



Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000

Erläuterungen zum Blatt
6025 Arnstein



geologie



Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000

Erläuterungen zum Blatt 6025 Arnstein

Bearbeiter:

Walter Freudenberger

Georg Büttner & Walter Freudenberger (Kapitel 5)

Klaus Poschlod (Kapitel 6)

Walter Martin (Kapitel 7)

Robert Ernst (Kapitel 8)

209 Seiten, 35 Abbildungen, 7 Tabellen, 2 Beilagen

August 2022

**Umwelt Spezial
Geologische Karte**

Impressum

Geologische Karte von Bayern 1: 25000
Erläuterungen zum Blatt 6025 Arnstein

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:

LfU, Referat 102, Dr. Walter Freudenberger

Bildnachweis:

LfU, Dr. Walter Freudenberger: Titelfoto, Abb. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, Beilage 1
LfU, Dr. Klaus Poschlod: 23, 28
Dipl.-Geol. Robert Ernst, Lindenstraße 69, 74245 Hößlinsülz: 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, Beilage 2
LfU, Matthias Balg: Abb. 1, 2, 24

Titelbild:

Blick in den Unteren Muschelkalk im Steinbruch der Firma Schraud ESE Retzstadt.
Die Bruchwand zeigt nahezu den gesamten Unteren Muschelkalk, wobei die Verwitterung
härtere Bänke herauspräpariert hat.

Druck:

Druckerei Joh. Walch GmbH & Co. KG
Im Gries 6, 86179 Augsburg

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier, zertifiziert nach dem „Blauen Engel“

Stand:

August 2022

Die Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Naturräumlicher Überblick	7
2 Erdgeschichte	11
3 Schichtenfolge	15
3.1 Trias	15
3.1.1 Buntsandstein	15
3.1.2 Muschelkalk	17
3.1.2.1 Unterer Muschelkalk	20
3.1.2.2 Mittlerer Muschelkalk, mm	36
3.1.2.3 Oberer Muschelkalk, mo	47
3.1.3 Keuper	63
3.1.3.1 Unterer Keuper, ku	64
3.2 Tertiär	81
3.3 Quartär	81
3.3.1 Pleistozän	81
3.3.2 Pleistozän bis Holozän	85
3.3.3 Holozän	88
4 Tektonischer Bau	90
4.1 Einleitung und Überblick	90
4.2 Verbiegungen	92
4.2.1 Arnsteiner Sattel	92
4.2.2 Thüngener Mulde	93
4.2.3 Stettener Hoch	93
4.3 Bruchtektonik	93
4.3.1 Verwerfungen	93
4.3.2 Klüftung	100
4.4 Alter der Tektonik	101
5 Hydrogeologische Verhältnisse, Karst	103
5.1 Hydrogeologie	103
5.2 Karst	107

6	Rohstoffgeologie	108
6.1	Festgesteine	110
6.2	Lockergesteine	122
7	Böden	125
7.1	Vorbemerkung	125
7.2	Regionaler bodenkundliche Überblick	126
7.2.1	Böden der Ton- und Kalksteinlandschaft in den Fränkischen Platten	126
7.2.2	Böden der Lößgebiete in den Fränkischen Platten	127
7.2.3	Böden der Talböden und Tälchen	128
7.2.4	Böden mit anthropogener Überprägung	128
8	Biostratigraphie (Muschelkalk)	129
8.1	Unterer Muschelkalk	129
8.2	Oberer Muschelkalk	131
9	Geologische Aufschlüsse, Geotope	135
9.1	Geologische Aufschlüsse	135
9.2	Geotope	168
10	Bohrungen	169
11	Literatur	196

Verzeichnis der Beilagen

Beilage 1: Schichtlagerungskarte

Beilage 2: Profilvergleich des Blattes Arnstein
mit den Profilen der Nachbarblätter

Vorwort

Die Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6025 Arnstein wurde im Wesentlichen in den Jahren 2018 und 2019 aufgenommen. Das Kartenblatt war wiederholt Gegenstand geologischer Erforschung. Von H. Nathan sind handkolorierte Geländeaufnahmen im Maßstab 1 : 25 000 aus den Jahren 1927–1928, von M. Schuster aus dem Jahr 1924 sowie von J. Niedermeyer aus dem Jahr 1940 im Archiv des Bayerischen Landesamtes für Umwelt vorhanden.

Von Schenk (1852) stammt die erste „geognostische Karte der Umgegend von Würzburg“ im Maßstab 1 : 150 000 (vergleiche Vossmerbäumer 1983: 26 ff.). Die erste geologische Karte mit Erläuterungen, auf der Blatt Arnstein erscheint, ist das Teilblatt Würzburg-West des Blattes Würzburg (Nr. XXIII), bearbeitet von O. M. Reis & M. Schuster (1927) sowie das Teilblatt Kitzingen des Blattes Windsheim (Nr. XXII) der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000, bearbeitet und erläutert von Schuster & Nathan (1937). Auf der Geologischen Übersichtskarte des Maintales 1 : 200 000 (Schwarzmeier 1980) sowie auf der Geologischen Übersichtskarte 1 : 200 000, CC 6318 Frankfurt a. M.-Ost (Schwarzmeier et al. 1985), ist das Kartenblatt ebenfalls erfasst.

Teilkartierungen lagen aus dem Würzburger Institut vor, die unter der Leitung von Prof. Dr. W. A. Schnitzer, Prof. Dr. H. Voßmerbäumer beziehungsweise Prof. Dr. P. Udluft als Diplomarbeiten angefertigt wurden: Wirsing (1981), Sabbagh (1982), Middendorf (1982), Köhler (1986) und Kemnitzer (1993).

Herrn Prof. Dr. H. Voßmerbäumer (Universität Würzburg) wird gedankt für die bereitwillig gestattete Einsichtnahme in diese Diplomarbeiten. Herrn Prof. Dr. M. Reimann, Firma Knauf, Iphofen, gilt der Dank dafür, dass diverse Rohstofferkundungsbohrungen begutachtet werden konnten.

Vor der Drucklegung wurde das Kartenmanuskript an ein Digitales Gelände-Modell (DGM) angepasst, dessen Auswertung vielfach Schichtabgrenzungen über die Morphologie ermöglichte. Des Weiteren wurde die geologische Aufnahme durch Serienprofilschnitte validiert, welche im Bedarfsfall auch zur Erstellung einer 3-D-Modellierung dienen können.

Diese Methode fand auch Anwendung bei unsicherer Differenzierung innerhalb des Oberen Muschelkalks, speziell am Forstberg ESE Thüngen sowie bei den stark von Löß überdeckten Flächen des Werksandstein-Bereichs im östlichen Gramschatzer Wald. Für diese Leistungen gebührt Frau Dipl.-Geol. M. Röhner (LfU) außerordentlicher Dank.

Für Informationen zum Kapitel 6, speziell zu dem Rohstoff Gips, wird recht herzlich Herrn Prof. Dr. M. Reimann, Fa. Knauf, gedankt. Sehr hilfreich in vielen Fragen zu den anderen Rohstoffen sowie zu deren Abbau und Weiterverarbeitung waren Herr W. Albert (Gänheim), E. Füller (Arnstein), Herr A. Reith (Binsbach), Herr M. Rudloff (Gänheim), die Herren P. und A. Schraud (Retzstadt), Herr E. Schwab (Thüngen) und vor allem auch Frau J. Koos und Herr G. Liepert aus Arnstein.

1 Naturräumlicher Überblick

Die Grundzüge der Naturgeographie von Unterfranken sind, was Landschaftsökologie, Landschaftsgenese und landschaftsräumlichen Vergleich betrifft, umfassend von Müller (1996) beschrieben.

Das Blatt Nr. 6025 Arnstein 1 : 25 000 (Abb. 1) wird entsprechend der naturräumlichen Gliederung (Abb. 2) den Maindreieck-Gäuplatten zugerechnet, die den zentralen Bereich der Mainfränkischen Platten einnehmen (Wittmann 1991, Freudenberger 2003 a). Das Landschaftsbild wird im Wesentlichen durch die flachwellige Gäufläche geprägt. Die steilen Hänge im Tal der Wern sowie deren Nebentäler werden von den harten Kalk- und Kalkmergelsteinen des Muschelkalks gebildet. Im Retzbachtal sowie in dessen steilen Nebentälchen steht der Untere Muschelkalk (Wellenkalk) an. Oberhalb der markanten Hangkante, die durch die Schaumkalkbänke verursacht ist, folgen die flachen Hänge des weicheren Mittleren Muschelkalks. Im Werntal und dessen Nebentälchen hingegen streicht zwischen Stetten und Arnstein, tektonisch eingemuldet, im unteren Talbereich der Mittlere Muschelkalk aus. Der Obere Muschelkalk beginnt über dem Hangschuttfuß mit einem Knick, versteilt den Talhang und leitet mit deutlicher Kante über zur Verebnung der Gäufläche. Hangend folgen über dem Muschelkalk leicht verwitternde Tonsteine, Gelbkalksteine und wenig härtere Sandsteine des Unteren Keupers. Diese wenig verwitterungsresistente Schichtenfolge formt eine flachwellige Landschaft, die in Talbereichen Hänge mit geringem Gefälle aufweist. Die teilweise mächtige Lößbedeckung, besonders im Gramschatzer Wald, wirkt zusätzlich reliefunterdrückend und -ausgleichend.

