufe.

Bohrung 33 Steigenberg 9/1966

Lage: NE Neusteigenberg. R 52 52; H 91 97

Ansatzpunkt: 615 m ü. NN

Grundwasserspiegel: 2,4 m ü. NN

Ruhewasserspiegel: 2,0 m unter Gelände

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

- 0,30 m Boden, schluffig, humos, braun
- 1,30 m Schluff, tonig, sandig, kiesig, braun. Moräne
- 3,00 m Feinsand, schluffig, kiesig, braun.
- 8,00 m Grobkies, sandig, schluffig, braungrau. Endteufe.

Bohrungen des Autobahnbauamtes München und anderer:

Bohrungen Penzberg 1-4/1967 für die Landeswohnungsfürsorge

Lage: N Schwadergraben. R 53 68; H 90 41

Ansatzpunkte: 591-592 m ü. NN

Sachbearbeiter: W. STEPHAN

Bohrung 34 Penzberg 1/1967

- 0,35 m Humus mit etwas Kies
- 1,20 m oben Schluff, stark tonig, feinsandig, grau-braun. Seeton, evtl. umgelagert; unten Grobkies und humose Lage
- 3,60 m Ton und Schluff, feinsandig, grau. Seeton, durchwurzelt
- 6,60 m Sandmergelstein, grau, bräunlich gefleckt. Untere Bunte Molasse. Endteufe.

Bohrung 35 Penzberg 2/1967

- 0,80 m Humus, Torf, Schluff
- 3,10 m Schluff, stark tonig, humos, bei 2,4 m Holzreste
- 11,70 m Ton und Schluff, schwach feinsandig, hellgrau. Seeton
- 13,50 m Sandmergelstein, grau, stark bräunlich gefleckt. Untere Bunte Molasse. Endteufe.

Bohrung 36 Realschule Penzberg 16/1967

Lage: Karlstr. R 53 23; H 90 76

Ansatzpunkt: 599,60 m ü. NN

Aufnahme: W. STEPHAN

- 6,10 m aufgefüllt
- 6,45 m Mergel, tonig verwittert. Penzberger Liegend-Flözgruppe, unterer Teil
- 7,50 m Mergel, verwittert, im Übergang
- 9,90 m Mergel, grau, mild
- 10,70 m Pechkohle (5 cm mächtig) und Stinkstein
- 15,00 m Mergel, mild, fossilfrei, grau. Bei 12,50 m mit kalkreicheren Lagen, gebändert. Einfallen 71°. Endteufe.

Hinweis: Im Auftrag des Landratsamtes Weilheim wurden auf dem Baugrundstück insgesamt 18 Bohrungen abgeteuft. Die Bohrung 16 stand in dem zum Säubach abfallenden Gelände. Die Auffüllung betrug in den anderen Bohrungen nur ca. 0,6 m.

Bohrungen des Autobahnbauamtes München

Aufnahme: Autobahnbauamt, W. STEPHAN

Bohrung 37 Iffeldorf 2/1966

Lage: SW-Hang Sonnen-Berg. R 50 43; H 92 62

Ansatzpunkt: 605,5 m ü. NN

Grundwasseraustritt: 1,15 m unter Gelände

- 0,50 m Boden. stark humos
- 4,50 m Schluff, tonig, gelbbraun-bunt. Verwitterte Mergel, Bunte Molasse
- 9,50 m Mergelstein, graublau-bunt.
- 13,80 m Mergelsandstein, bunt
- 20,20 m Sandmergelstein, graublau. Endteufe.

Bohrung 38 Iffeldorf 5/1966

Lage: S B. W. Sonnen-Berg. R 50 38; H 92 54

Ansatzpunkt: 601 m ü. NN

Grundwasseraustritt: 0,6 m und 1,1 m unter Gelände

- 0,40 m Boden, schluffig-tonig, humos
- 1,10 m Ton, schwach kiesig, gelbbraun
- 1,40 m Torf
- 1,70 m Schluff-Ton, torfhaltig
- 2,10 m Ton, schluffig, grau
- 4,60 m Kies, schluffig-sandig, grau
- 5,20 m Feinsand, schluffig, gelbbraun
- 6,00 m Mergelstein, hellblaugrau-gelbbraun. Bunte Molasse
- 20,50 m Mergelstein, bunt. Endteufe.

Bohrung 39 Iffeldorf 7/2 1966

Lage: SW Sonnen-Berg. R 50 18; H 92 24

Ansatzpunkt: ca. 616 m ü. NN

- 0,10 m Humus
- 0,60 m rötliche, braungelbe, schwach lehmige Sande-Grobsande mit etwas Feinkies
- 2,00 m toniger Schluff-schluffiger Ton; grünliche, graue-gelbgraue Seetone, glimmerreich
- 2,30 m nicht aufgenommen (Kübelprobe, wohl von Seeton)
- 3,50 m bräunlich-gelbliche Moräne
- 4,80 m sandig, schluffiger Kies, grau. Moräne
- 5,60 m kiesiger, stark sandiger Schluff, gelblichgrau, fest. Moräne
- 7,70 m kiesiger, stark sandiger, schwach toniger Schluff, grau. Grundmoräne mit großen Geschieben
- 10,50 m gelbliche-grünlichgraue, verwitterte Bunte Molasse. Untere Bunte Molasse
- 11,50 m graue, braunefleckte Sandmergelsteine
- 12,50 m grauer, stark braunefleckter Sandmergelstein. Einfallen ca. 50°. Verbohrt und Kiesnachfall
- 15,60 m Sandmergel wie zuvor, teils verbohrt und Kiesnachfall. Bei 14,5 m Sandmergelstein etwas dunkler als zuvor und mergelreicher
- 18,60 m Sandmergelsteine wie zuvor, teils verbohrt. Bei 18,6 m blaugrauer-grüngrauer, stark braunefleckter Mergelstein
- 19,00 m graue-dunkelgraue Mergelsteine, z. T. braunefleckt. Endteufe.

Bohrung 40 Iffeldorf 7/3 1966

Lage: SW Sonnen-Berg. R 50 14; H 92 15

Ansatzpunkt: 625,4 m ü. NN

- 0,30 m Humus
- 0,90 m rostbrauner Schluff, tonig-sandig
- 4,00 m hellbrauner Fein-Mittelsand, oben schwach kiesig, sonst schluffig-schwach schluffig
- 5,50 m hellbrauner Sand, schwach schluffig, schwach grobkiesig
- 7,00 m mittelbrauner Schluff, stark feinsandig. Seeton
- 7,70 m braun-grauer gefleckter Ton, sandig, schluffig
- 13,50 m schluffig, sandiger, steiniger Kies, braungrau. Moräne
- 14,30 m sandig-kiesiger, steiniger Schluff, graublau-braun. Moräne
- 13,30 m schwach schluffiger, sandiger Kies, braungrau. Moräne. Endteufe.

Bohrung 41 Iffeldorf 8/2 1966

Lage: SW Sonnen-Berg. R 50 10; H 92 07

Ansatzpunkt: ca. 618 m ü. NN

- 0,10 m Humus
- 2,50 m schwach bräunlichgrauer Sand, z. T. feinkiesig
- 3,00 m schwach kiesiger, schwach sandiger Schluff, grau. ? Seeton
- 4,50 m schluffiger Kies, grau. Lagenweis stark schluffig
- 4,90 m stark sandiger, schwach schluffiger Kies, grau
- 7,80 m schluffiger Kies, grau. Lagenweis stark schluffig
- 11,30 m braun und weinrot gefleckte Sandmergelsteine der Bunten Molasse, verwittert. Von 6,8–11,0 m eine sandige Lage. Untere Bunte Molasse. Bei 11,3 m graue-blaugraue schmierige Mergel, stark braungefleckt, vereinzelt mit weinroten Flecken.
- 14,00 m graue, stark braungefleckte Sandmergelsteine. Bei 13,4 m graue-blaugraue schmierige Mergel, stark braunfleckig, flaserig geschichtet mit einzelnen kalkreicheren Lagen. Einfallen 50–55°. Endteufe.

Bohrung 42 Iffeldorf 8/4 1966

Lage: SW Sonnen-Berg. R 50 06; H 91 99

Ansatzpunkt: ca. 622 m ü. NN

- 9,00 m nicht aufgenommen
- 12,60 m mittelgraue Grundmoräne. Dichte seetonartige Grundmasse durchsetzt von kleinen Geröllen und einzelnen Geschieben bis 5 cm Ø mit meist ziemlich glatten Oberflächen. Nur vereinzelt gekritzte kalkalpine Geschiebe. Kein Kristallin beobachtet
- 13,10 m Grundmoräne wie zuvor, jedoch hellbräunlich-grau. Bei 12,7 m Torfreste (?)
- 14,10 m bräunlich verwitterte, lehmige Molassemergel. Untere Bunte Molasse
- 14,50 m hellbläulichgraue, verwitterte Mergel
- 15,00 m bräunlich verwitterte Mergel. Schichtung nicht meßbar. Endteufe.

Bohrung 43 Iffeldorf 17/0 1966

Lage: Antdorfer Tal, SW Breinetsried. R 50 03; H 89 76

Ansatzpunkt: ca. 608 m ü. NN

- 0,90 m Mutterboden und anmooriger Boden
- 10,00 m grauer Grobkies, besonders oberhalb 6/7 m. Kalkalpin-Gerölle. In den höheren Lagen schluffreicher und weniger gut gerundete Gerölle
- 11,00 m grauer Mittelkies, z. T. gut gerundete Kalkalpin-Gerölle
- 13,00 m grauer sandiger Fein-Mittelkies, wenig Grobkies. Vor allem gut gerundete Kalkalpin-Gerölle ohne auffallenden Kristallinbestand
- 13,40 m ockergrauer, schwach kiesiger Ton mit einzelnen Holzresten, fest gelagert
- 15,00 m grauer Feinkies im oberen, Grobkies im unteren Teil, fest gelagert. Endteufe.

Bohrung 44 Penzberger Kreuz 23/1970

Lage: E Riederer Weiher. R 52 78; H 89 24

Ansatzpunkt: ca. 630,85 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 3,40 m Schluff, sandig, kiesig, rötlich-dunkelbraun. Moräne, verwittert
- 3,80 m Konglomerat, grau-braun. Untere Brackwasser Molasse
- 7,20 m Mergelstein, grüngrau, hart
- 7,50 m Pechkohle
- 9,00 m Mergelstein, dunkelgrau, hart
- 10,80 m Sandstein, feinkörnig, grau, hart
- 15,50 m Mergelstein, dunkelgrau, hart
- 18,50 m Sandstein, sehr feinkörnig, sehr hart, klüftig, dunkelgrau-grau
- 20,00 m Mergelstein, dunkelgrau, hart. Endteufe.

Hinweis: Die Molasseschichten fallen in allen Bohrungen Penzberger Kreuz 1970/1971 sehr steil ein.

Bohrung 45 Penzberg Kreuz 24/1970

Lage: E Riederer Weiher. R 52 64; H 89 21

Ansatzpunkt: 626,72 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 3,70 m Schluff, schwach kiesig, stark sandig, schwach tonig, hellbraun. Grundmoräne: Molassemergel mit Geschieben
- 4,70 m Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig, hellbraun. ? Moräne
- 6,10 m Ton, schluffig, schwach feinsandig, schwach kiesig, blaugrau. ? Moräne
- 7,10 m Mergelstein, dunkelgrau, hart. Untere Brackwasser Molasse
- 8,00 m Pechkohle
- 11,20 m Mergelstein, grau, hart mit brackischen Fossilien
- 12,40 m Pechkohle
- 15,00 m Mergelstein, grau, hart mit brackischen Fossilien. Endteufe.

Bohrung 46 Penzberger Kreuz 25/1970

Lage: E Riederer Weiher. R 52 54; H 89 19

Ansatzpunkt: 623,66 m ü. NN

- 0,50 m Boden
- 2,00 m Schluff, sandig, kiesig, tonig, schwach steinig, dunkelbraun. Moräne, verwittert
- 5,40 m Schluff, schwach steinig, kiesig, sandig, schwach tonig, hellbraun. Moräne
- 6,40 m Mergel, hell-dunkelgrüngrau. Untere Brackwasser Molasse
- 10,00 m Mergelstein, hell-dunkelgrüngrau, hart, brüchig. Endteufe.

Bohrung 47 Penzberger Kreuz 26/1970

Lage: E Riederer Weiher. R 52 42; H 89 19

Ansatzpunkt: 624,80 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 1,20 m Sandstein, mürbe, verwittert, braun. Untere Brackwasser Molasse
- 9,60 m Sandstein, grau-braun – blaugrau, klüftig
- 10,00 m Sandstein, mergelig, dunkelgrau. Endteufe

Bohrung 48 Penzberger Kreuz 27/1970

Lage: NE Riederer Weiher. R 52 31; H 89 20

Ansatzpunkt: 615,50 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 1,40 m Geschiebblock
- 2,00 m Schluff, schwach kiesig, sandig, organisch, braun. Moräne
- 5,00 m Mergel, gelbbraun, verwittert. Untere Brackwasser Molasse. Endteufe.

Bohrung 49 Penzberger Kreuz 28/1970

Lage: NE Riederer Weiher. R 52 21; H 89 21

Ansatzpunkt: 608,23 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 0,80 m Torf
- 4,90 m Ton, stark schluffig, schwach feinsandig, kiesig, grau. Moräne
- 7,30 m Sandstein, feinkörnig, klüftig, hellgrau. Untere Brackwasser Molasse
- 10,30 m Sandmergelstein, grau, bunt gefleckt. Endteufe.

Bohrung 50 Penzberger Kreuz 29/1970

Lage: N Riederer Weiher. R 52 04; H 89 22

Ansatzpunkt: 607,83 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 2,50 m Torf, schwach schluffig, schwarzbraun
- 4,20 m Schluff, kiesig, sandig, schwach tonig, dunkelgrau. Moräne
- 9,00 m Sandmergelsteine und geringmächtige Sandsteinlagen, graugelb, bis 6,0 m verwittert, brüchig. Endteufe.

Bohrung 51 Penzberger Kreuz 30/1970

Lage: NW Riederer Weiher. R 51 80; H 89 23

Ansatzpunkt: 611,69 m ü. NN

- 0,20 m Boden
- 4,40 m Torf, dunkelbraun mit Holzresten
- 5,00 m Ton, stark schluffig, feinsandig. Endteufe.

Bohrung 52 Penzberger Kreuz 31/1970

Lage: NW Riederer Weiher. R 51 68; H 89 23

Ansatzpunkt: 623,74 m ü. NN

- 0,10 m Boden, dunkelbraun
- 0,80 m Schluff, dunkelbraun. Mergel, tief verwittert. Untere Bunte Molasse
- 4,00 m Mergel, grau gelb, verwittert
- 8,00 m Mergelstein, hart
- 12,00 m wie zuvor, sehr hart. Endteufe.

Bohrung 53 Penzberger Kreuz 32/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 51 32; H 89 27

Ansatzpunkt: 609,61 m ü. NN

- 0,30 m Boden
- 1,60 m Torf, dunkelbraun
- 3,00 m Sand, stark schluffig, schwach kiesig
- 6,20 m Mergelstein, brüchig, gelblichgrau, verwittert. Untere Bunte Molasse
- 9,20 m Mergelstein, stark sandig, grau
- 10,00 m Sandstein, feinkörnig, hart, grau. Endteufe.