Der Sternberg SE Binsfeld ist mit 374 m ü. NN der höchste Geländepunkt. Er liegt etwa in der Blattmitte, im nordwestlichen Teil des Gramschatzer Waldes. Im Werntal bei Stetten sowie im Retzbachtal W Retzstadt liegen mit etwa 186 m ü. NN die tiefsten Punkte. Der Reliefunterschied beträgt somit 188 m. Etwa zwei Drittel des Blattgebietes weisen eine Höhenlage zwischen 250–350 m ü. NN auf.

Hydrographisch gesehen liegt das Blattgebiet Arnstein im Einzugsgebiet des Mains und der Wern, die bei Wernfeld ebenfalls in den Main mündet. Etwa 20 % des Blattgebietes (SE-Ecke, Großraum Gramschatz) werden durch den Riedbach, der SW Gramschatz Dürrbach heißt, nach S entwässert. Der Dürrbach mündet W Würzburg in den Main. Weitere 20 % des Blattgebietes (SW-Ecke, Großraum Retzstadt) werden über den Retzbach nach W ebenfalls zum

Main hin entwässert. Die Entwässerung des weitaus größten, nördlich gelegenen Teils des Blattes, der die Orte Arnstein bis Stetten und Dattensoll bis Heßlar einschließt, entwässert zur Wern hin. Von Werneck kommend fließt die Wern über Arnstein in WSW-Richtung nach Stetten, wo sie das Blattgebiet verläßt. Oberflächliche Zuflüsse sind der Schwabbach und der Krebsbach, einige Bäche sind perennierend. Die meisten Talungen („Gräben“: z. B. Pfannengraben, Wertgraben, Seeliggraben und Hinterer Lerchengraben) sind wegen des hohen unterirdischen Abflusses die meiste Zeit des Jahres trocken.

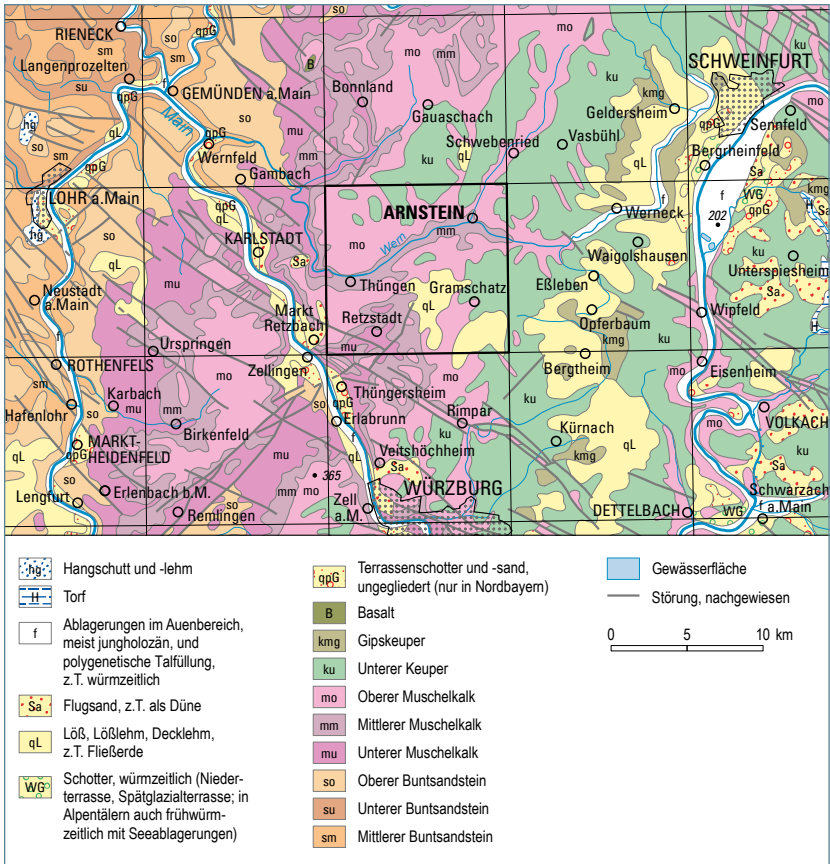


Abb. 1: Lage des Kartenblattes TK25 Nr. 6025 Arnstein (Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, Bayerisches Geologisches Landesamt 1996, verändert)

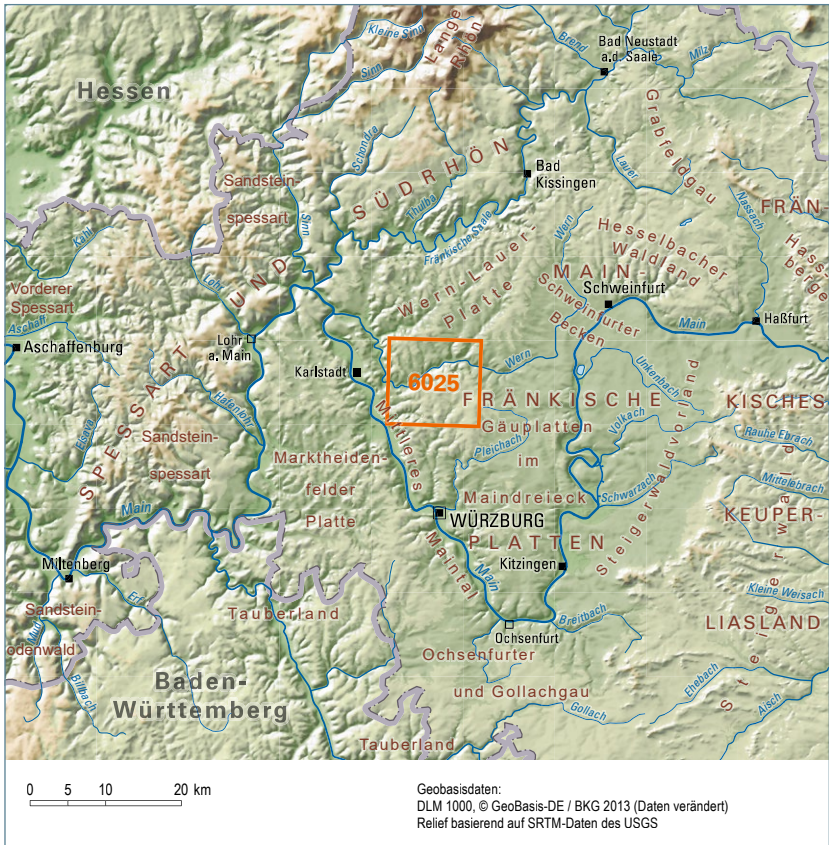


Abb. 2: Naturräumliche Gliederung mit Lage des Kartenblattes 6025 Arnstein in Unterfranken. Naturräumliche Einheiten nach Meynen & Schmithüsen (1953–1962) und Ssymank (1994)

Fast alle Bäche im nördlichen Blatteil (nicht der Schwabbach bei Arnstein) fließen konsequent, dem Schichteinfallen folgend, der Wern zu. Dies ist auf dem östlich anschließenden Blatt Werneck nicht so (vergleiche Freudenberger in LfU 2010 a, 2010 b). Daraus lässt sich mutmaßen, dass zumindest ein Teil der Wern (der Oberlauf) möglicherweise zur Zeit der Talanlage nach E entwässerte und erst in jüngerer Zeit die Laufriichtung umkehrte. Diese Besonderheit wurde vor allem bereits von Krebs (1919), Thorwarth (1924), Schuster (1925, 1943) sowie Hofmann (1952, 1955) ausführlich diskutiert.

Schwarzmeier (1978) verglich die Werntalentwicklung mit der des Maines und rekonstruierte, dass zur Bildungszeit der Hauptterrasse der Oberlauf der Wern bis etwa Gänheim nach E zum Main entwässerte. Der Unterlauf hingegen floss schon damals dem Main bei Wernfeld (Blatt 5924 Gemünden a. M.) zu. Erst im Zuge der cromerzeitlichen Eintiefung des Mains (altpleistozäne Taleintiefung i. S. von Körber 1962) wurde der Oberlauf der Wern an den kräftig rückschreitend erodierenden Unterlauf angeschlossen. Die Wern dürfte sich, analog dem Hauptfluss, während dieses Prozesses bis auf ihr heutiges Niveau eingetieft haben. Eine Plombierung wie im Maintal (Cromer-Komplex) ist nicht festzustellen. Ob der Urmain nach W über das Tal der heutigen Wern entwässerte, steht weiter in Diskussion (zuletzt Freudenberger 2003 a: 255, Geyer & Schmidt-Kaler 2009: 25, Schirmer 2013: 96).

Zwischen Arnstein und Thüngen verläuft das Werntal in westsüdwestlicher Richtung, zunächst im Kern des Arnsteiner Sattels, ab Binsfeld in der nordwestlich anschließenden Thüngener Mulde. Dies wurde bereits von Pfaff (o. J.) und J. Niedermayer beim Kartieren der Wern-Umgebung festgestellt (in Schuster 1943: 146). Als Besonderheit gilt der Wengelberg S Thüngen, ein alter Umlaufberg der Wern. „Die alte Wern umfloß den Landsporn und wurde scharf gegen einen zweiten von S heranreichenden Hügel gepresst, den sie in einer engen Schlinge umzog. ... Der geologische Grund für die Doppelschlinge von Thüngen sind die harten Encriniten- oder Trochiten-Kalkbänke am Grund des Hauptmuschelkalks, welche die Wern nicht zu durchbrechen vermochte, denen sie also seitlich auszuweichen versuchte“, konstatierte Schuster (1943: 147 ff.).

Weitere hydrogeologische Aspekte enthält Kapitel 5. Die Rohstoffgeologie wird in Kapitel 6 ausführlich beschrieben. Bodenkundliche Aspekte sind in Kapitel 7 zu finden.

2 Erdgeschichte

Die Abtragung des variskischen Gebirges, die bereits im Oberkarbon begonnen hatte, setzte sich im Perm fort. Nach der Einebnung bis auf wenige Schwellenbereiche im Rotliegend transgredierte mit Beginn der Zechstein-Zeit das Meer von N kommend in breiter Front. Die verbliebene Vindelizische Schwelle verhinderte den Zugang zur Tethys im S. Semiarides bis arides Klima führte im frühen Perm zur Bildung roter Kontinentalsedimente (Rotliegend) und im späten Perm zu marinen Evaporitsequenzen (Zechstein). In der Bohrung Volkach 1 wurden 449 m Rotliegend- und 160 m Zechstein-Schichten (inklusive Bröckelschiefer-Folge) erbohrt (Schwarzmeier 1983).

In der folgenden Trias fand eine weitere Ausweitung des Beckens nach S statt. Der Ablagerungsraum war ein zeitweise marines, überwiegend aber kontinental geprägtes Binnenbecken.

Ein alluvial geprägter Sedimentationsbereich dehnte sich während der Buntsandstein-Zeit im Areal Nordbayerns aus (Freudenberger et al. 2013). Die charakterisierenden Rotsedimente wurden bei semiaridem bis aridem Klima abgelagert (Paul 1982, Tietze 1982, Geyer 2002). Die überwiegend kontinentale Sedimentation des Unteren und Mittleren Buntsandsteins wurde im späten Oberen Buntsandstein (Myophorienschichten) durch die marine Transgression der Tethys, die schließlich zum Muschelkalk-Meer führte, beendet. In der Bohrung Volkach 1 (Schwarzmeier 1983) wurde Buntsandstein in einer Mächtigkeit von 546 m (exklusiv 77 m „Bröckelschiefer-Folge“, die neuerdings zum Zechstein zu rechnen ist) durchbohrt.

Das Muschelkalk-Meer transgredierte ebenfalls über Norddeutschland in das Süddeutsche Teilbecken. Eine Verbindung zur Tethys entwickelte sich über das Gebiet der jetzigen Westalpen. Den Zeitabschnitt Muschelkalk dokumentiert eine 235 m mächtige Schichtenfolge, wie die Forschungsbohrung Gramschatz 1 (Freudenberger 2009) auf Blatt Arnstein nachwies.

Unter warmen Klimabedingungen brachte das Flachmeer des Unteren Muschelkalks vorwiegend karbonatische, fossilreiche Sedimente zum Absatz. Sedimentäre Gefüge und die Fauna lassen auf zeitweilig sehr flache Meerestiefen schließen. Zu Beginn des Mittleren Muschelkalks änderten sich die hydrographischen Bedingungen.

Tektonische Hebungen an der Schlesisch–Mährischen Pforte schränkten den Wasseraustausch des Germanischen Beckens mit der Tethys ein, der Binnenmeer-Charakter verstärkte sich. Die Profile im Becken zeigen im ausklingenden Unteren Muschelkalk und im folgenden Mittleren Muschelkalk eine Abfolge von Kalk-, Mergel- und Dolomitstein, Gips beziehungsweise Anhydrit und Steinsalz (beziehungsweise Residualbildungen der Evaporite), die eine zunehmende Eindampfung des Meeres belegt (Freudenberger 1996). Mit dem Oberen Muschelkalk erhielt das Germanische Becken im SW über die Burgundische Pforte erneut Zugang zum offenen Meer der Tethys. Als Absatz eines epikontinentalen Flachmeeres entstanden Kalk-, Mergel- und Tonstein mit reichlich organischen Resten. Die Verflachung des Beckens gegen Ende der Muschelkalkzeit wird durch den Glaukonitgehalt im Grenzglaukonitkalkstein und durch eine Häufung schillreicher Karbonate dokumentiert. Während des ausklingenden Oberen Muschelkalks kam es zu einer Differenzierung der Faziesräume im unterfränkischen Raum. Im Gegensatz zu der im tieferen Meer entstandenen Schichtenfolge des normal entwickelten Oberen Muschelkalks (Normalfazies) wurden im Raum Rothenburg–Röttingen–Eibelstadt bei Würzburg die mächtigen Schillkalke des Quaderkalks (Quaderkalkfazies) als Bildungen flacher, küstennaher Meeresbereiche abgelagert (Haunschild 1986, Geyer et al. 2020). Das Kartenblatt liegt nördlich der Quaderkalkregion.

Nach den marinen Verhältnissen im Muschelkalk geriet das Ablagerungsgebiet Süddeutschlands im Keuper zunehmend unter terrestrischen Einfluss, die Subsidenz wurde durch die Sedimentation ausgeglichen. Das Klima änderte sich während des Keupers von arid über semiarid bis semihumid. Bedingt durch den mehrmaligen Milieuwechsel, teils marin, teils brackisch bis fluviatil, der zudem auch örtlich und zeitlich begrenzt war, spiegelt sich in den Keupersedimenten ein reger Fazieswechsel wider. Eine jeweils nur wenige Meter mächtige Wechselfolge von grauen, ockerfarbig verwitternden Kalk- und Dolomitsteinen, feinkörnigen Sandsteinen mit inkohlten Pflanzenresten ("Lettenkohlen-Flözchen"), grauen Ton- und Mergelsteinen gibt deutlich die Schwankungen von marinen und festländischen Einflüssen wieder. Der in seiner Mächtigkeit stark schwankende Werksandstein stellt die geschlossene Sandschüttung innerhalb des Unteren Keupers dar. Als Besonderheit gilt die große Mächtigkeit des Oberen Sandsteins (8,3 m) in der Forschungsbohrung Waigolshausen 1 auf dem östlich anschließenden Blatt Werneck (Freu-

denberger 2003 c), da die übliche Mächtigkeit in der Region bei etwa 2 m liegt. Den Abschluss des in den Bohrungen Werneck 1 und Waigolshausen 1 50–51 m messenden Unteren Keupers bildet der Grenzdolomit, eine den gesamten süddeutschen Raum überdeckende Meeresablagerung (vergleiche Haunschild 2000).

Damit endet die erdgeschichtliche Dokumentation über Gesteine des Mesozoikums auf Blatt Arnstein. Wahrscheinlich hielt die Sedimentation bis zum Mittleren Jura an, bis dieses Gebiet im Gefolge der sich heraushebenden Mitteldeutschen Hauptschwelle Abtragungsraum wurde. Danach begann die Entstehung des Fränkischen Schichtstufenlandes.