Bohrung 54 Penzberger Kreuz 33/1971

Lage: W Riederer Weiher. R 51 22; H 89 29

Ansatzpunkt: 609,63 m ü. NN

- 2,20 m Torf
- 3,70 m Sand, schluffig, schwach kiesig
- 5,00 m Übergang in anstehende Untere Bunte Molasse. Endteufe

Bohrung 55 Penzberger Kreuz 34/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 51 13; H 89 31

Ansatzpunkt: 609,95 m ü. NN

- 0,10 m Boden, braun
- 0,70 m Torf
- 2,40 m Mergel, gelbbraun, verwittert. Untere Bunte Molasse
- 5,00 m Mergelstein, stark feinsandig, grau gelb. Endteufe

Bohrung 56 Penzberger Kreuz 35/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 50 84; H 89 37

Ansatzpunkt: 614,37 m ü. NN

- 2,40 m Torf
- 3,00 m Ton, schluffig, stark organisch, braun
- 5,60 m Ton, stark schluffig, schwach feinsandig, graugrün. Seeton
- 8,60 m Sandmergelstein, hart, grau. Untere Bunte Molasse
- 10,00 m Kalkmergelstein, hart, dunkelgrau. Endteufe.

Bohrung 57 Penzberger Kreuz 36/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 50 56; H 89 42

Ansatzpunkt: 620,18 m ü. NN

- 0,60 m Boden
- 2,00 m Mergel, sandig, bis 0,8 m grau, rostfleckig, unterhalb braun, verwittert. Untere Bunte Molasse
- 3,00 m Mergel, sandig, grüingrau – gelbbraun
- 8,00 m Mergelsteine, hellgrau-gelbbraun, braun-rot gefleckt, angewittert. Endteufe.

Bohrung 58 Penzberger Kreuz 37/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 50 31; H 89 45

Ansatzpunkt: 620,81 m ü. NN

- 2,40 m Torf, dunkelbraun
- 3,50 m Schluff, stark steinig, kiesig, sandig, gelbgrau. Moräne
- 5,00 m Sandmergelstein, hart, graugrün. Untere Bunte Molasse
- 8,00 m Sandstein, mergelig, hart, klüftig, grau. Endteufe.

Bohrung 59 Penzberger Kreuz 38/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 50 09; H 89 51

Ansatzpunkt: 621,44 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 2,50 m Feinsandstein, schwach mergelig, stark brüchig, braun, unten grau. Untere Bunte Molasse
- 3,80 m Mergelstein, hart, grau-gelbgrau
- 5,20 m Sandstein, feinkörnig, hellgrau, brüchig, unten hart
- 6,30 m Sandstein, schwach mergelig, hellgrau
- 10,00 m Sandmergelsteine mit Sandsteinlagen, hellgrau, braun gefleckt. Endteufe.

Bohrung 60 Penzberger Kreuz SM 1/1970

Lage: W Riederer Weiher. R 50 25; H 89 57

Ansatzpunkt: 615,81 m ü. NN

- 0,10 m Boden
- 0,80 m Sandmergelsteine, verwittert. Untere Bunte Molasse
- 4,80 m Sandsteine, feinkörnig, und Sandmergelsteine in Wechsellagerung. Endteufe

Wasserbohrungen

Bohrung 61 Mürnsee VB 1/1952

Lage: E Mürnsee. R 57 64; H 90 77

Ansatzpunkt: ca. 601 m ü. NN

- 0,80 m Ton mit Kies
- 3,20 m Kies
- 6,20 m Ton
- 9,10 m Sand. Unterhalb Ton.

Bohrung 62 Mürnsee 1/1952

Lage: E Mürnsee. R 57 48; H 90 72

Ansatzpunkt: ca. 595 m ü. NN

- 1,10 m Kies
- 2,40 m Sand mit Tonbändern
- 3,30 m Sand mit Kies
- 5,00 m Sand. Endteufe

Bohrung 63 Bichl VB I/1958

Lage: Steinbach-Tal. R 57 73; H 86 57

Ansatzpunkt: ca. 665 m ü. NN

- 0,30 m Waldboden
- 4,00 m Kies
- 5,80 m Steine im Ton
- 10,00 m Ton. Endteufe.

Bohrung 64 Bichl BV II/1958

Lage: Steinbach-Tal. R 57 66; H 86 58

Ansatzpunkt: ca. 665 m ü. NN

- 4,20 m Kies
- 4,80 m Ton mit Steineinlagen
- 5,20 m Stein
- 7,00 m Ton. Endteufe.

Bohrung 65 Schönrain 1960

Lage: SW Schönrain. R 59 31; H 93 77

Ansatzpunkt: ca. 625 m ü. NN

- 0,70 m Ton
- 1,10 m mooriger Boden und Holzreste
- 1,60 m Mergel
- 3,60 m Ton
- 4,40 m Kies
- 6,50 m Braunkohle
- 10,00 m Ton. Endteufe.

Bohrung 66 Bichl HB I/1962

Lage: SW Bichl. R 55 60; H 86 69

Ansatzpunkt: ca. 616 m ü. NN

- 0,20 m Mutterboden
- 6,10 m Ton
- 7,20 m Kies
- 7,90 m Sand und Kies
- 8,10 m Ton
- 8,60 m Kies
- 9,50 m Schluff
- 10,00 m Kies. Endteufe.

Bohrung 67 Bichl HB II/1962

Lage: SW Bichl. R 55 60; H 86 55

Ansatzpunkt: ca. 617 m ü. NN

- 0,20 m Mutterboden
- 9,50 m Ton
- 11,10 m Kies
- 12,20 m Lehm
- 13,80 m Kies
- 21,00 m Schluff. Endteufe.

Bohrung 68 Bad Heilbrunn HB I/1965

Lage: NW Unter-Steinbach. R 57 15; H 88 53

Ansatzpunkt: ca. 610 m ü. NN

- 0,30 m Humus
- 0,60 m Feinsand
- 1,00 m Letten
- 2,80 m Schotter
- 5,90 m Moorsand und Torf
- 6,20 m Torf
- 8,00 m Moorsand und Torf
- 10,00 m Kies
- 10,30 m Torf und Moorsand
- 11,10 m Kies
- 14,50 m Seeschlick, Moorsand
- 16,10 m Kies
- 16,70 m Letten
- 17,10 m Moorsand
- 17,50 m Kies
- 17,70 m Moor mit Sand
- 25,00 m Kies
- 30,00 m Ton. Endteufe.

Bohrung 69 Sindelsdorf VB 2/1968

Lage: SW Urthal. R 51 74; H 87 79

Ansatzpunkt: 602,5 m ü. NN

- 0,20 m Humus
- 9,80 m Kies
- 12,00 m Sand
- 14,00 m Ton. Endteufe

Anmerkung: Die Versuchsbohrung wurde als Hauptbohrung weitergeführt.

Bohrung 70 Benediktbeuern HB I/1971

Lage: NW Benediktbeuern. R 55 49; H 86 24

Ansatzpunkt: ca. 617 m ü. NN

- 0,60 m Mutterboden
- 2,80 m Ton
- 9,40 m Kies
- 9,90 m Ton
- 12,70 m Kies
- 13,30 m Sand
- 28,50 m Kies
- 34,00 m Ton. Endteufe.

Bohrung 71 Bad Heilbrunn HB II/1972

Lage: NW Unter-Steinbach. R 57 16; H 88 53

Ansatzpunkt: ca. 610 m ü. NN

Ruhewasserspiegel: 2,15 m unter Gelände am 16.6.1972

- 0,30 m Mutterboden
- 2,10 m Ton
- 3,10 m Schlick
- 9,20 m Ton mit Holzstücken
- 10,40 m Kies mit Schlick und Holzstücken
- 12,70 m Ton mit Sand, Torf und Holzstücken
- 14,20 m Kies
- 15,20 m Ton mit Holzstücken
- 21,60 m Kies
- 26,30 m Sand und Kies
- 27,50 m Sand mit Ton
- 30,00 m Ton. Endteufe.

Aufschlußbohrungen des Bergwerks Penzberg

Bohrung 72 Höfen 3/1948

Lage: NW Höfen. R 59 60; H 95 16

Ansatzpunkt: ca. 600 m ü. NN

Aufnahme: Markscheider

- 3,50 m Sand, Tuffstein
- 6,10 m Sand, Kies

- 8,10 m Kies und Letten in Wechsellagerung
- 10,80 m Tegel
- 17,50 m Geschiebemergel
- 22,00 m wie zuvor mit Letten und Kiesel
- 23,90 m Letten mit Kiesel
- 26,80 m Kies
- 28,50 m Letten mit Kiesel
- 32,80 m Letten, Mergel, Kies, Granitgerölle
- 33,10 m Kohlenstücke
- 38,60 m Mergel, Sand
- 48,00 m Kies, Sand
- 50,10 m Lehm, Kies, Quarzgerölle
- 50,60 m Kies
- 52,00 m Lehm, Kies, Sand
- 59,30 m Sandstein der Molasse, hart. Endteufe.

Anmerkungen: Vor 38,6 m Gasausbläser, Öl- und Kohlespuren. Vor 50,6 m 2 starke Gasausbläser. Vor 52,0 m Ölsuren. Vor 59,3 m Ölsuren und Gas.

Bohrung 73 Höfen 4/1948

Lage: NW Höfen. R 59 56; H 95 15

Ansatzpunkt: ca. 598 m ü. NN

Aufnahme: Markscheider

- 6,00 m Tuff, Kies Sand
- 22,00 m oben blauer Ton, unten Letten
- 30,00 m Quarz-Kies und Sand; an der Basis Flysch-Kies
- 33,00 m Sand, Letten mit Flysch-Kies
- 38,00 m Mergel mit Steinlagen
- 41,00 m Mergel. Bei 41 m harter Stein
- 44,00 m Sandstein
- 45,00 m harter Stein
- 49,00 m harter Sandstein
- 54,00 m oben sandiger Mergel, unten Ton und Mergel
- 56,00 m bunte Molasse
- 58,00 m Lehm, Sand, Mergel
- 60,00 m lehmiger Sand
- 62,00 m harter Sandstein
- 64,00 m Mergel
- 65,00 m harter Sandstein
- 67,00 m Mergel, Letten
- 69,00 m Sandstein
- 94,00 m Molasse in wechselnder Ausbildung wie zuvor. Von 85-87 m grauer Sandstein mit Muscheln
- 97,00 m sehr harter Steinmergel. Endteufe.

Anmerkung: E. HARTMANN hat die Kerne durchgesehen, die jedoch nicht mehr geordnet und ohne Teufenangaben waren. Nach HARTMANN zeigen die Kerne deutlich, daß unter dem Quartär, dessen Unterkante fraglich ist, eine

stark verknietete mylonitisierte steilstehende Störungszone durchfahren wurde. In ihr sind Cyrenenschichten einerseits und andererseits Bunte Molasse, Obere Meeremolasse und Obere Süßwassermolasse vertreten. Aus 91 m gibt HARTMANN Flyschkieselkalkkonglomerate der Oberen Süßwassermolasse an und oberhalb 91 m: a) steilgestellte flatschige grüngraue, braungefleckte, teilweise tonige Mergel. b) feinkörnige sehr harte grünliche oder grünlichgraue, glaukonitführende, von Kalzitadern durchsetzte Sandsteine. Evtl. noch Obere Bunte Molasse. c) bräunlich verwitternde, bräunlich-grüngraue gefleckte ziemlich grobe, feste Konglomerate (? Quartär) mit eckigen, abgerollten grüngrauen Sandsteinbrocken und vielen kleinen abgerollten Quarzkörnern in einem sandig-kalkigen Bindemittel.

Bohrung 74 Bernwies 12

Lage: N Bernwies. R 61 45; H 94 19

Ansatzpunkt: ca. 632 m ü. NN

Aufnahme: Markscheider

- 2,20 m Torf
- 5,20 m Sand
- 27,20 m Kies
- 42,00 m grauer Sand
- 43,20 m Mergel mit Kohlespuren. Einfallen steil
- 46,80 m lettiger Sandstein
- 55,20 m Mergel, Letten und lettiger Mergel
- 58,50 m lettiger Mergel. Endteufe.

Bohrung 75 Penzberg-proj. Kraftwerk 5/1964

Lage: SE E-Werk. R 53 80; H 91 12

Ansatzpunkt: ca. 615 m ü. NN

Aufnahme: W. STEPHAN

- 1,00 m aufgefüllt
- 3,50 m Kalkmergel, tonig, hellgrünlichgrau. Bis 2 m gelblich verwittert
- 6,00 m Kalkmergel, hellgrünlichgrau
- 10,90 m Mergel, kalkreich, mittelgrau und grünlichgrau mit Landschnecken
- 15,30 m Mergel mild, grünlich-mittelgrau mit großwüchsigen *Tympanotonus* sowie Jugendformen von *Tympanotonus* und *Polymesoda*. Endteufe.

Bohrung Penzberg-proj. Kraftwerk 6/1964. Vgl. 5/1964

- 0,30 m aufgefüllt
- 3,50 m Mergel, gelblich verwittert
- 14,00 m Mergel, kalkreich, hellgrau. Von 9–11 m mit *Polymesoda*, bei 11 m besonders große doppelklappige Exemplare.

Bohrung Penzberg-proj. Kraftwerk 7/1964. Vgl. 5/1964

- 0,50 m aufgefüllt
- 4,00 m Mergel, mild, bräunlich-gelblich, verwittert

- 6,00 m Mergel, grau, braun gefleckt
- 7,30 m Mergel, hellgrau. Unten Fossilreste
- 11,50 m Mergel, mild, hellgrau mit *Tympanotonus*, *Psammobia*, *Polymesoda*
- 13,40 m Mergel, mild, toniger als zuvor, grüngrau mit einzelnen *Polymesoda*. Endteufe.

Bohrung Penzberg-proj. Kraftwerk 8/1964. Vgl. 5/1964

- 0,30 m Boden
- 4,00 m Sandstein, sehr feinkörnig, mürb, gelblich verwittert
- 4,60 m Kohle, Letten
- 4,90 m Stinkstein, Mergel
- 6,50 m Mergel, kalkreich, schwach grünlich-hellgrau, u. a. mit *Tympanotonus*, *Psammobia*, *Mytilus*
- 9,30 m Mergel, hellgrünlichgrau mit *Tympanotonus* und *Polymesoda convexa*. Bei 7,8 m ein Melanopsis-Pflaster, bei 8,6 m ein Muschelpflaster mit einzelnen, sehr großen *Polymesoda*
- 10,10 m Letten, kohlig, u. a. mit *Coretus*
- 11,20 m Mergel, dunkelgrau-bräunlich, mit kohligen Resten und Fossilresten
- 18,00 m Kalkmergel, muschelrig brechend, hellgrau. In dunklen Lagen Blattreste und Muschelbrut. Unten große Exemplare und Lagen mit *Polymesoda convexa*. Endteufe.

Bohrung Penzberg-proj. Kraftwerk 9/1964. Vgl. 5/1964

- 0,20 m aufgefüllt
- 11,30 m fein-mittelnkörniger Sandstein. Bis 4 m gelblich verwittert
- 14,60 m fein-mittelnkörniger, „schaumiger“ Mürbsandstein, hellgrau. Bei 12,6 m kohlige Treibholzreste. Endteufe.