Tektonische Bewegungen im Tertiär führten zu Verbiegungen und Bruchdeformation des Deckgebirges. Trotz flächenbetonter Abtragung infolge klimabedingter tiefgründiger Verwitterung begann die Zertalung, die erste Anlage des heutigen Tal- und Gewässernetzes. Dabei spielten auch die tektonischen Bewegungen, die zur Absenkung des Untermaingebietes und Hebungen der Spessartschwelle sowie des Spessartvorlandes führten, eine Schlüsselrolle (vergleiche Geyer & Schmidt-Kaler 2009: 17 ff.).

Im Quartär erfolgte die Herausbildung der heutigen Landschaftsgestalt unter den Bedingungen eines zwischen Kalt- und Warmzeiten wechselnden Klimas.

Unterfranken gehörte im Pleistozän (Beginn vor etwa 2,6 Millionen Jahren) zum periglazialen Vorland der gewaltigen Vereisungen im nordischen und alpinen Bereich. Während der Kaltzeiten wurden die durch intensive Frostverwitterung entstandenen Schuttmassen durch Solifluktion hangabwärts, durch Bäche und Flüsse talabwärts transportiert und schließlich als Talschotter abgelagert. In den Warmzeiten wurden die Täler erneut vertieft und die Kieskörper bis auf Terrassenreste erodiert. In Arealen, die Schutz vor Abtragung boten, sind bereichsweise flächendeckende periglaziale Schuttmassen als Fließerden, Hangschutt oder Hanglehm bis heute erhalten. Während der Glazialzeiten entstand als äolisches Sediment der weit verbreitete Löss, während der warmen Interglazialzeiten bildeten sich Verwitterungs- und Bodenhorizonte.

Das Holozän, unsere heutige Warmzeit, begann mit dem Ende der Jüngeren Tundrenzeit vor etwa 11.800 Jahren. Zu holozänen Bildungen zählen Ablagerungen in Talsohlen und -kerben, Auenablagerungen, Schwemmfächer am Ausgang von Nebentälern sowie Hangschutt. Durch Waldrodung, intensive Bodennutzung, Straßenbau, Flurbereinigung und Kanalisierung beeinflusst der Mensch seit dem Mittelalter den natürlichen Erosionsablauf maßgeblich.

3 Schichtenfolge

Koordinaten der Aufschluss- (A) und Bohrprofile (B) sind Kapitel 9 beziehungsweise 10 zu entnehmen.

Im Rahmen der geologischen Aufnahme des Kartenblattes wurden zur Klärung der stratigraphischen Verhältnisse im Auftrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes (heute Landesamt für Umwelt) die Forschungsbohrungen (FB) Arnstein 1 (B 1), Gramschatz 1 (B 2) und Retzstadt 1 (B 3) niedergebracht. Daraus resultiert ein komplettes Muschelkalkprofil für das nördliche Maindreieck.

Von besonderem Interesse bei den Bohrungen war die fazielle Ausbildung des Muschelkalks sowie die der Übergänge zum Oberen Buntsandstein und Unteren Keuper. Es galt insbesondere auch festzustellen, inwieweit der Mittlere Muschelkalk in primär evaporitischer Fazies ausgebildet war und ob diese noch erhalten oder mittlerweile durch Auslaugungsvorgänge nur noch anhand von Residualsedimenten oder Hohlräumen belegbar ist. Daher wurde die FB Arnstein 1 innerhalb der Thüngener Mulde (Teil der Zellinger Mulde), die FB Gramschatz 1 im Zentralbereich des Arnsteiner Sattels (Teil des Thüngersheimer Sattels) angesetzt. Die Ergebnisse wurden separat publiziert (Freudenberger 2009).

3.1 Trias

Die auf dem Blattgebiet Arnstein ausstreichende triassische Schichtenfolge umfasst die Sedimente des gesamten Muschelkalks und des gesamten Unteren Keupers.

3.1.1 Buntsandstein

Verbreitung: Vom Buntsandstein ist auf Blatt Arnstein lediglich der obere Bereich der Röt-Formation (Oberer Buntsandstein) in der FB Gramschatz 1 (B 2) und der FB Retzstadt 1 (B 3) erschlossen.

Oberer Buntsandstein 3/Untere Röttonsteine

Mächtigkeit: > 9,95 m (B 2).

Lithologie: Siltstein, tonig, rotbraun, olivgrüngrau, mit zwei Sandsteinlagen, fein- bis mittelkörnig, tonig gebunden, hart; zahlreiche Gipsknauern und -adern.

Oberer Buntsandstein 4

Mächtigkeit: 44,55 m (B 2).

Rötquarzit

Mächtigkeit: 7,5 m (B 2).

Lithologie: Sandstein, fein- bis mittelkörnig, kieselig gebunden, sehr hart, rotbraun, olivgrau, teils weißgrau; mit Siltsteinlage, 0,5 m mächtig, tonig, rotbraun; mit dünner Gipsader, Spurenfossilien in B 2.

Obere Röttonsteine

Mächtigkeit: 32,8 m (B 2).

Lithologie: Tonstein, teils siltig, rot(violett)braun, teils olivgrüngrau, mit zahlreichen Gipslagen, -knauern und -adern.

Myophorienschichten

Mächtigkeit: 4,25 m (B 2); 3,0 m (B 3).

Lithologie: Tonstein, teils Tonmergelstein, dunkel-, teils olivgrau, mit zahlreichen Gipsadern und -knauern, wechsellagernd mit Anhydrit-/Gipssteinlagen, weißgrau.

3.1.2 Muschelkalk

Paläogeographie: Das Muschelkalkmeer erstreckte sich über das Germanische Becken vom Gebiet des heutigen Frankreich bis nach Polen und vom heutigen Alpenvorland bis weit ins heutige Nordseebecken. Dieses epikontinentale Randmeer war über wechselnde Meeresstraßen mit den mitteltriadischen Ozeanen wie der Tethys verbunden.

Verbreitung: Mit dem Muschelkalk beginnt die über Tage erschlossene Schichtenfolge auf Blatt Arnstein. Er nimmt etwa 80 % des Blattgebietes ein. Durch die Aufwölbung des Thüngersheimer Sattels streicht der Untere Muschelkalk übertage aus. Einblick in den Oberen, Mittleren und Unteren Muschelkalk gaben die Forschungsbohrungen Arnstein 1, Gramschatz 1 und Werneck 1 (Freudenberger 2003 c, 2009). Detaillierte Kernbeschreibungen sind diesen Arbeiten zu entnehmen. Die Kernbohrung Werneck 1 (We 1) liegt auf dem östlichen Anschlussblatt Werneck. Über Tage streicht der gesamte Muschelkalk aus.

Gliederung und Mächtigkeit: Die Gesamtmächtigkeit des Muschelkalks beträgt (bei teilweise erhaltenen Sulfatlagern im Mittleren Muschelkalk) 251 m, bei abgelaugten Sulfatlagern nur etwa 225 m (Tab. 1). Sie setzt sich wie folgt zusammen:

- Unterer Muschelkalk: 93 m (B 2)
- Mittlerer Muschelkalk: 40–50 m (bei geringer Anhydrit- oder Gipsführung)
51–74 m (bei höherer Anhydrit-
oder Gipsführung; B 1, B 2)
- Oberer Muschelkalk: 82–86 m (B 1, B 2)

Tabelle 1: Gliederung des Muschelkalks mit Angaben zur Lithologie und Mächtigkeit in den Forschungsbohrungen Gramschatz 1 (Gr 1) Arnstein 1 (Ar 1) und Retzstadt (Re 1) (Freudenberger 2009)

Gliederung mit Leithorizonten			Lithologie/Fazies	Mächtigkeit [m]			Σ	Alter* [Ma]
	Gr	Ar	Re					
Oberer Muschelkalk	mo3	Grenzglaukonitkalkstein Ostracodenton Hauptterebatelbank Plattenkalksteinfolge 6 Tonsteinhorizont 4–5 mit Dickbankzone	Kalkstein, blau- bis hellgrau, mikritisch dicht, plattig, linsig; mit Kalksteinbänken, spartisch, schillhaltig; mit Tonsteinlagen, grau, blättrig	30	30		82 bis 86	232
	mo2	Cycloidesbank Plattenkalksteinfolge 3–5 mit Tonsteinhorizont 1–3		18	18			
	mo1	Spiriferinabank Plattenkalksteinfolge 1–2 mit Hauptencrinitenbank Zeller Tonsteinhorizont Wulstkalkstein		38	34			
Mittlerer Muschelkalk	mm3	Oberer Dolomit	Mergel- und Tonstein, gelbgrau, dolomitisch; Gelbkalk-, Zellenkalk- und Dolomitstein; Residualton- und -mergelstein, dunkelgrau; Gips und Anhydrit in Linsen oder Lagen	11	14		58 bis 70	235,5
	mm2	Oberes Sulfat Mittlerer Dolomit mit Oolith		24	30			
	mm1	U. Sulfat mit O. Steinsalzlager Unteres Steinsalzlager Basissulfat Unterer Dolomit		23	26			
Unterer Muschelkalk	mu3	Orbicularisschichten Wellenkalkfolge 5–9 mit Schaumkalkbank 1–3 Spiriferinabank O. u. U. Terebratelbank	Kalkstein, grau(blau), mikritisch, dünnplattig, knauerig, teils mergelig, wellig (Wellenkalk); mit Kalksteinbänken, teils schillhaltig, spartisch, teils oolithisch, teils konglomeratisch	39		45 (**)	93	237
	mu2	Wellenkalkfolge 4 Oolithbank Beta 2		20		19 (**)		
	mu1	Wellenkalkfolge 1–3 mit Oolithbank Alpha und Beta Grenzgelbkalkstein		34		32		

*) numerisches Alter nach Menning (2000)

**) Mächtigkeit nach Aufschlussaufnahme SE Retzstadt

Vom Arbeitskreis Muschelkalk der Stratigraphischen Subkommission Perm/Trias wurde eine Neugliederung des Muschelkalks in Formationen erarbeitet (Hagdorn et al. 1998, Bachmann et al. 1999, Geyer et al. 2020). Die Gliederung hat überregionale Bedeutung, ist aber in die Kartierpraxis in Mainfranken größtenteils nicht umzusetzen. Zur Orientierung werden in Tabelle 2 die Neugliederung und die Abweichungen zur Generallegende GK25/50 von Bayern kenntlich gemacht.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der in Bayern üblichen Lithostratigraphiegliederung und der überregionalen Formationsgliederung des Muschelkalks für Mainfranken

Gruppe	Sub-gruppe	Formation	Leitbänke / Reichweite	Bemerkung / Abweichungen zur Generallegende GK25/50 von Bayern
Muschelkalk	Oberer Muschelkalk	Meißner-Fm.	Intervall zwischen Top Spiriferinabank und Basis Grenzbonebed	Topgrenze abweichend (Top Grenzbonebed) / Basisgrenze abweichend (Basis Wulstkalkstein)
		Trochitenkalk-Fm.	Intervall zwischen Basis Hornsteinbank und Top Spiriferinabank	
	Mittlerer Muschelkalk	Diemel-Fm.	Intervall zwischen Top Muschelkalksalinar und Basis Hornsteinbank	Topgrenze abweichend (Basis Wulstkalkstein) / Basisgrenze abweichend (Top Orbicularisschichten)
		Heilbronn-Fm.	Intervall zwischen Top Remlingen-Dolomit und Top Muschelkalksalinar	
		Karlstadt-Fm.	Intervall zwischen Top Obere Schaumkalkbank und Top Remlingen-Dolomit	
	Unterer Muschelkalk	Jena-Fm.	Intervall zwischen Basis Grenzgelbkalkstein und Top Obere Schaumkalkbank	Topgrenze abweichend (Top Orbicularisschichten) / Basisgrenze identisch

Hiernach entsprechen dem Unteren Muschelkalk die Jena-Formation, dem Mittleren Muschelkalk die Karstadt-Formation, die Heilbronn-Formation und die Diemel-Formation, dem Oberen Muschelkalk die Trochitenkalk-Formation und die Meißner- beziehungsweise Rottweil-Formation.

Literatur: Zahlreiche Autoren beschreiben den Muschelkalk Unterfrankens. Besonders sei auf Geisler (1938), Rutte (1957), Hoffmann (1967 a), die lithologischen Untersuchungen Haltenhofs (1962), die paläontologischen Arbeiten von Schmidt (1928, 1938), Dede (1959) und Wilczewski (1967) sowie auf die Übersicht von Emmert (1964, 1981), Freudenberger (1996), Geyer (2002), Geyer et al. (2020) und die kommentierte Bibliographie von Vossmerbäumer (1972, 1974) verwiesen. Weitere Forschungsergebnisse stellen vor: der Schöntaler Muschelkalksymposiumsband, herausgegeben von Hagdorn & Seilacher (1993); der Triasband, herausgegeben von Hauschke & Wilde (1999); das Naturwissenschaftliche Jahrbuch Schweinfurt (Bd. 21/22/23) (2006), insbesondere Büttner & Stürmer (2006); der Sulfaterkundungsbericht von Büttner & Linhardt in LfU (2011). Den gegenwärtigen Wissensstand vermittelt die 1256 Seiten umfassende Muschelkalk-Monographie/Synopsis (DSK 2020).

3.1.2.1 Unterer Muschelkalk

Mächtigkeit: 92,90 m (B 2).

Verbreitung: Der Untere Muschelkalk steht im Retzbachtal und dessen steilen Nebentälchen an. Die Schichtenfolge ist im Steinbruch der Firma Schraud ESE Retzstadt (A 1; Abb. 3) bis auf wenige basale Meter komplett aufgeschlossen. Die FB Retzstadt 1 erschließt den Anschluss zum Oberen Buntsandstein. Die FB Gramschatz 1 durchsank den mu komplett.

Gliederung: Der Untere Muschelkalk wird in Mainfranken konventionell lithostratigraphisch in drei Einheiten gegliedert (Tab. 1; Abb. 3 und 4):

- Unterer Muschelkalk 1 (mu1, Grenzgelbkalkstein bis Basis Oolithbank-Beta 2)
- Unterer Muschelkalk 2 (mu2, Oolithbank-Beta 2 bis Basis Untere Terebratelbank)
- Unterer Muschelkalk 3 (mu3, Untere Terebratelbank bis Obergrenze Orbicularisschichten)



Abb. 3: Unterer Muschelkalk (mu1–mu3) im Steinbruch der Firma Schraud (A 1), Blick nach W (2000)

Unterer Muschelkalk 1, mu1

Mächtigkeit: 32,1 m (B 3); 34,0 m (B 2).

Aufschlüsse: ESE Retzstadt (A 1), Retzstadt (A 10).

Grenzgelbkalkstein, kg

Mächtigkeit: 0,65 m (B 2); 1,45 (B 3); 0,40 m (A 10).

Lithologie: Dolomitstein, sehr hart, grau bis beige, ockergelb anwitternd, Glaukonitgehalt in B 3.

Wellenkalkfolge 1

Mächtigkeit: 16,4 m (B 2); 10,35 m (B 3); > 12,5 m (A 1).

Lithologie: Kalk-, Kalkmergel- und Tonmergelstein, (dunkel)grau, charakteristische wellige Textur, flaserig bis knauerig (Wellenkalkfazies); mit Rutschhorizont 0,5–1,2 m über Basis in (A 1; Abb. 5).



Lehm



Tonstein/
Tonmergelstein



Siltstein



Sandstein,
feinkörnig



Mergelstein



Kalkstein,
mikritisch



Kalkstein, sparitisch,
Schillgehalt



Kalkstein, wellig,
teils mergelig



Dolomitstein



Gips-/Anhydritstein



Karbonat-/
Gipseinschlüsse



Stylolithen



kieselig gebunden



dolomitisch
gebunden



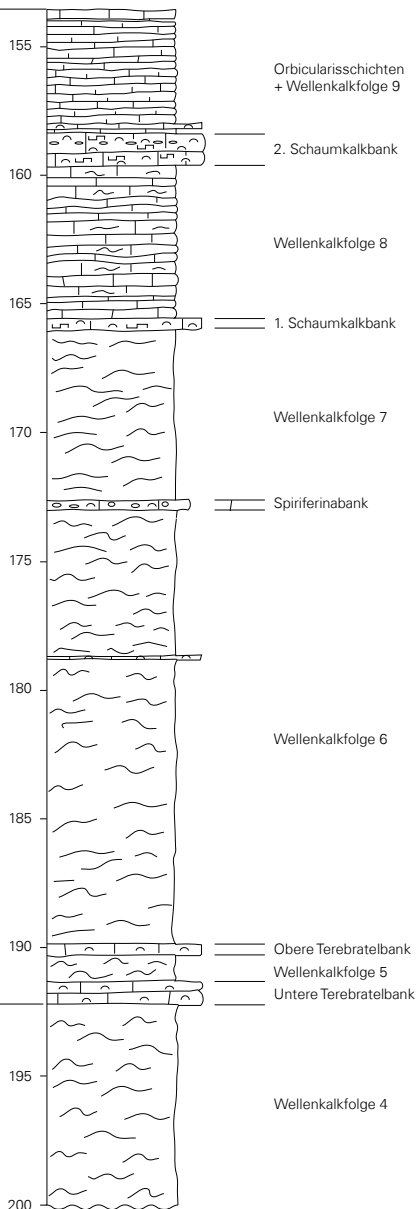
Schrägschichtung



brecciös

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Unterer Muschelkalk 2
(mu2)