Bohrung Penzberg-proj. Kraftwerk 10/1964. Vgl. 5/1964

- 0,30 m aufgefüllt
- 1,00 m Mergel und Sandstein, verwittert
- 14,00 m sehr feinkörniger Sandstein, hellgrau. Oben gelblich verwittert. Endteufe.

Anmerkung: Einfallen der Schichten in allen Bohrungen ca. 76°. Die Bohrungen Penzberg-projektirtes Kraftwerk 5 bis 10/1964 standen auf engem Raum. Lage, Ansatzpunkt (614–617 m ü. NN) und Aufnahme vgl. Bohrung 5.

Aufschlußbohrungen der Deutschen Erdöl-Aktiengesellschaft

Bohrung 76 Königsdorf 2/1961

Lage: W Bernwies. R 60 701; H 93 608

Ansatzpunkt: ca. 640 m ü. NN

Sachbearbeiter: K. HRUBESCH, B. PAULUS

- 10,00 m Moränenschotter
- 1492,00 m vorwiegend graue Tonmergel, bräunlich, grünlich und violettrot gefleckt. Mit Characéen. Ferner graue Kalksandsteine

- 1594,00 m graue Tonmergel, z. T. bunt gefleckt, und graue Kalksandsteine. Untergeordnet Stinksteine und wenig Glanzkohle. *Ammonia beccarii* und brackische Ostrakoden
- 1655,00 m vorwiegend graue Kalksandsteine, z. T. kreuzgeschichtet, mit Linsen, Flasern und Lagen von dunkelgrauem Tonmergel. Reiche marine Molluskenfauna der „Höheren Bausteinschichten“
- 1780,00 m graue Kalksandsteine und dunkelgraue Tonmergel in Wechsellagerung, mit niedermariner Foraminiferenfauna
- 1903,00 m dunkelgraue, stark sandige Tonmergelsteine und Kalkfeinsandsteine mit artenreicher mariner Foraminiferenfauna
- 1903,00 m Überschiebung
- 1938,50 m graue sandige Tonmergelsteine mit sehr reicher mariner Foraminiferenfauna des Rainer-Mühle-Horizonts, die Greimelberg-Fauna überdeckend
- 1979,70 m Oberer Nonnenwaldsand: mittel-grobkörnige Sandsteine, z. T. kreuzgeschichtet, etwas glaukonitisch, \pm kalkiges Bindemittel mit schlecht erhaltenen marinen Mollusken und Treibholz
- 2137,00 m graue Tonmergelsteine und Kalksandsteine. Mehrere Pechkohlenflöze und Stinksteinbänke. Brackische Mollusken, Foraminiferen und Ostrakoden
- 2162,00 m Unterer Nonnenwaldsand: Sandstein und Kalksandstein, schwach glaukonitisch
- 2364,00 m vorwiegend graue Tonmergelsteine, ferner Kalksandsteine, Kohlenflöze und Stinksteine. Brackische Mollusken, Foraminiferen und Ostrakoden. Endteufe.

Anmerkung: Die im S-Flügel der Nonnenwald-Mulde angesetzte Bohrung erreichte unter der Überschiebung die ungefaltete Molasse, deren Speicher alle verwässert waren.

Bohrung 77 Bad Heilbrunn 102/19??

Lage: NNE Unter-Steinbach. R 57 628; H 88 680

Ansatzpunkt: ca. 607 m ü. NN

- 0,30 m Boden
- 1,00 m Lehm und Schotter. Vorwiegend Feinkies, seltener Mittelkies, kantengerundet
- 6,00 m vorwiegend Feinkies, etwas Mittelkies
- 8,00 m vorwiegend Mittel- und Grobkies
- 10,00 m vorwiegend Feinkies mit etwas Mittelkies
- 14,00 m vorwiegend Grobkies mit etwas Mittel- und Feinkies. Gerölle mäßig bis gut kantengerundet
- 30,00 m Schotter und hellgrüngrauer, feinsandiger Tonmergel, sehr weich. Vorwiegend Fein-Mittelkies, auch Grobkies. Gerölle mäßig bis gut kantengerundet, z. T. auch gut gerundet. Bei 29 m vorwiegend grobkiesig. Proben mit Oberkreide und Eozän-Mikrofauna des Helvetikums
- 32,50 m Kalkfeinsandstein, mittelgrüngrau, hart, dicht, splittrig, chloritisch, stark glimmerig. Untergeordnet mittelgrüngraue Tonmergel

- 117,50 m vorwiegend mittelgraugrüne Tonmergel, sehr weich, seltener mittelgraugrüne Kalkmergelsteine. – Mikrofossilreiche marine Kalkmergel der helvetischen Oberkreide (Untercampan-Santon). Äquivalent der Amdener Schichten im Allgäu bzw. der Leistmergel im Schlierseer Gebiet. Unterhalb ? Tonmergel-Schichten, ? Deutenhausener Schichten, ? Störungszone. Endteufe.

Bohrung 78 Bad Heilbrunn 101/19??

Lage: W Baumberg. R 57 686; H 88 884

Ansatzpunkt: ca. 603 m ü. NN

- 0,40 m ockerbrauner Lehm und scharfkantiger Feinkies, wenig Grobkies
- bei 1,50 m hellgrauer Ton
- bei 2,50 m scharfkantiger, splittiger Feinkies
- bei 4,50 m Grobkies, eckig-schwach kantengerundet
- bei 6,00 m Moor
- bei 9,00 m vorwiegend Mittel-Grobkies, wenig kantengerundet, etwas hellgrauer Ton
- bei 10,00 m überwiegend hellgrauer Ton und Torf, wenig Schotter
- bei 15,00 m vorwiegend Mittel-Grobkies, wenig kantengerundet, etwas hellgrauer Ton
- 17,50-18,30 m vorwiegend hellgrauer Ton, etwas Mittel-Grobkies
- 27,50 m Tonmergel und Fein-Grobkies, aus vorwiegend Flysch und Helvetikum
- 72,40 m Tonmergel-Schichten ohne autochthone Mikrofauna. Endteufe.

Aufschlußbohrungen der Preußag

Bohrung 79 Sindelsdorf 1001/19??

Lage: SE Sindelsdorf. R 50 44; H 86 57

Ansatzpunkt: ca. 602 m ü. NN

- 56,00 m Klein-Grobmittelkies
- 252,00 m Tonmergelschichten, intensiv gefaltet, brüchig. Endteufe.

Bohrung 80 Sindelsdorf 1003/19??

Lage: ESE Sindelsdorf. R 51 15; H 87 04

Ansatzpunkt: ca. 604 m ü. NN

- 5,00 m Grobmittelkies
- 250,00 m Tonmergel-Schichten, intensiv gefaltet, brüchig. Endteufe.

Bohrung 81 Sindelsdorf 1005/19??

Lage: E Sindelsdorf. R 51 82; H 87 765

Ansatzpunkt: ca. 602 m ü. NN

- 24,00 m Fein-Mittelkies
- 32,00 m Seeton mit etwas Feinkies
- 250,00 m Tonmergel-Schichten, stark tektonisch beansprucht. Endteufe.

Bohrung 82 Sindelsdorf 1006/19??

Lage: NE Sindelsdorf. R 50 88; H 88 08

Ansatzpunkt: ca. 605 m ü. NN

- 0,30 m Mutterboden
- 250,00 m Tonmergelschichten, vgl. B. 1005. Endteufe.

Bohrung 83 Sindelsdorf 1007/19??

Lage: E Sindelsdorf. R 50 66; H 87 42

Ansatzpunkt: ca. 614 m ü. NN

- 7,00 m Mittelkies
- 250,00 m Tonmergel-Schichten, vgl. B. 1005. Endteufe.

Bohrung 84 Sindelsdorf 1010/19??

Lage: S Sindelsdorf, Mühlecker Filz. R 50 15; H 85 25

Ansatzpunkt: ca. 603 m ü. NN

- 122,00 m Torf, Seeton, Kleinsand-Grobmittelkies, teils mergelig
- 195,00 m Wechsellagerung von Quarz-Glimmersandstein mit schwarzem und grauen Tonstein. Deutenhausener Schichten. Endteufe.

Schürfbohrungen der Fa. Seismos

Sachbearbeiter: W. FISCHER & K. CRAMER

Bohrung 85 Kochel 1/1959

Lage: SE Sindelsdorf. R 50 60; H 86 99

Ansatzpunkt: ca. 605 m ü. NN

- 2,00 m Boden, Torf
- 8,00 m Sand, Fein-Mittelkies
- 10,00 m wie zuvor, mit wenig Seeton
- 16,00 m vorwiegend Fein-Mittelkies, Sand, Seeton
- 18,00 m vorwiegend Seeton
- 20,00 m Ton, feinsandig, mit Einzelgeröllen, verfestigt, braungrau
- 24,00 m Seeton mit etwas Feinsand, Fein-Mittelkies
- 34,00 m Fein-Mittelkies, mit wenig Feinsand und wenig Seeton
- 62,00 m vorwiegend Grobkies
- 74,00 m vorwiegend Seeton, z. T. mit Fein-Mittelkies sowie Sand
- 78,00 m vorwiegend Mittel-Grobkies
- 122,00 m Tonmergel, mittelgrau. An der Basis stark verfestigt und gestört. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 86 Kochel 2/1959

Lage: Mühlecker Filz, S Sindelsdorf. R 50 10; H 85 30

Ansatzpunkt: ca. 602,5 m ü. NN

- 6,00 m Torf
- 18,00 m Fein-Mittelkies
- 42,00 m vorwiegend Seeton, grau

- 64,00 m Fein-Mittelkies
- 76,00 m Mittelkies, wenig Seeton. Von 66-74 m Mittelkies
- 95,00 m Fein-Mittelkies. Endteufe.

Bohrung 87 Kochel 3/1959

Lage: Zwischen Sindelsdorf und Bichl. R 53 33; H 87 70

Ansatzpunkt: ca. 597 m ü. NN

- 8,00 m Torf
- 38,00 m Seeton
- 46,00 m Kalksandsteine, Mergelsteine u. a. ? Helvetikum in Grundmoräne
- 60,00 m Tonmergel, feingeschichtet, z. T. tektonisch stark beansprucht. Einfallen saiger. Tonmergel-Schichten.

Bohrung 88 Kochel 4/1959

Lage: SW Fuchs-Büchel. R 53 125; H 86 75

Ansatzpunkt: ca. 601 m ü. NN

- 8,00 m Torf
- 12,00 m Seeton
- 14,00 m Feinsand, wenig Seeton
- 55,00 m Seeton
- 65,00 m Mergel- und Kalkmergelsteine, feingeschichtet, grünlichgrau mit zahlreichen Kalkspatklüften. Einfallen saiger. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 89 Kochel 9/1959

Lage: SW Bichl. R 55 48; H 86 90

Ansatzpunkt: ca. 615 m ü. NN

- 4,00 m Fein-Mittelkies, Grobsand
- 6,00 m Grob-Feinkies, Grobsand
- 14,00 m Mittelkies, wenig Grobsand
- 22,00 m Kalksteine. Flysch. Einfallen 70°. Endteufe.

Bohrung 90 Kochel 10/1959

Lage: N Bichl. R 56 145; H 87 45

Ansatzpunkt: ca. 620 m ü. NN

- 4,00 m Fein-Grobkies
- 8,00 m Seeton mit Fein-Mittelkies
- 16,00 m Fein-Mittelkies
- 24,00 m Grobkies
- 35,00 m Seeton, sehr weich, wenig Fein-Mittelkies
- 50,00 m Seeton, zäh, sehr wenig Feinkies
- 63,00 m Kalkstein-Kalksandstein, dunkelgrau. Flysch, ? anstehend. Endteufe.

Bohrung 91 Kochel 11/1959

Lage: S Geist-Bühel, N Bichl. R 56 245; H 87 69

Ansatzpunkt: ca. 619 m ü. NN

- 4,00 m sandiger Ton, wenig Feinkies
- 24,00 m Fein-, Mittel- und Grobkiese wechselnd
- 28,00 m Feinkies, wenig Seeton
- 40,00 m Seeton, wenig Feinkies und Grobsand
- 65,00 m sehr grober Schotter, vorwiegend aus dunkelgrauen Kalk- und Kalksandsteinen, wenig Grob-Mittelkies
- 69,00 m Seeton mit etwas Feinkies und Grobsand
- 72,00 m Mittel-Grobkies wie von 40-65 m
- 73,00 m einige zentralalpine Gerölle, Mergelsteine mit Glimmer und Glaukonit, schlecht geschichtet
- 85,00 m Mergelsteine, wie zuvor, umgelagert
- 105,00 m Mergelsteine. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 92 Kochel 12/1959

Lage: N Bichl. R 56 03; H 87 78

Ansatzpunkt: ca. 614 m ü. NN

- 2,00 m Lehm, leicht sandig, gelb, etwas Torf
- 6,00 m Mittel-Feinkies, schwach lehmig
- 22,00 m Fein-Grobkies, schlecht sortiert
- 36,00 m Seeton, wenig Grobsand-Feinkies
- 62,00 m Tonmergelstein, grau, dicht, etwas Kluftkalzit. Seeton
- 71,00 m Glaukonitsandstein, feinkörnig, hellgrün-dunkelgrüngrau, mit dunklen Schlierenhorizonten, kaum geschichtet. Helvetikum
- 75,00 m Ton, giftgrün-schwarz und Glaukonitsandstein
- 90,00 m Glaukonitsandstein, dunkelgrün mit Pyritanreicherungen. Stallauer Grünsandstein
- 121,00 m Tonmergel, mittelgrau, mit Harnischflächen. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 93 Kochel 13/1959

Lage: NNE Geist-Bühel. R 56 335; H 87 945

Ansatzpunkt: ca. 619 m ü. NN

- 6,00 m Mittel-Grobkies
- 8,00 m sehr grober Kies
- 20,00 m Fein-Mittelkies, unsortiert
- 37,00 m Ton, plastisch, sandig, feinkiesig, hellgrau-grünlichgrau
- 65,00 m Tonstein, hellgrau-grünlichgrau, etwas Kluftkalzit, bröcklig-fest
- 81,00 m Mergelstein, blau- bis grüngrau, tektonisch beansprucht. Helvetikum
- 120,00 m Glaukonitkalksandstein, grüngrau, makrofossilführend und Mergelstein mittelgrau-grünlich. (Stockletten). Endteufe.

Bohrung 94 Kochel 14/1959

Lage: W Hof-Filze. R 53 73; H 87 62

Ansatzpunkt: ca. 600 m ü. NN

- 10,00 m Torf, Feinsand, Seeton
- 32,00 m Seetone
- 142,00 m Tonmergel, grau, Feingeschichtet. Einfallen saiger. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 95 Kochel 15 B/1959

Lage: Hof-Filze. R 54 24; H 87 425

Ansatzpunkt: ca. 602 m ü. NN

- 2,00 m Torf
- 10,00 m Grob-Mittelkies
- 16,00 m vorwiegend Seeton, mit Grobsandlagen
- 20,00 m vorwiegend Seeton, mit Feinsand- und Feinkieslagen
- 36,00 m Seeton
- 50,00 m Seeton, etwas zäh
- 52,00 m Flysch-Kalksteine, staubsandig und Kalksandsteine, mittel-hellgrau
- 69,00 m ? wie zuvor
- 70,00 m Flysch-Tonsteine, Tonmergelsteine, dunkelgrau und Mergelkalksteine, mittel-dunkelgrau, tektonisch beansprucht
- 84,00 m ? wie zuvor
- 85,00 m Flysch-Mergelkalksteine, mittelgrau. Endteufe.