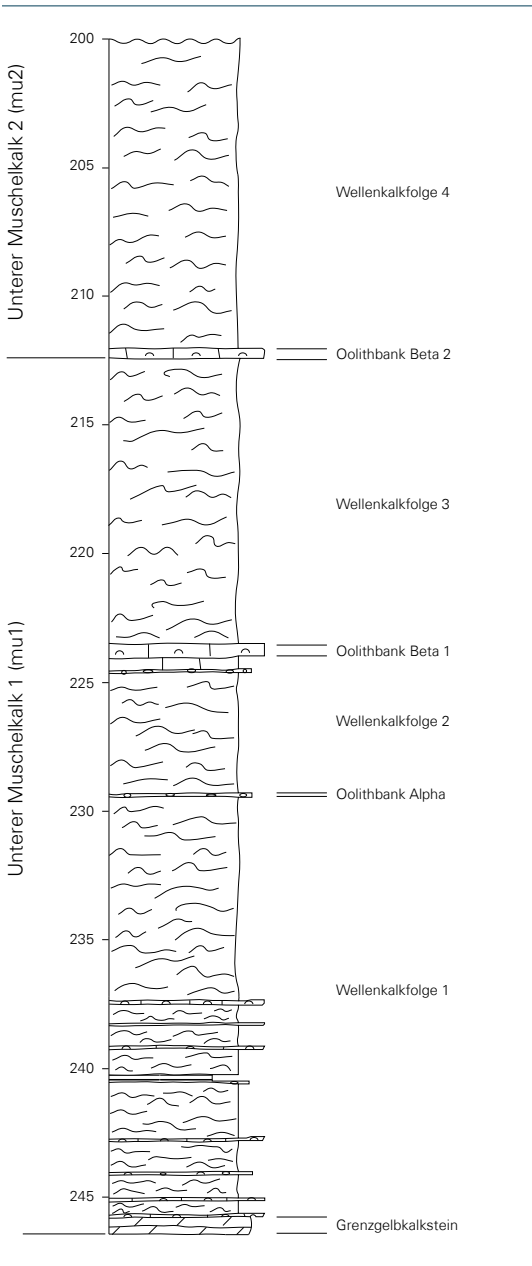


Abb. 4:
 Unterer Muschelkalk
 in der Forschungsbohrung
 Gramschatz (B 2)
 (Freudenberger 2009:
 155 ff., verändert)



Abb. 5: Rutschhorizont in Wellenkalkfolge 1 ($\mu 1$), im Steinbruch der Firma Schraud (A 1), Blick nach E (1999)

In die untere Hälfte der Wellenkalkfolge 1 schalten sich 8, teils Schill, teils Intraklasten führende Sparitbänke („Konglomeratbänke“) in B 2 ein. In B 3 sind lediglich zwei und in A 1 drei derartige Sparitbänke zu verzeichnen. Es ist bekannt, dass diese „Konglomeratbänke“ kaum korrelierbar sind und oft bereits innerhalb eines Steinbruches auskeilen.

Oolithbank Alpha

Mächtigkeit: 0,10 m (B 2); 0,35 m (B 3); 0,1–0,2 m (A 1; Abb. 6).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, teils mikritische Intraklaste („konglomeratisch“), sehr hart, grau.



Abb. 6: Oolithbank Alpha ($\mu 1$) mit Intraklasten im Steinbruch der Firma Schraud (A 1), Blick auf NW-Wand (1999)

Wellenkalkfolge 2

Mächtigkeit: 5,30 m (B 2); 9,45 m (B 3).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, knauerig, grau, mit einer dünnen „konglomeratischen“ Lage in B 2.

Oolithbank Beta 1

Mächtigkeit: 0,40 m (B 2); 0,25 m (B 3).

Lithologie: Kalkstein, (fein)sparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig.

Wellenkalkfolge 3

Mächtigkeit: 11,05 (B 2); 10,25 m (B 3).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, knauerig, grau; mit dünnen Tonmergelsteinzwischenlagen, dunkelgrau.

Unterer Muschelkalk 2, mu2

Mächtigkeit: 20,30 m (B 2); circa 19 m (A 1).

Aufschluss: ESE Retzstadt (A 1).

Oolithbank Beta 2

Mächtigkeit: 0,40 m (B 2); 0,55 m (B 3); 0,5–0,6 m (A 1).

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, sehr hart, teils mikritische Intraklaste („konglomeratisch“), teils schillhaltig, grau, mit Horizontalstylolithen; mit 0,05 m mächtigem Hartgrund an der Basis in A 3.

Wellenkalkfolge 4

Mächtigkeit: 19,90 m (B 2); 18,40 m (A 1).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau, flaserig, knauerig, wellige Lagerung, mit Tonmergelsteinlagen, dunkelgrau; mit 2 Rutschhorizonten in A 1.

Unterer Muschelkalk 3, mu3

Mächtigkeit: 38,60 m (B 2); circa 39 m (A 1).

Gliederung: Der „Obere Wellenkalk“ ist am stärksten durch Leitbänke gegliedert und reicht von der Unteren Terebratelbank bis zu den Orbicularisschichten einschließlich. Die Grenze Unterer/Mittlerer Muschelkalk ist in A 1, B 1 und B 2 zweifelsfrei mit dem Einsetzen der Dolomitstein-Fazies des Mittleren Muschelkalk 1 (mm1) zu ziehen.

Aufschlüsse: ESE Retzstadt (A 1; Abb. 7), SSE Halsheim (A 2), W Retzstadt (A 4, A 5, A 8, A 9), SW Retzstadt (A 6), WNW Retzstadt (A 7), E Retzstadt (A 13, A 14), ESE Binsfeld (A 11), SE Binsfeld (A 12), S Binsfeld (A 19).



Abb. 7: Grenzbereich Unterer/Mittlerer Muschelkalk im Steinbruch der Firma Schraud (A 1), Blick nach E. Die Grenze ist zweifelsfrei mit dem Einsetzen der ockerbraun verwitternden Dolomitstein-Fazies des Mittleren Muschelkalk 1 (mm1) zu ziehen. Gut sichtbar sind die 1. und 2. Schaumkalkbank, ockerbraune „Bänder“ im mu3 sowie teils gefaltete Versturzmassen im mm1 (2002).

Untere Terebratelbank

Mächtigkeit: 0,90 m (B 2); 1,30 m (A 1); 0,60–0,70 m (A 4).

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig; teils mit mikritischen Intraklasten („konglomeratisch“); basal mit Hartgrund in A 1; Trochiten in B 2.

Wellenkalkfolge 5

Mächtigkeit: 0,90 m (B 2); 0,65 m (A 1); 1,70 m (A 4).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau, flaserig, knauerig, teils dünn- bis mittelschichtig; in B 2 Trochiten.

Obere Terebratelbank

Mächtigkeit: 0,50 m (B 2); 0,60 m (A 1); 0,12 m (A 4).

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, grobschillhaltig, sehr hart, mit dünnen Tonsteinlagen. Fossilgehalt in A 1: Terebrateln (*Coenothyris*), Limen; in A 4: *Terebratula vulgaris*, *Lima* sp., Stielglieder von *Encrinus liliiformis*, *Gervileia* sp.

Wellenkalkfolge 6

Mächtigkeit: 16,90 m (B 2); 16,20 m (A 1); > 10,60 m (A 12).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau, flaserig, knauerig, mit Tonmergelsteinlagen, Fältelung beziehungsweise Rutschhorizont in A 1; in A 12 Fältelung (Rutschhorizont, 0,4 m mächtig) 0,3 m unter Top.

Spiriferinabank

Mächtigkeit: 0,40 m (B 2); 0,30 m (A 1); 0,10 m (A 12).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, „konglomeratisch“ (mikritische Intraklaste); in A 12 mikritisch, verbohrt und nicht eindeutig identifizierbar.

Fossilien (B 2): Encriniten-Reste, *Punctospirella* („*Spiriferina*“) *fragilis*, *Hirsuti-na*, *Plagiostoma lineata*.

Wellenkalkfolge 7

Mächtigkeit: 6,55 m (B 2); 4,70 m (A 9); circa 7–8 m (A 1); 5,25 m (A 12).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, fein- bis dickschichtig, flaserig, knauerig, grau, mit Tonmergelsteinlagen; Rutschungs- und Schrägschichtungsgefüge, in A 12 mit Fältelung, Rinnen, Linsen und verbohrt Hartgrund etwa 0,60 m über Basis.