Bohrung 96 Kochel 16/1959

Lage: Hof-Filze. R 54 32; H 87 615

Ansatzpunkt: ca. 605 m ü. NN

- 2,00 m Torf
- 6,00 m Seeton
- 10,00 m Grobsand, Feinkies mit Seeton, wechsellagernd
- 15,00 m Mittel-Grobkies
- 40,00 m Seeton
- 50,00 m Flysch-Kalksteine und Sandsteine. Grundmoräne
- 75,00 m Mergelsteine, mittelgrau, tektonisch stark beansprucht. Störungsbreccie. Tonsteine und Tonmergelsteine, tektonisch stark durchbewegt. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 97 Kochel 17/1959

Lage: NW Hof-Filze. R 53 77; H 87 84

Ansatzpunkt: ca. 599 m ü. NN

- 7,50 m Torf
- 30,00 m Seeton
- 40,00 m Grundmoräne
- 63,00 m ?

- 65,00 m Tonmergel-Mergel (?Stockletten), dunkelgrau, mylonitisiert. ? Helvetikum. ? Grundmoräne
- 89,00 m ?
- 93,00 m Tonmergel, mittelgrau, feingeschichtet. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 98 Kochel 18/1959

Lage: linkes Loisach-Ufer, E Sindelsdorf. R 52 36; H 86 90

Ansatzpunkt: ca. 597 m ü. NN

- 10,00 m Torf
- 15,00 m Mittel- und Grobkies
- 18,00 m Seeton mit einzelnen Kieslagen
- 45,00 m Seeton
- 82,00 m Helvetikum. Kern 50–52 m: Mergel, mittel-dunkelgrau, tektonisch stark durchbewegt. Arme Mikrofauna. Vermutlich Pattenauer Schichten. – Kern 62–65 m und 80–82 m: Mergel- und Kalkmergelsteine, mittelgrau, etwas grünstichig, mit vielen Harnischen. Reiche Mikrofauna (Stockletten), Endteufe.

Bohrung 99 Kochel 19 A/1959

Lage: E Sindelsdorf, linkes Loisachufer. R 52 57; H 87 15

Ansatzpunkt: ca. 598 m ü. NN

- 10,00 m Torf
- 18,00 m Mittel-Grobkies
- 30,00 m Seeton
- 35,00 m Kalksandsteine, grobkörnig-feinkonglomeratisch, mittel-hellgrau, mit feinkörnigen Kalksandsteinzwischenlagen
- 37,00 m Kern KG 0,15 m: Kalksandstein, mittel-grobkörnig, hellglimmerreich, mittelgrau. Kalkstein, staubsandig, etwas kieselig, mittelgrau, z. T. grünlichgrau. Evtl. Block aus Grundmoräne
- 132,00 m Sandsteine und Kalksandsteine, fein-mittelkörnig, reichlich dunkle Körner, z. T. brekziös-feinkonglomeratisch, z. T. mit Tonflasern, mittelgrau, z. T. hellgrau. Tonmergel, feinschichtig, gebändert, mittel-dunkelgrau. Einfallen 80–85°. Deutenhausener Schichten. Endteufe.

Bohrung 100 Kochel 19 B/1959

Lage: E Sindelsdorf. R 52 46; H 87 06

Ansatzpunkt: ca. 598 m ü. NN

- 3,00 m Torf
- 20,00 m Mittel-Grobkies
- 40,00 m Seeton
- 60,00 m Tonmergel, mittelgrau und Kalksandsteine, viel Hellglimmer, Kohleflitter, fein-mittelkörnig, Pechkohlereste. Deutenhausener Schichten
- 80,00 m Tonmergel, dunkelgrau-schwach grünlich, mikrofossilführend, tektonisch stark beansprucht. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 101 Kochel 20/1959

Lage: E Sindelsdorf, linkes Loisachufer. R 52 69; H 87 27

Ansatzpunkt: ca. 599 m ü. NN

- 8,00 m Torf
- 20,00 m vorwiegend Grobkies
- 33,00 m Seeton
- 35,00 m Bruchstücke von Tonmergeln, mikrofossilreich, mittel-dunkelgrau, und von Kalksandsteinen des Helvetikums. Grundmoräne
- 93,00 m Tonmergel, feingeschichtet, mittelgrau, z. T. einzelne sandreichere Lagen. Kerne von 50–52 und 60–61 m, mikrofossilfrei. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 102 Kochel 21/1959

Lage: E Sindelsdorf, linkes Loisachufer. R 52 78; H 87 36

Ansatzpunkt: ca. 599 m ü. NN

- 7,00 m Torf
- 15,00 m Mittel- und Grobkies
- 40,00 m Seeton mit einzelnen Fein- und Mittelkieslagen
- 84,00 m Tonmergel, Mikrofossilien selten, tektonisch beansprucht. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 103 Kochel 22/1959

Lage: E Sindelsdorf, linkes Loisachufer. R 52 90; H 87,53

Ansatzpunkt: ca. 597 m ü. NN

- 2,00 m Torf
- 10,00 m Seeton
- 15,00 m Seeton mit Fein- und Grobkieslagen
- 55,00 m Seeton
- 82,50 m Tonmergel, mittel-dunkelgrau, tektonisch stark durchbewegt. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 104 Kochel 23/1959

Lage: E Sindelsdorf, linkes Loisachufer. R 53 04; H 87 76

Ansatzpunkt: ca. 597 m ü. NN

- 2,00 m Torf
- 3,00 m Seeton
- 8,00 m Seeton, fein-grobsandig, schwach mittel-grobkiesig
- 9,00 m Seeton
- 10,50 m Grobkies
- 30,00 m Seeton
- 62,00 m Tonmergel, gebändert, mittelgrau, tektonisch z. T. stark durchbewegt. Einfallen z. T. 45°. Tonmergel-Schichten. Bei ca. 50 m Konglomerat mit schwarzen Dolomiten. Endteufe.

Bohrung 105 Kochel 24/1959

Lage: NNE Geist-Bühel, Bichl. R 56 41; H 88 10

Ansatzpunkt: ca. 616 m ü. NN

- 8,00 m Fein- bis Mittelkies, schwach lehmig, unsortiert. Bachschutt
- 14,00 m Mittel-Grobkies, schwach tonig, unsortiert
- 18,00 m Mittel-Grobkies
- 24,00 m Grobkies
- 30,00 m Fein-Mittelkies, sehr tonig (?Seeton)
- 36,00 m Feinkies
- 40,00 m Seeton, wenig Fein-Mittelkies
- 117,00 m Tonmergelstein, hellbraungrau-grüngrau, glaukonitisch, viel Kluftkalzit, tektonisch stark beansprucht. Einfallen 70–85°. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 106 Kochel 25/1960

Lage: NNE Geist-Bühel, Bichl. R 56 325; H 88 28

Ansatzpunkt: ca. 611 m ü. NN

- 6,00 m Fein-Mittelkies, Tonmergel, schlierig, grau
- 10,00 m Mergel, tonig, schlierig, grau mit Torf und wenig Feinkies
- 14,00 m Mittel-Grobkies, Ton, grau
- 30,00 m Fein-Grobkies, Feinkies nach oben zu abnehmend
- 45,00 m Feinkies, tonig, wenig Grobkies, nach oben zunehmend
- 65,00 m Kalkstein, mittelgrau, sehr hart, mit reicher Mikrofauna. Helvetikum
- 68,50 m Mergelstein, hellgrau, fest, zunehmend nach unten tektonisch beansprucht
- 133,00 m Tonmergelsteine, dunkelgrau, tektonisch verpreßt. Endteufe.

Bohrung 107 Kochel 22/1960

Lage: NNE Geist-Bühel, Bichl. R 56 29; H 88 39

Ansatzpunkt: ca. 608 m ü. NN

- 0,50 m Boden
- 2,00 m Mittel-Grobkies
- 6,00 m Feinkies, tonig, mit Torf
- 9,00 m Feinkies
- 15,00 m Fein-Mittelkies und Kalktuff mit Pflanzenabdrücken
- 20,50 m Fein-Mittelkies, tonig
- 31,00 m Feinkies
- 107,00 m Glaukonitsandstein, hell- und dunkelgrün, makrofossilführend. Stallauer Grünsandstein. Endteufe.

Bohrung 108 Kochel 27/1960

Lage: S Rain. R 56 26; H 88 56

Ansatzpunkt: ca. 607 m ü. NN

- 0,50 m Boden
- 4,00 m Mittel-Grobkies
- 8,00 m Mittel-Grobkies, tonig
- 18,00 m Fein- und Mittelkies, tonig
- 24,00 m Mittel-Grobkies, tonig

- 50,00 m Seeton, grau, mit wenig Feinkies
- 76,00 m Tonmergelstein, mild, mittelgrau. Einfallen 45°. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 109 Kochel 28/1960

Lage: SSW Rain. R 56 20; H 88 82

Ansatzpunkt: ca. 608 m ü. NN

- 0,50 m Boden
- 2,00 m Torf, etwas Mittelkies, tonig
- 4,00 m Fein-Mittelkies, tonig
- 6,00 m Seeton, schwach feinkiesig
- 10,00 m Grobkies
- 13,00 m Fein-Mittelkies
- 20,00 m Seeton, fein-mittelkiesig
- 60,00 m Seeton, schwach feinkiesig
- 67,00 m Tonmergelstein, mittelgrau. Einfallen 90°. Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 110 Kochel 29/1960

Lage: SW Rain. R 55 58; H 88 46

Ansatzpunkt: ca. 602 m ü. NN

- 2,00 m Torf
- 4,00 m Feinkies
- 10,00 m Seeton, schwach feinsandig, etwas Torf, Tonstein, schwarz und blaugrau mit Mollusken, Characeen und Ostrakoden
- 16,00 m wie zuvor, mit Kalktuff
- 18,00 m Grob- und Feinkies, etwas Torf
- 22,00 m Seeton, schwach mittel- bis feinkiesig, Torf
- 55,00 m Seeton, schwach mittelkiesig, Torf
- 76,00 m Tonmergelstein, hell-dunkelgrau, mit Harnischen. Einfallen 50° Tonmergel-Schichten. Endteufe.

Bohrung 111 Kochel 30/1960

Lage: N Bichl. R 55 70; H 88 26

Ansatzpunkt: ca. 606 m ü. NN

- 12,00 m Torf mit Schnecken- und Muschelbrut
- 26,00 m Fein-Mittelkies
- 60,00 m Grobsand-Feinkies, tonig
- 75,00 m Feinkies
- 81,00 m Tonmergelstein, dunkelgrau-schwarz, z. T. fest und feinsandig. Helvetikum. Endteufe.

Bohrung 112 Kochel 31/1960

Lage: E Bichl. R 56 34; H 87 18

Ansatzpunkt: ca. 626 m ü. NN

- 0,50 m Boden
- 4,00 m Grobkies

- 24,00 m Fein–Grobkies
- 39,00 m Fein–Mittelkies
- 70,00 m Fein–Mittelkies, tonig
- 89,00 m Kieselkalk, ungeschichtet, sehr hart, hellgrau, mit zahlreichen Kalzitklüften. Flysch
- 90,00 m wie zuvor und Tonstein, feingeschichtet, z. T. feinsandig, grün und hell-dunkelgrau. Endteufe.

Bohrung 113 Kochel 1/1960 (als Baugrunduntersuchungsbohrung bezeichnet)

Lage: Westrand Anger-Filze. R 52 77; H 86 80

Ansatzpunkt: ca. 599 m ü. NN

- 17,00 m Torf, Seeton
- 21,00 m ? Seeton
- 29,00 m Feinsand, schwach tonig, glimmerig
- 66,00 m Seeton. Von 57–61 m mit einzelnen mittelgroßen Geröllen
- 69,00 m Grobkies. ? Grundmoräne
- 73,30 m Kalkmergelstein, dunkelgrau. Kalkstein mit Hellglimmer, grüngrau. Kalk-Quarzsandstein, glimmerig, mit schwarzen Flittern, mittel-grobkörnig, mit zahlreichen Kalzitklüften. Gerhardsreuter Schichten. Helvetikum
- 75,80 m Sandstein, glimmerreich, mit schwarzen Flittern und einzelnen Tonmergelschmitzen, grob- und feingeschichtet, grau. Einfallen 40–60°. Endteufe.

13. Literatur

- ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E. (1956): Über Helvetikum und Flysch im Raum nördlich Salzburg. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **49**: 1–59, 1 geol. Karte 1:50 000, Wien.
- AIGNER, D. (1910): Das Tölzer Diluvium. Geographisch-geologische Untersuchungen auf dem Gebiete der oberbayerischen Glazialablagerungen zwischen Loisach und Schlierach. – Mitt. Geogr. Ges. München, **5**: 1–159, 1 geol. Karte 1:100 000, 2 Taf., 3 Abb., München.
- ALLEMANN, F. & BLASER, R. (1951): Vorläufige Mitteilung über die Flyschbildungen im Fürstentum Liechtenstein. – *Eclogae Geol. Helv.*, **43**, 1950: 187–200, 2 Abb., Basel.
- ANDRÉE, H. (1936): Die Schwermineralien der älteren oberbayerischen Molasse. – N. Jb. Mineral., Geol., Paläont., Abt. A, Beil.-Bd., **71**: 59–120, Stuttgart.
- BALTHASAR, K. (1975): Geschichte und Bergtechnik der Kohlenbergwerke Penzberg und Hausham. – *Geologica Bavarica*, **73**: 7–24, 3 Abb., 2 Tab., München.
- BECHT, M. (1989): Neue Erkenntnisse zur Entstehung pleistozäner Talverfüllungen. – Eiszeitalter und Gegenwart, **39**: 1–9, Hannover.
- BETTENSTAEDT, F. (1957): Zur stratigraphischen und tektonischen Gliederung von Helvetikum und Flysch in den Bayerischen und Vorarlberger Alpen auf Grund mikropaläontologischer Untersuchungen. – Z. dt. geol. Ges., **109**: 566–592, Hannover.

- BEUG, H.-J. (1973): Die Bedeutung der interglazialen Ablagerungen von Zeifen und Eurach (Oberbayern, BRD) für die Vegetationsgeschichte der Eem-Warmzeit am Nordrand der Alpen. – In: Gritschuk, V. P. (Ed.), *Palynology of Pleistocene and Pliocene*, 7–13, Proc. III. Int. Palynological Conf. (Novosibirsk 1971), Moskau.
- (1979): Vegetationsgeschichtlich-pollenanalytische Untersuchungen am Rib/Würm-Interglazial von Eurach am Starnberger See/Obb. – *Geologica Bavarica*, **80**: 91–106, 1 Beil., 1 Tab., München.
- BEUG, H.-J. & GRÜGER, E. (1973): Vegetationsentwicklung während der Rib-Späteiszeit, der Rib/Würm-Warmzeit und dem Frühwürm im südlichen und südöstlichen Bayern (Pollenanalytische Untersuchungen an den pleistozänen Ablagerungen von Zeifen, Eurach und Samerberg). – *Eiszeitalter und Gegenwart*, **23/24**, 398 S., Öhringen.
- BODECHTEL, J. (1965): Die südlichen Osterseen bei Iffeldorf in Oberbayern. – *Erdkunde* **19**, Lieferung 2, 150–155, 3 Abb., Bonn.
- BODEN, K. (1925): Die Geröllführung der miozänen und oligozänen Molasseablagerungen im südbayer. Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. – *Mitt. Geogr. Ges. München*, **18**: H. 3, 429–504, 1 Taf., 8 Abb., München.
- (1926): Das Flyschgebiet zwischen Isar und Loisach bei Tölz in Oberbayern. – *Geogn. Jh.*, **38** (1925): 1–38, 1 geol. Kt. 1:25 000, 1 Taf., 1 Abb., München.
- (1935): *Geologisches Wanderbuch für die Bayerischen Alpen*. – 458 S., 59 Abb., Stuttgart.
- BUTT, A. (1981): Depositional environments of the Upper Cretaceous rocks in the northern part of the Eastern Alps. – *Cushman Found. Foraminifer Res. Spec. Publ.*, **20**: 121 pp., Washington, D.C.
- CARON, C., HESSE, R. & KERCKHOVE, C. (1979): Alpine helminthoid flysch sequences. – *Intern. Geol. Correl. Proj.*, **105**: Continental margins in the Alps. 4th workshop. Field guide. 86 p., Fribourg, Switzerland.
- CUSTODIS, A. & SCHMIDT-THOMÉ (1939): Geologie der bayerischen Berge zwischen Hindelang und Pfronten im Allgäu. – *N. Jb. Mineral. usw.*, Beil.-Bd., **80**: Abt. B: 307–463, 19 Abb., Taf. XIII, 1 Profiltaf., 1 text. Karte, Stuttgart.
- DEHM, R. (1979): Die pleistozänen Mollusken aus der Bohrung Eurach I. *Geologica Bavarica*, **80**: 115–121, 1 Abb., 1 Tab., München.
- DIETRICH, V. & FRANZ, U. (1976): Ophiolith-Detritus in den santonen Gosau-Schichten (Nördliche Kalkalpen). – *Geotekton. Forsch.*, **50**: 85–109, Stuttgart.
- DOBEN, K. & FRANK, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8333 Murnau. – 151 S., München, (Bayer. Geol. L.-Amt).
- FISCHER, W. (1960): Stratigraphische und tektonische Beobachtungen im Gebiet der Murnauer Mulde und Steinberg Mulde (Oberbayern, Allgäu und Vorarlberg). – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.Geol. u. Ing.*, **27** (72): 39–57, 1 Fig., 5 Abb., Riehen/Basel.

- FLURL, M. (1792): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. – 642 S., 4 Taf., 1 geol. Kt., München (Lentner).
- FREIMOSER, M. (1964): Geologische Spezialuntersuchungen des Teisenberger Flysches (Oberbayern) Nordwestteil. – Dipl.-Arb. T. H. München, 51 S., 18 Taf., 1 tekton. Übersichtsk., 1 Strukturk., 2 Bankfolgen-Profiltaf., 1 geol. Kt. u. Profiltaf. 1:10 000, München.
- FREIMOSER, M. (1972): Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Faziesentwicklung der Südostbayerischen Flyschzone und des Ultrahelvetikums zwischen Bergen/Obb. und Salzburg. – *Geologica Bavarica*, **66**: 7–91, München.
- FRENZEL, B. (1978): Über das geologische Alter einiger Interglazialvorkommen im südlichen Mitteleuropa. – In: FRENZEL, B. (Ed.), Führer zur Excursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 „Quaternary Glaciations in the Northern hemisphere“, 172–180, 8 Fig., Bonn-Bad Godesberg.
- FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – *Ecl. Geol. Helv.*, **57**: 157–298, Basel.
- GEISSLER, P. (1965): Zusammensetzung und räumliche Veränderung der Flöze im mittleren und östlichen Teil des oberbayerischen Glanzbraunkohlenreviers. – Diss. Montanist. Hochschule Leoben, 90 S., 36 Abb., 4 Tab., 9 Anl., Hausham.
- (1975): Räumliche Veränderung und Zusammensetzung der Flöze in den Kohlenbergwerken Hausham und Penzberg. – *Geologica Bavarica*, **73**: 61–106, 12 Abb., 2 Beil., München.
- GILLITZER, G. (1957): Geologische Lagerung der Pechkohlenformation im Peißenberger Ost- und Penzberger Westfeld sowie mutmaßlicher Zusammenhang der Flözzüge. – *Geol. Jb.*, **72**: 639–650, 1 Abb., Hannover.
- (1964): Zur Frage einer neuen Horizontierung der Kohlenmolasseschichten in Peißenberg und Penzberg-Nonnenwald (Oberbayern). – *Erdöl und Kohle*, **17**. Jg., 516–525, 1 Taf., 3 Abb., Hamburg.
- GOERLICH, F. (1957): Bemerkungen zu „Ostrakoden der Cytherideinae aus der Tertiären Molasse Bayerns“. – *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **23**: 77–86, Wiesbaden.
- GROOTES, P. M. (1977): Murnau-Penzberg area, 144–154, 5 Fig., 1 Tab. unter Mitarbeit von P. PESCHKE in: Thermal diffusion isotopic enrichment and radiocarbon dating beyond 50 000 years BP. – 221 S., Groningen.
- (1979): Kohlenstoff-14 Anreicherungsdatierungen im Alpenvorland. – *Geologica Bavarica*, **80**: 183–188, 2 Abb., 1 Tab., München.
- GROSSHEIM, A. & WASSOJEWITSCH, N. B. (1960): A study of the lithologic variation in the flyschdeposits [in russ. Sprache]. – *Byul. Mosk. Obschtschestwa Spytatjelei Prirodi Otdel Geol.*, **35**: 68–81, Moskau.
- GÜMBEL, C. W. (1861): Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – S. I–XX, 1–950, 25 Abb., 5 geol. Karten, 1 Blatt Gebirgsansichten, 42 Profiltaf., Gotha (Perthes).
- (1894): Geologie von Bayern 2. Bd. Geologische Beschreibung von Bayern. – 1184 S., zahlr. Abb., Cassel (Th. FISCHER).

- GÜMBEL, C. W. VON & AMMON, L. VON (1898): Das Isarprofil durch die Molasseschichten nördlich von Tölz. Anhang. Fossilien aus mariner Molasse der Penzberger Gegend. – *Geogn. Jh.*, **10**, (1897): 1–23, 6 Abb., München.
- HAGN, H. (1954): Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Helvetikum und Flysch des Gebietes von Neubuern am Inn (Oberbayern). – *Geologica Bavarica*, **22**: 136 S., 1 geol. Karte 1:12 500 mit Profilen, 26 Abb., München.
- (1955): Fazies und Mikrofauna der Gesteine der Bayerischen Alpen. – *Internat. Sedim. Petr. Ser.*, **1**: 174 S., 71 Taf., 2 Abb., 8 Tab., Leiden.
 - (1960): Die stratigraphischen, paläogeographischen und tektonischen Beziehungen zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. – *Geologica Bavarica*, **44**: 1–208, 10 Abb., 12 Taf., 1 Tab., München.
 - (1967): Das Alttertiär der Bayerischen Alpen und ihres Vorlandes. – *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **7**: 245–320, 3 Abb., 1 Tab., München.
- HAHN, F. F. (1914): Weitere Beobachtungen in der Flyschzone Südbayerns. 2. Zusammensetzung und Bau im Umkreis und Untergrund des Murnauer Mooses. – *Z. dt. geol. Ges.*, **66**, 1914, Monatsber. 1, S. 46–63, 2 Textabb., Berlin.
- HESSE, R. (1960): Der Zwiesel flysch im Westen von Bad Tölz (Westliches Teilgebiet). – *Dipl.-Arb. T. H. München*, 54 S., 22 Taf., 1 geol. Karte und Profiltaf. 1:25 000, München.
- (1962): Das Flyschgebiet des Zwiesel westlich von Bad Tölz (Obb.). – *Z. dt. geol. Ges.*, **113**, (1961): 293–304, 6 Abb., Hannover.
 - (1964): Zur Sedimentologie des bayerischen Flysches mit besonderer Berücksichtigung des Flysch-Gault. – *Diss. T. H. München*, 159 + 11 S., 93 Abb., 25 Taf., München.
 - (1965): Herkunft und Transport der Sedimente im bayerischen Flyschtrug. – *Verh. geol. Bundesanst., Sonderh. G*, S. 147–170, 5 Abb., 4 Taf., Wien 1965 und *Z. dt. geol. Ges.*, **116** (2): 403–426, 5 Abb., 4 Taf., Hannover.
 - (1966): Flysch-Zone. – In: STEPHAN, W. und HESSE, R., S. 32–74
 - (1973a): Flysch-Gault und Falknis-Tasna-Gault (Unterkreide): Schrittweiser Übergang von der distalen zur proximalen Flyschfazies auf einer penninischen Trogebene der Alpen. – *Geologica et Palaeontologica, Sonderh.*, **2**, 55 S., Marburg.
 - (1973b): Lithostratigraphie, Petrographie und Entstehungsbedingungen des bayerischen Flysches: Unterkreide. – *Geologica Bavarica*, **66**: 148–222, München.
 - (1974): Long-distance continuity of turbidites: Possible evidence for an Early Cretaceous trench-abyssal plain in the East Alps. – *Geol. Soc. Amer. Bull.* **85** (6): 859–870, Boulder, Colorado.
 - (1975): Turbiditic and non-turbiditic mudstone of Cretaceous flysch sections of the East Alps and other basins. – *Sedimentology*, **22**, 387–416, Oxford.

- (1979): Bavarian Alps (Trauchgau-Ammergau). – In: CARON, C., HESSE, R. & KERCKHOVE, C.: Alpine helminthoid flysch sequences. Intern.-Geol. Correl. Proj., **105**: Continental margins in the Alps. 4th workshop, field guide, 65–86, Fribourg, Switzerland.
 - (1981): The significance of synchronous versus diachronous flysch successions and distribution of arc volcanism in the Alpine-Carpathian Arc. – *Eclogae geol. Helv.*, **74** (2): 379–381, Basel.
 - (1982): Cretaceous-Palaeogene Flysch Zone of East Alps and Carpathians: identification and plate-tectonic significance of dormant and active deep-sea trenches in the Alpine-Carpathian Arc. – In: LEGGETT, J. K. (ed.): Trench-Forearc geology.-Geol. Soc. (London), Spec. Publ. **10**: 471–494, London.
 - (1987): Selective and reversible carbonate-silica replacements in Lower Cretaceous carbonate-bearing turbidites of the Eastern Alps. – *Sedimentology*, **34**, Oxford.
- HESSE, R. & BUTT, A. A. (1976): Paleobathymetry of Cretaceous turbidite basins of the East Alps relative to the calcite compensation level. – *J. Geol.*, **84** (5): 505–533, Chicago.
- HESSE, R. & SCHMIDT-THOMÉ, P. (1975): Neue Jodwasser-Vorkommen im Bereich der bayerischen Alpenrand-Strukturen bei Bad Tölz (aufgrund von Tiefbohrungen 1957–1967). – *Geol. Jb. C11*: 31–66, Hannover.
- HÖLZL, O. (1948): Die Molluskenfaunen der subalpinen Molasse Oberbayerns. (Vorläufiger Bericht). – *N. Jb. Mineral. etc., Mh., Jg. 1945–1948, B*: 385–400, Stuttgart.
- (1953): Eine neue Fauna aus dem Burdigal der Subalpinen Molasse Oberbayerns. – *Geologica Bavarica*, **17**: 216–222, 1 Fossilabelle, München.
 - (1958): Die Molluskenfauna des oberbayerischen Burdigals. – *Geologica Bavarica*, **38**: 348 S., 6 Abb., 22 Taf., München.
 - (1962): Die Molluskenfauna der oberbayerischen marinen Oligozänmolasse zwischen Isar und Inn und ihre stratigraphische Auswertung. – *Geologica Bavarica*, **50**: 275 S., 13 Abb., 12 Fossilaf., München.
- HUCKENHOLZ, H. G. (1963): Der gegenwärtige Stand in der Sandsteinklassifikation. – *Fortschr. Miner.*, **40**: 151–192, Stuttgart.
- IMKELLER, H. (1896): Die Kreide- und Eocänbildungen am Stallauer Eck und Enzenauer Kopf bei Bad Tölz. – Programm zum Jahresbericht der städtischen Handelsschule München 1895/96, 7–83, 1 geol. Kt. 1:10 000, München.
- (1900): Einige Beobachtungen über die Kreideablagerungen im Leitzachthal, am Schlier- und Tegernsee. – *Z. dt. geol. Ges.*, **52** (1900): 380–387, 2 Abb., 1 Skizze, Berlin.
 - (1901): Die Kreidebildungen und ihre Fauna am Stallauer Eck und Enzenauer Kopf bei Tölz. – *Palaeontographica*, **48**: 1–64, 2 Abb., 4 Prof., 1 Kartenskizze, 3 Taf., Stuttgart.

- JANOSCHEK, W. (1964): Geologie der Flyschzone und helvetischen Zone zwischen Attersee und Traunsee. – Jb. geol. B.-A., **107**: 161–214, Wien.
- JERZ, H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8134 Königsdorf. – 173 S., 1 Kt., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- (1979): Wolfratshausener Becken, seine glaziale Anlage und Übertiefung. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **29**: 63–69, 3 Abb., Hannover.
- JERZ, H. & ULRICH, R. (1983): Die Schieferkohlevorkommen Großweil und Schwaiganger. – Geologica Bavarica, **84**: 47–68, 7 Abb., 2 Tab., München.
- JUNG, W. (1979): Die pflanzlichen Großreste des Riß/Würm-Intergazials von Eurach am Starnberger See/Obb. – Geologica Bavarica, **80**: 107–113, 1 Tab., 1 Abb., München.
- KNAUER, J. (1952): Diluviale Talverschüttung und Epigense im südlichen Bayern. – Geologica Bavarica, **11**, 32 S., 11 Abb., München.
- KNIPSCHER, H. C. G. (1957): Beitrag zur Einstufung der Promberger Schichten der Subalpinen Molasse Oberbayerns nach Kleinforaminiferen. Abh. hess. Landesamt Bodenforsch., **23**: 87–89, Wiesbaden.
- KOCKEL, C. W., RICHTER, M. & STEINMANN, H. G. (1931): Geologie der bayerischen Berge zwischen Lech und Loisach. – Wiss. Veröff. DÖAV, **10**: 231 S., 57 Abb., 17 Taf., 1 geol. Karte 1:25 000, 1 Profiltaf., Innsbruck.
- KRAUS, E. (1927): Neue Spezialforschungen im Allgäu (Molasse und Flysch). – Geol. Rdsch., **18**: 189–221, u. 263–298, Berlin.
- (1932): Der Nordalpine Kreideflysch. Teil I. – Geol. Paläont. Abh., N. F. **19** (H. 2): 136 S., Jena.
- (1942): Neue Wege der nordalpinen Flyschforschung. Der Nordalpine Kreideflysch. Teil II. – N. Jb. Min. etc., Beil.-Bd., **87** (B): 1–243, Stuttgart.
- KRAUS, L. & PAULUS, B. (1962): Neue Erkenntnisse über die Promberger Schichten und die kohleführenden Ablagerungen der Subalpinen Molasse zwischen Isar und Lech. – Erdöl u. Kohle, **15**: 783–790, 3 Taf., 3 Abb., Hamburg.
- LEBLING, Cl. (1923): Geologische Karte 1:100 000 Blatt 651 Tölz, München.
- LEMCKE, K. (1967): Zur Paläogeographie der Glassande in der subalpinen Molasse Südbayerns. – Geol. Rdsch., **56**: 262–266, 1 Abb., Stuttgart.
- LENSCH, G. (1961): Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik der kohleführenden Schichten in der bayerischen Faltenmolasse (Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham, Marienstein). – Geologica Bavarica, **46**: 3–52, 19 Abb., 4 Tab., 6 Beil., München.
- LIEBUS, A. (1903): Ergebnisse einer mikroskopischen Untersuchung der organischen Einschlüsse der oberbayerischen Molasse. – Jb. K. K. geol. R.-A., **52** (1902): 71–104, 14 Abb., Taf. 5, Wien.
- LORENZ, T. (1901): Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies. II. Südlicher Rhätikon. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **12**: 35–93, Freiburg i. Breisgau.