1. Schaumkalkbank, s1

Mächtigkeit: 0,50 m (B 2); circa 1,40 m (A 1); 0,90 m (A 5); 1,08 m (A 6); 0,80 m (A 7); 0,66 m (A 9); 1,12 (A 11); 0,90 m (A 12; Abb. 8); 1,06 m (A 13); 0,98 m E Reuchelheim (E 32 566.808, N 5.535.824, Sabbagh 1981: 22).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, schillförend (Gastropoden, Terebrateln), teils oolithisch, sehr hart, grau, schaumig-porös verwitternd, mit Horizontal-stylolithen, Lagen mit mikritischen Intraklasten, teils Schrägschichtungsgefüge (A 7); in A 1 drei Hartgründe (basal, mittig, oben); in A 9 basaler, verbohrt Hartgrund; in A 12 mittig mit verbohrt Hartgrund und basal wellenförmig eingetieft; in A 13 insgesamt 4 verbohrte, mikritische Hartgrundlagen.

Nach Dünnschliffuntersuchungen von Sabbagh (1981) zeigen die Ooide der 1. Schaumkalkbank bei Reuchelheim gute Sortierung und Korngradierung. Der untere teil der Bank besteht aus kleinen Biogenen, Intraklasten und kleinen Ooiden. Getrennt durch einen Stylolithenzug folgen darüber relativ große Ooide, Bio- und Intraklasten.



Abb. 8: 1. Schaumkalkbank (mu3) im ehemaligen Steinbruch im Bärenal SE Binsfeld (A 2). In der der Bankmitte ist ein Hartgrund und basal wellenförmige Eintiefung zu sehen (2000).

Wellenkalkfolge 8

Mächtigkeit: 5,80 m (B 2); 5,00–5,30 m (A 1); > 3,10 m (A 5); circa 5,05 m (A 6); 4,70 m (A 7); 4,00 m (A 9); 4,70 m (A 11); circa 4,50 m (A 12; Abb. 9).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils fein- bis dickschichtig, teils flaserig, teils knauerig, wellig, mit Tonmergelsteinlagen; in A 1 tafelig schräggeschichtet 1,45–1,65 m über Basis; in A 5 (Middendorf 1982) Rutschungsgefüge und Sigmoidalklüftung, *Myophoria vulgaris*; in A 11 zuoberst schräggeschichtet mit Rutschungsdeformation.



Abb. 9: Wellenkalkfolge 7–9 (mu3) mit 1. und 2. Schaumkalkbank im ehemaligen Steinbruch im Bärenal SE Binsfeld (A 12; 2000)

2. Schaumkalkbank, s2

Mächtigkeit: 1,30 m (B 2); 0,5 m (B 1); 1,30–1,40 m (A 1); 1,44 m (A 2); 0,96, m (A 6); 1,28 m (A 7); 0,81 m (A 8); 1,40 m (A 9); 1,05–1,15 m (A 11); 1,00 m (A 12); 0,90 m (A 14); 1,05–1,30 m (SE Binsfeld, E 32 564.399, N 5.533.095 beziehungsweise S Breitlocherberg, E 32 565.399, N 5.533.395, Wirsing 1981: 12); 0,45 m (A 19); 0,65 beziehungsweise 0,77 m (SE Halsheim, E 32 566.818, N 5.536.044 beziehungsweise E 32 565.979, N 5.533.345, Köhler 1986: 26); 1,2 m (E Müdesheim, E 32 566.269, N 5.535.584, Sabbagh 1981: 26).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, schwach grobschillhaltig, Ooide und Trochiten führend, sehr hart, grau, schaumig-porös verwitternd, zahlreiche Horizontalstylolithen, mit intraformationeller „Konglomeratlage“ (Mikritintraklaste); in A 1 und A 11 Hartgrund basal, verbohrt.



Abb. 10: 2. Schaumkalkbank mit aufsitzendem Riff und basalem Hartgrund (mu3), im Steinbruch der Firma Schraud (A 1). Über der Schillkalksteinbank befindet sich ein rundlicher Körper von 1,6 m Länge und 0,3–0,5 m Höhe (1999).

In A 1 (circa E 32 564.740, N 5.528.611) wurde der Schaumkalkbank aufsitzend ein Riff beobachtet: ein rundlicher Körper von 1,6 m Länge und 0,3–0,5 m Höhe, ein von feinlaminierten Algenrasen (Stromatolithen) überzogener Sparitkern (Abb. 10 und 11). In A 9 überlagert ebenfalls ein 2 dm mächtiger, rundlicher Schillkalkstein mit lamelliertem Aussehen (Algenwachstumsringe).

In A 2 beschreibt Wirsing (1981) eine „Basiskonglomerat“ mit maximal 2 cm langen und 0,3–0,4 m dicken mikritischen Intraklasten. Basal beobachtete Köhler (1986) mikritische Hartgründe, die teils Verbohrungen von *Balanoglossites* zeigen. Darüber beschreibt sie einen Geröllhorizont, der aus kantengerundeten mikritischen Intraklasten in sparitischer Grundmasse (Intrasparudit) besteht. Im oberen Teil treten die typischen Schaumkalklagen auf, die sich überwiegend aus Ooiden zusammensetzen und zum Hangenden eine zunehmende Konzentration von Bioklasten zeigen. Der gesamte obere Bereich besteht nach Köhler (1986) aus einer „Wechselagerung von Oomikriten, Oospariten und biogenführenden Oospariten“. Stylolithenzüge beobachtete sie entweder innerhalb des Oobiosparits oder an der Grenze Oomikrit/Oosparit.



Abb. 11: Detailaufnahme des Riffes oberhalb der 2. Schaumkalkbank (mu3), im Steinbruch der Firma Schraud (A 1). Der Sparitkern ist von feinlaminieren Algenrasen (Stromatolithen) überzogen (1999).

Wellenkalkfolge 9

Mächtigkeit: 2,30 m (A 1); circa 1,30 m (A 11).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, mergelig, im Wechsel mit Tonmergelstein, dünn- bis dickschichtig; oben auffällige Sigmoidalklüftung, 0,20 m mächtig, syngedimentäre Fältelung.

3. Schaumkalkbank, s3

Mächtigkeit: 0,00–0,03 m (A 1); 0,00–0,25 m (A 11); 0,20 m E Müdesheim (E 32 566.249, N 5.535.574).

Lithologie: Kalkstein, teils Schillkalkstein, sparitisch, teils feinsparitisch, oolithisch, schaumig, porös, sehr hart, grau.

Orbicularisschichten (mit konglomeratischer Grenzbank)

Mächtigkeit: 2,20–2,35 m (A 1); > 1,56 m (A 2).

Lithologie Orbicularisschichten (2,10 m mächtig): Kalkstein, mergelig, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dünn- bis dickschichtig, mausgrau; massenhaft Steinkerne von *Myophoria* "orbicularis" auf Schichtflächen (Abb. 12); zuoberst Tonmergelstein, grau, dunkel; Schrägschichtung im dm-bis m-Bereich im Top, tafelige Schrägschichtung an der Basis (Abb. 13).

Die Orbicularisschichten sind in B 1 und B 2 untypisch als mikritischer Kalkstein ausgebildet. Der sonst meist üppige, namensgebende Fossilgehalt im Mergelstein konnte dort nicht nachgewiesen werden. Im oberen Bereich der Orbicularisschichten beschreibt Wirsing (1981) zwei 0,28 m beziehungsweise 0,20 m mächtige mikritische Bänke mit der dort typischen Simoidalklüftung.