- MATTERN, F. (1988): Die interne Überschiebungstektonik im Flysch (Kreide) der westlichen Bayerischen Alpen. – Berliner Geowiss. Abh., **A/101**: 1–94, Berlin.
- MÜLLER, M. (1970): Das Ergebnis der Bohrung Staffelsee 1 als Grundlage für neue Vorstellungen über Bau und Untergrund der gefalteten Molasse. – *Geologica Bavarica*, **63**: 86–106, 3 Abb., 1 Tab., 1 Beil., München.
- (1975): Die Fortsetzung oligozäner und miozäner Kohlevorkommen aus der Faltenmolasse in die oberbayerische Vorlandmolasse. – *Geologica Bavarica*, **73**: 113–121, 4 Abb., München.
- OHMERT, W. (1964): Geologisch-paläontologische Untersuchungen in der Alpenrandzone zwischen Ostin und Marienstein (Tegernsee). – Dipl.-Arb. Univ. München, 111 + VIII S., 22 Abb., 11 Taf., 1 Tab., München.
- (1967): Die Ostracoden-Gattung *Cythereis* aus der Oberkreide Südbayerns. – Diss. Univ. München, 192 + VII S., 18 Abb., 9 Taf., München. – [Photodruck].
- (1979): Die Ostracoden der Kernbohrung Eurach 1 (Riß-Eem). – *Geologica Bavarica*, **80**: 127–158, 3 Abb., 1 Tab., 1 Beil., München.
- OHMERT, W. & WITT, W. (1966): siehe STEPHAN, W. & HESSE, R., 74–93.
- OBERHAUSER, R. (1968): Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und des Paläogens im Ostalpenraum. – *Jb. Geol. B.-A.*, **111**: 115–145, Wien.
- PAULUS, B. (1963): Zur Stratigraphie und Fazies der oligozänen und miozänen Molasse im südlichen Oberbayern. – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **30**, Nr. 78, 53–97, 12 Abb., Riehen-Basel.
- (1981): Eine Revision des Bohrprofils Tölz 1 und der Nachweis der bisher unbekanntten Kirchsee-Mulde am Nordrand der Faltenmolasse zwischen Isar und Mangfall. – *Z. dt. geol. Ges.*, **132**: 253–276, 9 Abb., Hannover.
- PESCHKE, P. (1977): In GROOTES.
- (1978): Pollenanalytische Untersuchungen an Schieferkohlen aus dem Gebiet um Penzberg und Murnau/Oberbayern. – In FRENZEL, B.
- (1983): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. – *Geologica Bavarica*, **84**: 69–99, 8 Abb., 1 Beil., München.
- PFLAUMANN, U. (1961): Kurzerläuterungen zur geologischen Karte der Positionsblätter Fischbachau 814 u. Schliersee 813 (Preußag-Konzession). – *Kartierungsber. Inst. Geol. T. H. München*, 25 S., 2 geol. Ktn. u. 1 Profiltaf. 1:25 000, München.
- (1964): Geologisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Flysch-Oberkreide zwischen Wertach und Chiemsee in Bayern. – Diss. Univ. München, 176 u. XXII S., 9 Abb., 14 Taf., München. – [Photodruck].
- (1967): Zur Ökologie des bayerischen Flysches auf Grund der Mikrofossilführung. – *Geol. Rdsch.*, **56** (1967): 200–227, 5 Abb., 2 Taf., 1 Tab., Stuttgart.

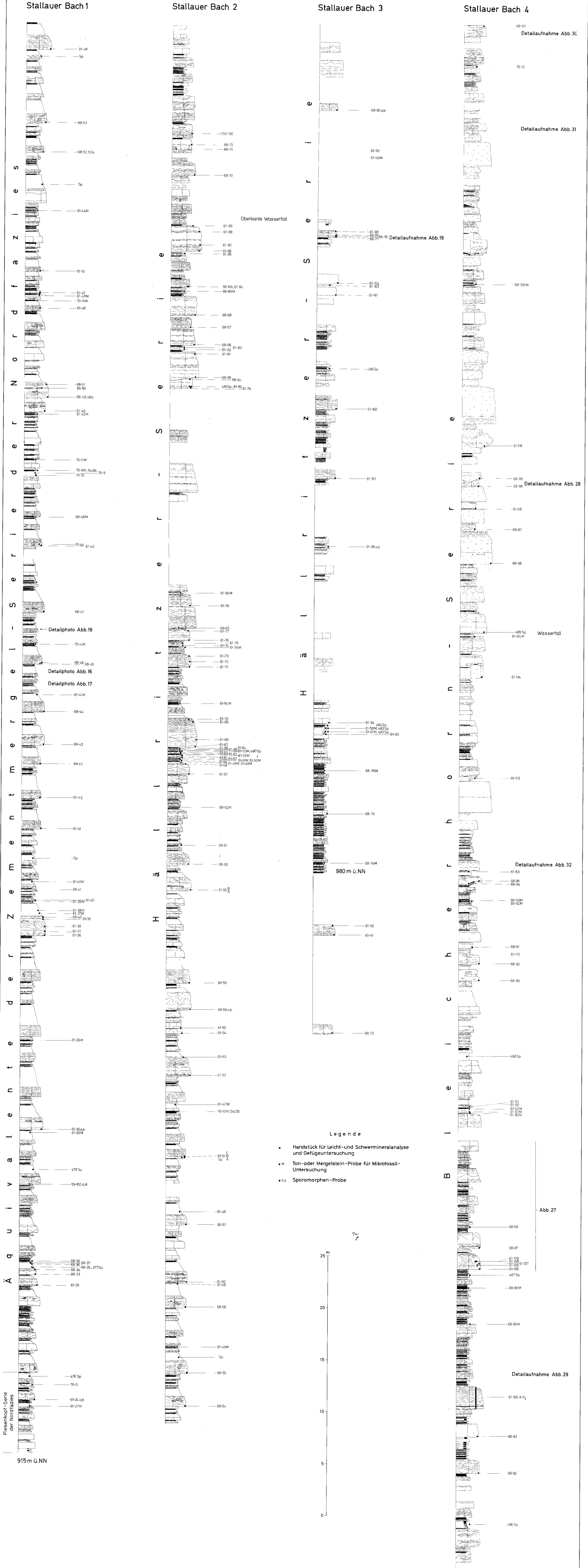
- (1968): Flysch-Zone. – In: PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8237 Miesbach. – 111–142, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- PREY, S. (1951): Zur Stratigraphie von Flysch und Helvetikum im Gebiete zwischen Traun- und Kremstal in Oberösterreich. – Verh. geol. B.-A., 1949, 123–127, Wien.
- (1980): Helvetikum, Flysch und Klippenzonen von Salzburg bis Wien. – In: OBERHAUSER, R. (Hrsg.): Der geologische Aufbau Österreichs, S. 189–217, (Springer Verlag) Wien-New York.
- RAD, U. VON (1964): Mineralbestand und Ablagerungsbedingungen der Flyschsedimente im Allgäu. – Diss. T. H. München, 131 u. XV S., 121 Abb., 24 Taf., 4 Tab., München.
- (1966): in ZACHER, W. (1966): Erläuterung zur Geologischen Karte 1:25 000 Bl. Nr. 8429 Pfronten, 70–107, München.
- (1968): Comparison of sedimentation in the Bavarian flysch (Cretaceous) and Recent San Diego trough (California). – J. Sed. Petr., **38** (4): 1120–1154, Menasca.
- REICH, H. (1960): Seismische Untersuchungen des Flyschtroges bei Lenggries westlich und östlich der Idar. – Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, II. Math.-phys., Kl., **11**: 205–255, Göttingen.
- REICHEL, R. (1960): Die bayerische Flyschzone im Ammergau. – Geologica Bavarica, **41**: 55–98, 12 Abb., 3 Taf., München.
- REIS, O. M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – Ges. bayer. Landeskd., **7–12**, XI + 243 S., 41 Abb., München.
- RICCI-LUCCHI, F. (1975): Depositional cycles in two turbidite formations of northern Apennines (Italy). – J. Sed. Petr., **45** (1): 3–43, Menasca.
- RICHTER, M. (1933): Alter und Stellung der südbayerischen Flyschzone. – Cbl. Mineral. usw., Abt. B, 1933, 496–508, 4 Abb., Stuttgart.
- (1953): Neue Ergebnisse der Flyschforschung in den nördlichen Kalkalpen. – Z. dt. geol. Ges., **105**: 544–546, Hannover.
- RICHTER, M., CUSTODIS, A., NIEDERMAYER, J. & SCHMIDT-THOMÉ, P. (1939): Geologie der Alpenrandzone zwischen Isar und Leitzach in Oberbayern. – Z. dt. geol. Ges., **91**: 649–704, Taf. 14–15, 1 geol. Karte 1:25 000 u. Profiltaf., Berlin. – [zitiert als M. RICHTER et al. 1939].
- ROTHPLETZ, A. (1917): Die Osterseen und der Isarvorlandgletscher. Mitt. Geogr. Ges. München, **12**: 99–314, 3 Taf., 31 Abb., 1 morpholog. Karte 1:150 000, 1 geol. Karte 1:25 000, München.
- SCHAFHÄUTL, K. (1851): Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges. – 206 S., München.
- (1863): Süd-Bayerns Lethaea Geognostica. Der Kressenberg und die südlich von ihm gelegenen Hochalpen geognostisch betrachtet in ihren Petrefacten. – S. I–XVII, 1–487, Leipzig (L. Voss).

- SCHIEMENZ, S. (1960): Fazies und Paläogeographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. – *Beih. Geol. Jb.*, **38**: 120 S., 23 Abb., 6 Taf., 17 Tab., Hannover.
- SCHLOSSER, M. (1925): Die Eocaenfaunen der bayerischen Alpen. – *Abh. Bayer. Akad. Wis., math.-nat. Abt.*, **30**: 1–207, München.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1950): Untersuchungen im Flyschgebiet von Bad Tölz (Oberbayern). – *Z. dt. geol. Ges.*, **102**: 212–215, Hannover.
- (1953): Geologische Karte von Bayern 1:100 000 Blatt 664 Tegernsee mit Profiltafel. – Bayer. Geol. L.-Amt. München.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: In GANSS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P. (1955): Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. – *Z. dt. geol. Ges.*, **105** (1953): 402–495, 8 Abb., 2 Taf., Hannover.
- SCHWERD, K. & HÄUSSLER, H. (1983): Helvetikum-Zone. – In: SCHWERD, K. et al.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu. – 258 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- SCHWIZER, B. (1983): Die Tristel Formation – Vergleichende Untersuchung in Graubünden, Liechtenstein, Vorarlberg und Bayern. – *Diss.*, 185 S., Univ. Bern, Schweiz, Bern.
- SEILACHER, A. (1958): Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse. – *Eclogae Geol. Helv.*, **51** (3): 1062–1078, Basel.
- SICHERMANN, H. (1965): Die gefaltete Molasse westlich von Bad Tölz und ihre quartäre Bedeckung. – *Dipl. Arbeit (Manusk.)*, T. H. München, 60 S., 23 Abb., 9 Beil., München.
- SIGAL, J. (1950): Les genres Queraltina et Almaena (Foraminifères). Leur importance stratigraphique et paléontologique. – *Bull. Soc. Géol. France*, **20**: 63–71, 1 Taf., Paris.
- STACKELBERG, U. VON (1957): Das Helvetikum im Westen von Bad Tölz. – *Dipl.-Arb. TH München*.
- (1960): Oberkreide und Alttertiär des Helvetikums am bayerischen Alpenrand im Westen von Tölz. – *Geologica Bavarica*, **41**: 3–54, 20 Abb., 1 Beil., München.
- STEPHAN, W. (1965): Zur faziellen und zyklischen Gliederung der chattischen Brackwasser-Molasse in Oberbayern. – *Geologica Bavarica*, **55**: 239–257, 3 Abb., 2 Beil., München.
- (1970): Frühwürmzeitliche Schieferkohlevorkommen im Bereich des östlichen Isar-Vorlandgletschers. – *Geologica Bavarica*, **63**: 217–230, 3 Abb., 1 Tab., München.
- (1978): Geologische Übersicht der Seeton- und Schieferkohlen-Vorkommen bei Penzberg. – In FRENZEL, B. (Ed.), s. u. FRENZEL, B.
- (1979): Zur Geologie des Interglazialvorkommens von Eurach/Oberbayern. – *Geologica Bavarica*, **80**: 79–90, 2 Abb., 1 Tab., München.

- STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – 304 S., 37 Abb., 5 Tab., 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STEPHAN, W. & PAULUS, B. (1968): V. Molasse-Zone. – In: PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8237 Miesbach S. 203 f., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- STUCHLIK, H. (1906): Die Faciesentwicklung der südbayerischen Oligocänmolasse. K. K. Geol. R.-A., **56**: 277–350, 5 Abb., 2 Taf., Wien.
- THIERSTEIN, H. R. (1979): Palaeoceanographic implications of organic carbon and carbonate distribution in Mesozoic deep sea sediments. – In: TALWANI, M., HAY, W. & RYAN W. B. F. (eds.): Deep drilling results in the Atlantic Ocean: Continental margins and palaeoenvironments. Amer. Geophys. Union, *Mean. Ser.* **3**: 249–274, Washington, D.C.
- TRAUB, F. (1953): Die Schuppenzone im Helvetikum von St. Pankraz am Haunsberg, nördlich von Salzburg. – *Geologica Bavarica*, **15**: 3–38, München.
- TROLL, K. (1925): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. – *Mitt. Geogr. Ges. München*, **18**: 281–292, 2 Abb., München.
- (1937): Die jungeszeitlichen Ablagerungen des Loisach-Vorlandes in Oberbayern. – *Geol. Rdsch.*, **28**: 599–611, Stuttgart.
- VEIT, E. (1963): Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile. – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **30** (78): 15–52, Riehen/Basel.
- WEITHOFER, K. A. (1899): Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligocänen Brackwassermolasse Oberbayerns und deren Beziehungen zur miocänen (oberen) Meeresmolasse im Gebiete zwischen Inn und Lech. – *Verh. K. K. geol. R.-A.* Nr. 10: 269–282, Wien.
- (1903): Einige Querprofile durch die Molassebildungen Oberbayerns. – *Jb. K. K. geol. R.-A.*, **52** (1902): 39–70, Profil-Taf. 2–4, Wien.
- (1915): Die Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie und Tektonik im oberbayerischen Molassegebiet. – *Geol. Rdsch.*, **5**: 65–77, Leipzig.
- (1918): Die Oligozänablagerungen Oberbayerns. – *Mitt. geol. Ges. Wien*, **10** (1917): 1–125, 1 Abb., 2 Taf., Wien.
- (1920): Das Pechkohlengebiet des bayerischen Voralpenlandes und die Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau. – 344 S., viele Abb. u. Tab., 20 Taf., München.
- (1933): Das Alter der oligocänen Molasse Oberbayerns. – *Zbl. Mineral. usw. Abt. B*, 81–90, Stuttgart.
- (1935): Die Promberger Schichten der oberbayerischen Molasse. – *Zbl. Mineral. usw. Abt. B*, 3–21, Stuttgart.
- (1935): Das Vorkommen von Erdöl und Erdgas, von Jod- und Schwefelwasser im südlichen Bayern. – *Z. dt. geol. Ges.*, **87**: 166–190, Berlin.

- WIESENER, H. (1944): Petrographische Analyse der Sedimentationsabfolge in der nordalpinen Saamtiefe Ober- und Niederbayerns. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., Abh., Abt. B, **88**: 157–175, Stuttgart.
- WILHELM, F. (1961): Spuren eines voreiszeitlichen Reliefs am Alpennordsaum zwischen Bodensee und Salzach. – Münchener Geograph. H., **20**, Regensburg.
- WOLF, M. (1963): Sporenstratigraphische Untersuchungen im „Randcenoman“ Oberbayerns. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1963/7**, 337–354, 5 Abb., Stuttgart.
- (1964): Sporomorphen aus dem bayerischen Flysch. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **12**: 113–116, 1 Abb., 1 Taf., Krefeld.
- ZEIL, W. (1954): Geologie der Alpenrandzone bei Murnau In Oberbayern. – Geologica Bavarica, **20**: 1–85, 5 Abb., 9 Taf., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf., 1 tekt. Kt., München.
- ZIMMERLE, W. (1964): Sedimentology of a tertiary beach sand in the Subalpine Molasse trough. – Developments in Sedimentology, **1**: 447–457, 6 Abb., Amsterdam.
- ZIMMERLE, W. & VALLE, G. della (1966): Sedimentologische Untersuchungen an aquitanen marinen Sandsteinen in der subalpinen Molasse Oberbayerns (Promberg-Schichten und Nantesbuch-Sandstein). – Proc. 3. Session Berne, June 1964. IUGS Geol. Comiss. stratigr., committ. on mediterr. Neog. Stratigr.: 162–175, 4 Abb., 2 Tab., Leiden.
- ZÖBELEIN, H. K. (1952): Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. – Geologica Bavarica, **12**, 86 S., 9 Abb., 1 Fossiliste, 1 Lageplan mit Profil, München.
- (1953): Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns. – Geologica Bavarica, **17**: 113–134, 2 Abb., München.
- (1957): Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der subalpinen Molasse Oberbayerns. – Abh. hess. L.-A. Bodenforsch., **23**: 1–76, 2 Abb., Wiesbaden.
- (1962): Über die Bausteinschichten in der Subalpinen Molasse des westlichen Oberbayerns. – Z. dt. geol. Ges., **113** (1961): 261–265, Hannover.
- ZÖBELEIN, H. K., GOERLICH, F. & KNIPSCHER, H. C. G. (1957): Zusammenfassung der Ausführungen ZÖBELEINS, GOERLICHS und KNIPSCHERS. – Abh. hess. L.-A. Bodenforsch., **23**: 90–91, Wiesbaden.

Oberkreide-Flysch im Stallauer Bach



Stallauer Bach 1

Stallauer Bach 2

Stallauer Bach 3

Stallauer Bach 4

Piesenkopf-Serie
der Nordflanke

915m ü.NN

Oberkante Wasserfall

980 m ü.NN

Legende

- Handstück für Leicht- und Schwermineralanalyse und Gefügeuntersuchung
- M Ton- oder Mergelstein-Probe für Mikrofossil-Untersuchung
- Sp Sporumorphen-Probe



Detailaufnahme Abb. 30

Detailaufnahme Abb. 31

Detailaufnahme Abb. 28

Wasserfall

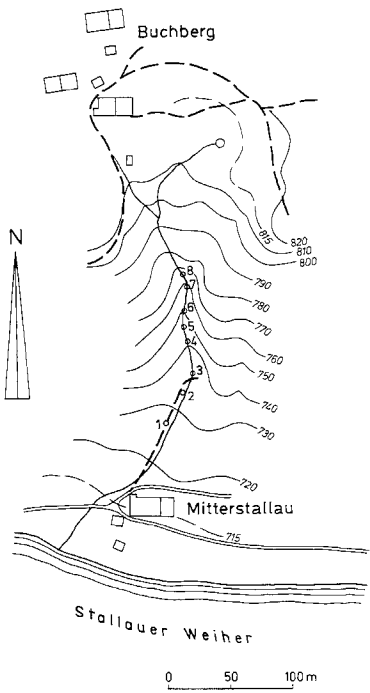
Detailaufnahme Abb. 32

Abb. 27

Detailaufnahme Abb. 29

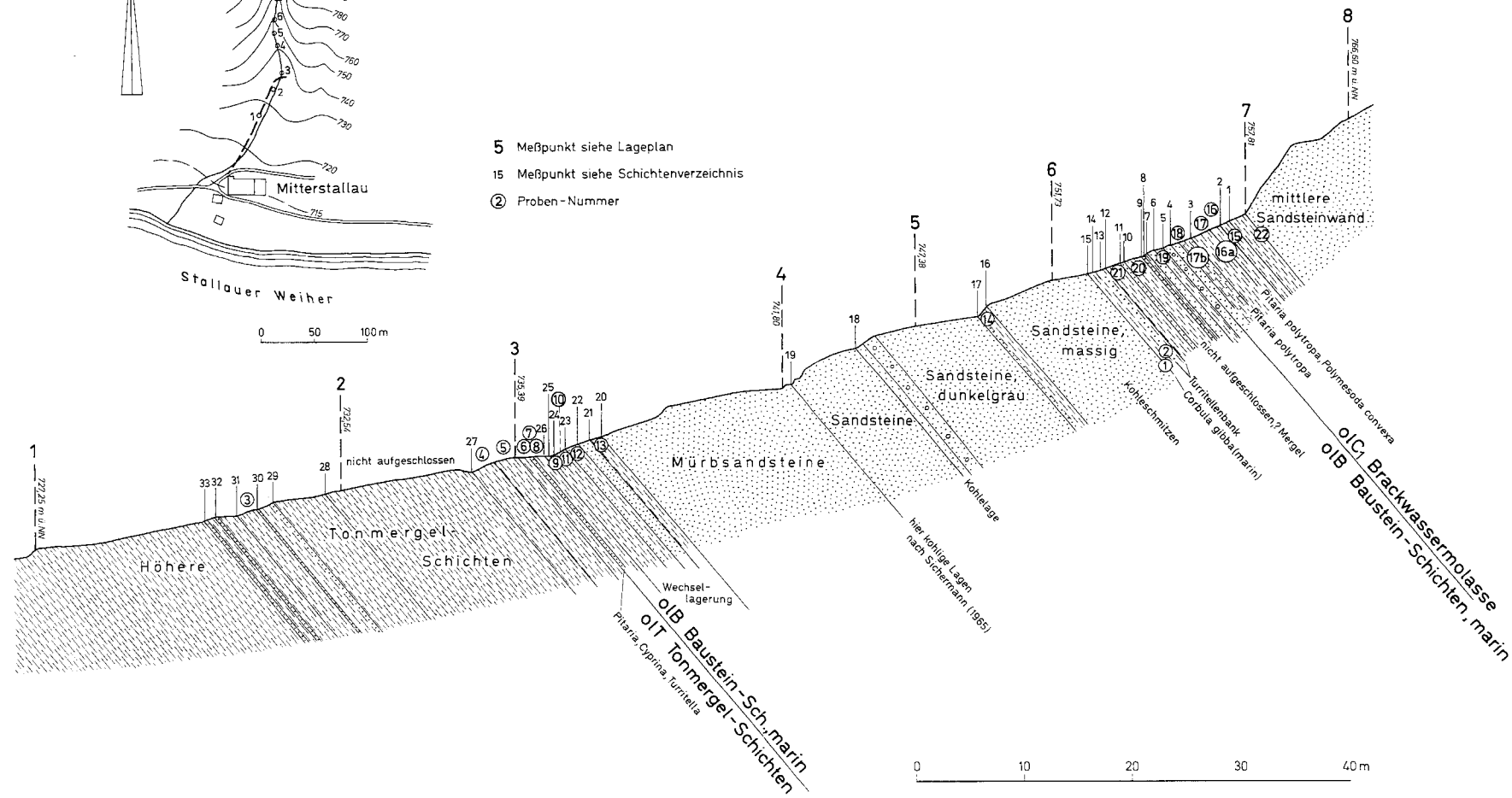
Beilage 2 zu den Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern
1: 25 000 Blatt Nr. 8234 Penzberg

Arten mariner Makrofaunen der Molasse	Tonmergel-Schichten	Marine Bausteine-Schichten	Untere Brackwasser Molasse	Untere Nonnenwald Sand	Oberer Nonnenwald Sand	Promberger Schichten	Promberger Schichten/Chattien	Promberger Schichten/Aquitaniens	Nantesbucher Sandstein	Burdigallen
Lamellibranchiata										
<i>Brissopsis otnangensis</i> R. HOERNES										
<i>Nucula compta</i> GOLDFUSS	x			x		x	x	x		
<i>Nucula nucleus</i> LINNÉ								x		
<i>Nucula laevigata</i> SOWERBY						x				
<i>Nuculana (Ledina) mayeri</i> v. GÜMBEL										x
- sp.						x		x		
- sp.							x		x	
<i>Yoldia nitida</i> (BROCCHI)							x			
<i>Anadara diluvii</i> (LAMARCK) var.			x	x				x		
- (<i>Anadara diluvii intercedens</i> (WOLFF))									x	
<i>Anadara</i> sp. juv.										x
<i>Glycimeris hagni</i> (HÖLZL)					x	x		x		
- sp.			x							x
- (<i>Glycimeris</i>) cf. <i>pilosa lunulata</i> (NYST)										x
<i>Arcoperna micans</i> (A. BRAUN)	x									
<i>Musculus philippi</i> (MAYER-EYMAR)	x									
<i>Pteria (Pinctada) phalaenacea</i> (LAMARCK)						x				
<i>Pecten pseudobodanti</i> DEPÉRET & ROMAN						x		x		x
<i>Ostrea</i> cf. <i>edulis adriatica</i> LAMARCK						x				x
- <i>cyathula</i> LAMARCK			x			x				
- sp.							x			x
<i>Cardita (Cyclocardita) orbicularis tuberculata</i> (v. MÜNSTER)										
- sp.			x							
<i>Cyprina islandica rotundata</i> AGASSIZ	x		x	x		x	x			
<i>Isocardia subtransversa</i> D'ORBIGNY				x				x		
<i>Taras (Felianella) biali</i> (COSMANN)										x
- <i>rotundatus</i> (MONTAGU)										x
<i>Thyasira</i> cf. <i>nysti</i> (PHILIPPI)										
- <i>unifurcata</i>							x			
<i>Phacoides</i> sp.			x				x			
- (<i>Lucinoma</i>) <i>borealis</i> (LINNÉ)				x				x		
- cf. <i>orbicularis</i> (DESHAYES)										
<i>Cavilucina (Gonimyrtea) intercalata</i> (HÖLZL)				x		x				
<i>Myrtea</i> sp.								x		
<i>Eomiltha (Gibbolucina) transversa</i> (BRONN)								x		x
<i>Loripes (Microloripes) dentatus</i> (DEFRANCE)								x		x
<i>Erycina</i> sp.							x			x
<i>Laevicardium cingulatum</i> (GOLDFUSS)						x	x	x		
- cf. <i>cyprium</i> (BROCCHI)						x				
- <i>cyprium comatulum</i> (BRONN)										
- <i>johanna</i> HÖLZL										x
<i>Cardium moeschani</i> MAYER										x
- <i>heeri</i> MAYER-EYMAR	x		x			x				
- cf. <i>neglectum</i> HÖLZL									x	
- sp.	x		x		x	x	x		x	x
- (<i>Acanthocardia</i>) aff. <i>bojorum</i> (MAYER) (WOLFF)										x
- <i>praeaculeatum</i> (HÖLZL)										x
- <i>saucatum</i> MAYER										x
- <i>gironicum</i> MAYER										x
- (<i>Ringicardium</i>) cf. <i>burdigalinum</i> LAMARCK										x
- cf. <i>grateloupi</i> MAYER										x
- sp.										x
<i>Pitaria (Cordiopsis) incrassata</i> (SOWERBY)								x		
- <i>schalleri</i> KAUTSKY										x
- <i>polytropa</i> ANDERSON	x									
- <i>suborbicularis</i> (GOLDFUSS)				x						
- (<i>Macrocallista</i>) <i>erycinoides</i> (LAMARCK)										x
- var. <i>subtriangula</i> SACCO										x
- sp.										x
- (<i>Paradione</i>) <i>beyrichi</i> (SEMPER)				x			x	x		
<i>Dosinia (Orbiculus) basteroti</i> (AGASSIZ)										x
<i>Venus (Clausinella)</i> sp.										x
<i>Paphia</i> aff. <i>benoisti</i> <i>praececedens</i> KAUTSKY										x
- sp.										x
<i>Maetra (Eomactra) basteroti</i> MAYER								x		x
- (<i>Barymactra</i>) <i>bucklandi</i> DEFRANCE										x
- (<i>Spisula</i>) <i>subtruncata bavarica</i> HÖLZL										x
<i>Lutreria sanna</i> BASTEROT			x	x		x	x			x
- sp.										x
<i>Psammobia pseudoangusta</i> HÖLZL						x				
<i>Psammotaea labordei</i> (BASTEROT)										x
<i>Solecurtus basteroti</i> DES MOULINS										x
<i>Tellina</i> sp.			x							
<i>Macoma</i> aff. <i>léognanensis</i> COSMANN										x
<i>Angulus (Peronidia)</i> cf. <i>bipartitus</i> (BASTEROT)										x
- <i>nysti</i> (DESHAYES)				x		x	x		x	
- <i>planatus lamellosus</i> (DOLLFUSS, COTTER & GOMES)										x
- <i>sacyi parvus</i> HÖLZL										x
- sp.										x
- (<i>Moerella</i>) <i>angusta</i> HÖLZL			x	x						
<i>Pharus</i> aff. <i>legumen</i> (LINNÉ)										x
<i>Ensis</i> cf. <i>hausmanni</i> (SCHLOTHEIM)										x
<i>Panopea meynardi</i> DESHAYES			x	x		x		x		
<i>Corbula carinata</i> DUJARDIN						x		x		x
- <i>basteroti</i> M. HOERNES				x					x	
- sp.							x			
- (<i>Varicorbula</i>) <i>gibba</i> (OLIVI)				x			x			
- aff. <i>gibba</i> (OLIVI)									x	
<i>Pholadomya puschi</i> GOLDFUSS			x	x		x	x			
<i>Clavagella (Stirpulina) oblita</i> MICHELOTTI				x						
<i>Thracia (Cyathodonta) pubescens</i> (PULTENAY)						x				
- sp. <i>speyeri</i> KOENEN			x						x	
- sp.						x			x	
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (OLIVI)								x		
<i>Scaphopoda</i>										
<i>Dentalium</i> sp.	x						x	x		
Gastropoda										
<i>Turritella (Haustator) venus</i> D'ORBIGNY			x			x	x	x		
- <i>vermicularis lineatocincta</i> SACCO										x
- aff. <i>terebrales</i> LAMARCK										x
- var.										x
<i>Protoma diversicostata</i> (SANDBERGER)			x							
<i>Diastoma</i> cf. <i>grateloupi</i> (D'ORBIGNY)							x			
<i>Terebralia rahii</i> (A. BRAUN)								x		
<i>Calyptrea chinensis</i> (LINNÉ)										x
<i>Tugurium</i> cf. <i>cumulans transiens</i> SACCO				x						x
<i>Aporrhais</i> cf. <i>tridactylus</i> (A. BRAUN)						x				
- (<i>Aporrhais</i>) sp.							x			x
<i>Polinices (Naticina) catena</i> (DA COSTA)										x
- (<i>Lunatia</i>) <i>catena achatensis</i> (RECLUZ), KONINCK							x	x		
- <i>helicina</i> (BROCCHI)								x		
- sp.							x	x		
<i>Natica millepunctata</i> LAMARCK										x
- sp.										x
<i>Sinum aquense</i> (RECLUZ)										x
<i>Zonaria</i> aff. <i>flavicula</i> (LAMARCK)										x
<i>Phalium (Semicassis) grateloupi</i> (DESHAYES)										x
<i>Pirula (Urosyca) burdigalensis</i> SOWERBY										x
<i>Ficus conditus</i> (BRONGNIART)										x
- <i>inflexicauda</i> (PEYROT)										x
<i>Murex (Haustellum) cf. partschi</i> M. HOERNES										x
<i>Hexaplex (Muricantha) sp.</i>										x
<i>Phos pygmaeus</i> (SCHLOTHEIM)				x						
<i>Tritonalia (Ocinebrina) cf. exoleata</i> (COSMANN & PEYROT)										x
<i>Hadrina</i> ? sp.										x
<i>Bullia (Dorsanum) aquense</i> GRATILOP										x
- aff. <i>baccata</i> (BASTEROT)										x
<i>Nassa (Amyclina) sp.</i>								x	x	
- (<i>Phrontis</i>) cf. <i>incommodans</i> PEYROT										x
- aff. <i>gironica</i> PEYROT										x
- sp.				x						x
<i>Aquilofusus fasciatus</i> (WOLFF)						x				
- cf. <i>haueri</i> (R. HOERNES)									x	
<i>Fusus fasciatus</i> WOLFF								x	x	
- sp.										
<i>Euthriofusus</i> sp.										x
<i>Streptocheilus</i> aff. <i>sextostatus</i> (BEYRICH)										x
<i>Tudicula rusticula hoernesii</i> (STUR)										x
<i>Athleta</i> aff. <i>ficulina</i> (LAMARCK)										x
<i>Cancellaria (Ventrilia) sp.</i>										x
<i>Genota ramosa</i> (BASTEROT)										x
<i>Clavatula</i> sp.										x
- (<i>Perronna</i>) sp.										x
<i>Conus</i> sp.										x
<i>Turricula</i> cf. <i>miocenica</i> PEYROT										x
<i>Turris (Fusiturris)</i> aff. <i>aquensis</i> (GRATELOUP)										x
- <i>duchasteli</i> (NYST)								x		
- sp.								x	x	
<i>Clavus (Drillia) sp.</i>										x
<i>Ringicula paucispira</i>								x		



Faltenmolasse im Buchberg-Graben

- 5 Meßpunkt siehe Lageplan
- 15 Meßpunkt siehe Schichtenverzeichnis
- ② Proben - Nummer



Bodenanalysen

Horizont	Korngrößen %			pH (KCl)	Karbonate %	Org. Subst. %	C/N Verh.	K ₂ O (lakt.) (mg)	P ₂ O ₅ (lakt.) (mg)	Fe ₂ O ₃ (dith.) %
	Ton <0,002	Schluff 0,002-0,06	Sand 0,06-2mm							
Profil 1: Braunerde, schwach pseudovergleyt., aus Flysch-Hangschutt										
Bv	41,4	45,2	13,4	3,5						
BvCv	44,7	39,4	15,9	6,5	3,5					
Cv1	41,5	38,0	20,5	6,9	16,1					
Cv2				7,0	14,4					
Profil 2: Pseudogley-Braunerde aus Piasenkopf-Schichten (Flysch)										
Ah				3,0		10,6	15,4			1,63
AlBv	40,9	52,9	6,2	3,0						1,29
BvSd	56,1	40,2	3,7	3,1						1,97
SBC	50,5	44,6	4,9	3,8						1,20
Profil 3: Braunerde aus Zementmergel-Schichten (Flysch)										
Ah				3,7						1,54
Bv	54,6	35,0	10,4	3,8						1,56
II Bv	31,7	40,8	27,5	5,3						1,47
III Cv	56,7	42,0	1,3	6,5	6,1					0,69
Profil 4: Braunerde aus Cyrenen-Schichten (Molasse)										
Ah				3,5		8,1	16,0			
AhBv	24,3	39,3	36,4	3,7		3,3				1,83
Bv1	24,2	40,3	35,5	3,8						2,10
Bv2	20,7	28,5	50,8	3,8						2,11
Profil 5: Braunerde aus Unterer Bunter Molasse										
Ah				2,9		6,6	18,9			
(Al)Bv	23,5	54,3	22,2	3,4						1,37
(Bt)Bv	56,2	41,6	2,2	3,6						1,97
Bv	59,0	40,6	0,4	4,5						1,64
Cv	32,7	66,9	0,4	6,7	33,7					1,14
Cn	20,9	71,5	7,6	7,2	63,5					
Profil 6: Braunerde-Podsol aus Glassanden (Molasse)										
Ahe	4,2	28,1	67,7	3,4		2,9				0,16
Bhs	7,9	23,3	68,8	3,5		3,7				1,89
Bs	5,7	25,0	69,3	4,0			10,0			1,63
BsBv	6,0	26,4	67,6	4,3						0,61
BvCv	4,2	27,0	68,8	4,4						0,17
Cv	0,9	20,2	78,9	4,8						0,01
Profil 7: Pseudogley aus Promberger Schichten (Molasse)										
Ah				4,6		8,2	10,0	9	3	1,20
Sw	23,6	51,1	23,5	4,2				5	0	1,24
IISd1	36,7	38,6	24,7	4,5				12	0	2,00
IISd2	40,3	44,7	15,0	4,7				17	0,6	1,36
IICv	42,5	43,4	14,1	5,2				16	1	1,32
Profil 8: Braunerde, tiefhumos, aus Würmmoräne										
Ah1				4,7		8,8	10,1	10	1	1,57
Ah2				4,6		5,5	10,7	6	0	1,86
Ah3	18,1	30,1	51,8	4,7		4,0	12,4	5	0,1	1,89
Bv1	17,5	30,4	52,1	4,7				2	0,1	1,69
Bv2	13,7	27,7	58,6	4,7				3	0	1,92
Bv3	12,7	29,9	57,4	5,8				4	0	1,77
Profil 9: Fossiler Bodenrest (?Riß/Würm-Interglazial)										
Cv	1,3	2,7	96,0	8,0	43,8					
IIcVbV	10,1	31,7	58,2	7,6	28,1					0,96
Profil 10: Übergangsmoor, kultiviert, über Niedermoor										
uH				4,4		43,4	20,0	8	8	
uH/nH				3,9		48,8	30,7	4	1	
nH1				4,1		54,6	28,9			
nH2				4,2		56,3	27,1			

Analysenmethoden:

Korngrößenzusammensetzung: Pipettmethode KÖHN;
Carbonate: gasvolumetrische Best. mit 10%iger HCl;
pH-Werte: Messung mit Glaselektrode in n KCl;
Organische Substanz (Humus = C₁ x 1,724): C₁ nach SPRINGER-KLEE

(Chromschwefelsäure-Verfahren); N₁ nach KJELDAHL-JODLBAUER;
K₂O und P₂O₅ (lakt.): DL-Methode nach RIEM;
Fe₂O₃ (dith.) im Auszug nach DEB;
Die Angaben in mval bzw. mg beziehen sich auf 100g Feinboden
(< 2mm Durchm.).

Geologisch bedingte Risiken für Bauwerke und Bauvorhaben

	frostempfindlich	wasserempfindlich	setzungsempfindlich	rutschanfällig		frostempfindlich	wasserempfindlich	setzungsempfindlich	rutschanfällig		
Künstliche Aufschüttung Bergwerkshalde	z.T.	z.T.			Verhalten je nach Ausgangsmaterial u. Verdichtung unterschiedlich, Halden oft rutschanfällig	Molasse-Zone					
Talboden und jüngste Ablagerungen	●	●	●		Setzungen, Grundbruch bei Belastung	mim	Obere Süßwassermolasse Mergel, Sandstein, Konglomerate	z.T.	z.T.	z.T.	Verhalten je nach Mergelgehalt
Auenablagerungen, vorwiegend sandig-kiesig			●		Setzungen, bei bindigem Anteil Frostgefahr und Wasserempfindlichkeit	miN	Daser Schichten Nantesbuch-Sandstein	●	●	●	Mergel, verwitterungsanfällig
Hang- und Verwitterungsschutt	●	●	●	●	Im Flysch u. Helvetikum fast immer Kriechhänge mit sehr hoher Rutschanfälligkeit	ol/miP	Promberger Schichten	●	z.T.	●	z.T. verwitterungsanfällige Mergel
a) Murstrom b) Rutschung	●	●	●	●	z.T. aktive Bewegungen, Gefahr weiterer Anbrüche, Reaktivierung alter Bewegungen	olC3	Oberer Nonnenwald-Sand Schwaiger Schichten Unterer Nonnenwald-Sand	●	●	●	Sandstein, ohne feste Kornbindung
Schutt- und Schwemmkegel	●	z.T.	z.T.		Häufig Blockeinlagerung (=Setzungsunterschiede) z.T. Wechsellagerung mit Seetonen (s.d.)	olC2	Penzberger Liegend-Flözgruppe	●	●	●	Sandstein/Mergel Wechselfolgen
.Hm Anmooriger Boden	●	●	●		i.d.R. Anzeichen für z.B. Seeton (s.d.) oder Grundmoräne (s.d.) im Untergrund, Grundbruchgefahr	olU	Untere Bunte Molasse	z.T.	z.T.	●	Mergel i. a. veränderlich fest
.Hn Niedermoor	●	●	●		Extrem setzungsempfindlich, Grundbruchgefahr	olC1	Untere Brackwasser Molasse mit Konglomeraten	●	z.T.	●	Verwitterungsanfällig
.Hü Übergangsmoor	●	●			dto.	olB	Marine Baustein-Schichten				kein spezielles Risiko bekannt
.Hh Hochmoor	●	●			dto.	olT	Tonmergel-Schichten	●	●	●	mergelreiche Partien verwitterungsanfällig
.Kg Kalktuff und Kalktuffsand			●		Spezielle Untersuchung wegen möglicher Risiken dringend empfohlen, setzungsempfindlich, Grundbruchgefahr	Helvetikum-Zone					
W.T.1 Seeton (vorwiegend spätglazial)	●	●	●	●	sehr geringe Tragfähigkeit, i. a. nur breiige Konsistenz, Grundbruchgefahr, (hoch) setzungsempfindlich	el	Stockletten	●	●	●	Verwitterungsprodukte auch setzungsempfindlich
W.G3 Spätwürmglazialer Schotter					z.T. nur geringe Mächtigkeiten, kann von Seeton untergelagert sein (s.d.)	ek	Enzenauer Marmor				kein spezielles Risiko bekannt
W.G2 Hochwürmglazialer Schotter					dto.	es	Assilinen Sandstein				die Glaukonitschichten sind im oberen Bereich verwitterungsanfällig
Fernmoräne mit Wallform im Alpenvorland	●	●	z.T.		Tragfähigkeitsunterschiede durch inhomogene Zusammensetzung, Findlinge 0,1 m ³ , Sandlinsen	P	Basales Alttertiär (? Dan, Paleozän. ? Untereozän)				kein spezielles Risiko bekannt
Fernmoräne mit Wallform im alpinen Bereich	●	●	●		dto., zusätzlich sehr erosionsanfällig	sh	Hachauer Schichten	z.T.	z.T.	z.T.	mergelreiche Partien mit starker Verwitterungsanfälligkeit
W.Lg Moräne, ungliedert	●	●	z.T.		dto.	sg	Gerhardsreuter Schichten	●	●	●	
W.Lg Moräne, meist über frühwürmglazialen Ablagerungen	●	●	z.T.		dto.	spa	Pattenauer Schichten	●	●	●	
.k Kames- bzw. Oserartige Aufschüttung					u.U. Gefahr der Einlagerung von verschütteten Toteislöchern, (s.d.)	sp	Übergangsschichten (z.T. Pinswanger Schichten)	●	●	●	kein spezielles Risiko bekannt Fels oder felsartige Gesteine
.dr Drumlin	●	●			Hohe Verdichtung, Findlinge, 0,1 m ³	ss	Stallauer Grünsandstein				
Toteisloch	z.T.	z.T.	●		Häufig Seeton oder Torfeinlagerungen (s.d.)	Flysch Zone					
W.gm Grundmoräne	●	●			hohe Verdichtung, Findlinge, 0,1 m ³ , frostempfindlich	fb	Bleicherhorn-Serie	●	●	●	rutsch-, frost- u. wasserempfindlich, ausgeprägte Verwitterungsanfälligkeit, starke Inhomogenität (bankweise)
W.G1 Frühwürmglazialer Schotter, stellenweise verfestigt, örtlich mit Seeton- und Schieferkohle-Lagen	●	●	z.T.	●	über Seeton- u. Schieferkohlelagen setzungs- und rutschempfindlich spezielle Untersuchungen dringend empfohlen	fh	Hällritzer Serie	●	●	●	
R.G Rießeiszeitlicher Schotter ?					häufig unregelmäßig zu Fels verfestigt, vorbelastet	fzk	Zementmergel-Serie der Nordfazies	●	●	●	
R.G1 Rießeiszeitliche Moräne	●	●			hoch vorbelastet, Findlinge frostempfindlich, z.T. verfestigt	fz	Zementmergel-Serie	●	●	●	
R.T.1 Rießeiszeitlicher Seeton	●	●	z.T.	●	z.T. mäßige bis geringe Tragfähigkeit 0,1 m ³	fp	Piesenkopf-Serie	●	●	●	
M.G Mindeleiszeitlicher Schotter ? (jüngere Deckenschotter)					i.d. unregelmäßige Verfestigung zu Fels	fob	Obere Bunte Mergel	●	●	●	Bei Mergelinschlüssen rutsch-, frost- und wasserempfindlich
						fs	Reiselsberger Sandstein	z.T.	z.T.	z.T.	
						fub	Untere Bunte Mergel	●	●	●	
						fg	Flysch-Gault	●	●	●	rutsch-, frost- u. wasserempfindlich, ausgeprägte Verwitterungsanfälligkeit, starke Inhomogenität (bankweise)
						fk	Tristel-Schichten	●	●	●	