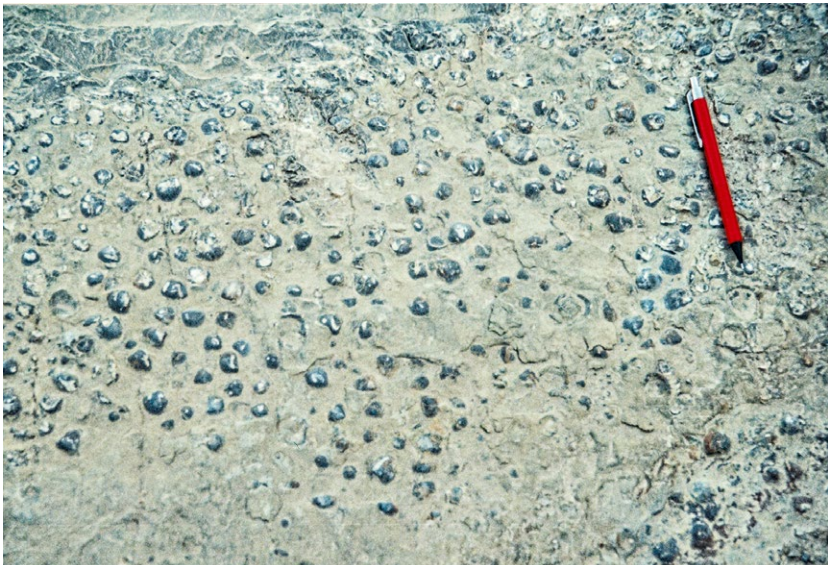


Abb. 12: Orbicularisschichten (mu3) mit massenhaft Steinkernen von *Neoschizodus orbicularis* auf Schichtflächen im Steinbruch der Firma Schraud (A 1; 1999)



Abb. 13: Grenzbereich der grauen Orbicularisschichten (mu3) und dem ockerbraunen Unteren Dolomit (mm1) im Steinbruch der Firma Schraud (A 1). Blick nach E auf die östliche Abbruchwand (1999)

Lithologie Grenzbank (0,02–0,25 m mächtig) (Abb. 14): Kalkstein, „konglomeratisch“, hellbraun, sehr hart, intraformationelle Gerölle aus dunkelgrauem Mikrit; erosive, unregelmäßige Unterkante; häufig im Top feinelaminierter, blumenkohlartige Bildungen, Überwachungen von Geröllen; scharfe Grenze zum hangenden hellbraunen, ockergelben mm1-Dolomit; lateraler Übergang in Schillkalkstein, dolomitisch, konglomeratisch, hellbraun, dunkelgrau gesprengt; lateral auskeilend oder Übergang in stark zerbohrten Hartgrund.

Hoffmann (1967 b) berichtet aus dem Raum Würzburg, dass im undeutlichen Übergang mm/mu hin und wieder eine teils intraformationelle Gerölle führende, teils brecciöse oder oolithische Kalksteinbank auftritt, die sich dann zur Grenzziehung eignet. Büttner & Stürmer (2006 b) berichten aus dem Raum Münnerstadt von Konglomeratbänken, die nicht horizontbeständig sind.



Abb. 14: Orbicularisschichten mit konglomeratischer Grenzbank (mu3) und scharfer Grenze zum hangenden Unteren Dolomit (mm1) im Steinbruch der Firma Schraud (A 1). Blick nach E auf die östliche Steinbruchwand (1999)

3.1.2.2 Mittlerer Muschelkalk, mm

Mächtigkeit: 58 m (B 2); 70 m (B 1).

An den Talrändern des Kartenblattes sowie bei oberflächennahem Ausstrich liegt der mm vermutlich in einer durch Ablaugung des Gipssteins reduzierten Mächtigkeit von 40–50 m vor.

Verbreitung: Der Mittlere Muschelkalk streicht auf Blatt Arnstein im unteren Hangbereich des Werntals zwischen Stetten und Arnstein sowie im oberen Hangbereich des Retzbachtals und auf den Höhen im Areal um Retzstadt über Tage aus.

Die Verbreitung des Mittleren Muschelkalks im Werntal hatte auch Auswirkungen auf die Planung der Großschiffahrtsstraße Rhein–Main–Donau, denn es

war eine Abkürzungslinie durch das Werntal geplant. Diese Planung wurde aber bereits 1930 verworfen, weil neben wirtschaftlicher Aspekte besonders der Mittlere Muschelkalk wegen seiner Verkarstung als Problem erkannt wurde (Geologisches Gutachten des Landesgeologen Dr. Reuter, 1929, Archivunterlagen, Landesamt für Umwelt).

Gliederung: Der Mittlere Muschelkalk Nordbayerns wird entsprechend seiner Lage und faziellen Ausbildung in salinare und geringer salinare Fazies sowie in dolomitische und sandige Randfazies gegliedert. Der Gesteinsaufbau lässt eine gewisse Zyklizität erkennen, die in randlicher Faziesausbildung allerdings nicht mehr nachzuweisen ist. Die sich wiederholende Abfolge gestattet auch auf Blatt Arnstein die lithostratigraphische Dreigliederung (Freudenberger 1996, 2000; Tab. 1; Abb. 15):

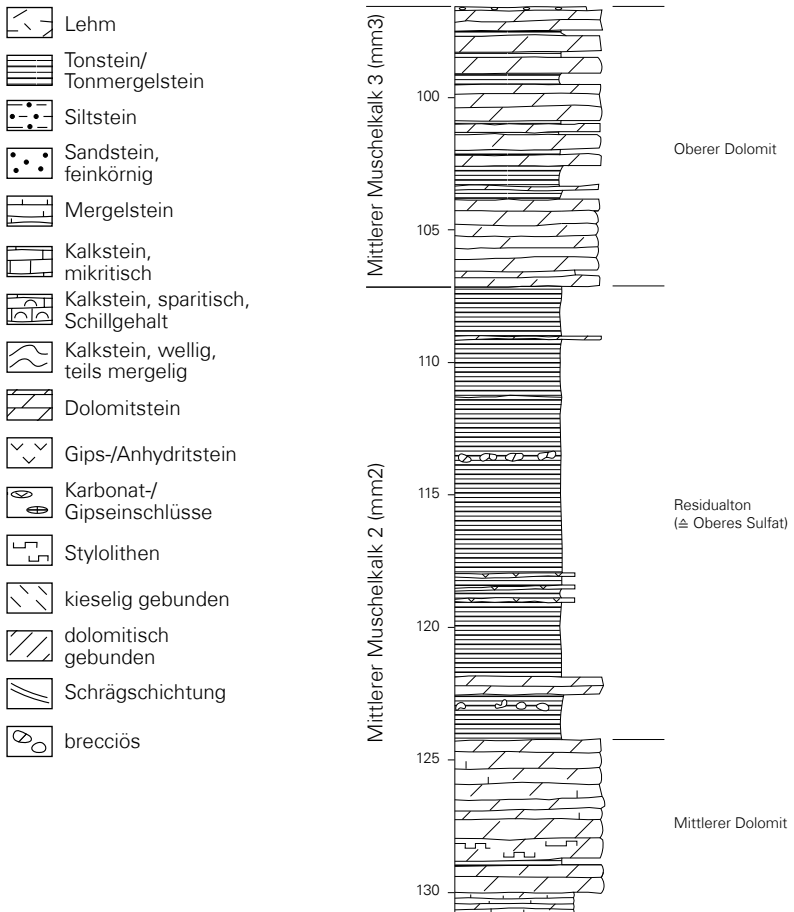
- Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1, Unterer Dolomit bis Unteres Sulfat)
- Mittlerer Muschelkalk 2 (mm2, Mittlerer Dolomit bis Oberes Sulfat)
- Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3, Oberer Dolomit)

Die Zyklen sind meist nicht vollständig ausgebildet. Sie beginnen jeweils mit der Karbonatausscheidung. Diese Gliederung ermöglicht trotz lateraler Faziesdifferenzierungen und Mächtigkeitschwankungen eine weitgehende Korrelation des unterfränkischen Mittleren Muschelkalks in Bohrungen. Diese Dreigliederung konnte problemlos auch an zahlreichen Bohrungen in Oberfranken im Raum Coburg–Bayreuth angewandt werden (Büttner & Linhardt in LfU 2011).

Die Salinarfazies (mit Steinsalz und Anhydrit) ist im Raum Burgbernheim–Bad Windsheim–Scheinfeld–Kitzingen–Eltmann ausgebildet (Schödlbauer & Hoffmann 1991). Die lateral anschließende geringer salinare Fazies ist durch Ablaugung der Steinsalzlager – soweit primär vorhanden – und der Sulfatlager gekennzeichnet.

Fazies: Der mm liegt auf Blatt Arnstein in geringer Salinarerfazies vor. Unter diesem Faziestyp versteht man eine salinare Entwicklung bis zum Gips- beziehungsweise Anhydritstadium. Eine Gegenüberstellung der Steinsalzfazies und der geringer salinaren Fazies zeigte Schwarzmeier (1982: 35).

Bei geringer oder fehlender Anhydrit-/Gips- oder Steinsalzabscheidung treten auch Residualtone und -mergel auf. Die Forschungsbohrungen Arnstein 1 (B 1) und Gramschatz 1 (B 2) durchteuften den kompletten Mittleren Muschelkalk und erschlossen Gips-/Anhydritlager im mm1 und mm2 (Freudenberger 2003 c).



Im Gipsbruch Stetten (E 32 559.361, N 5.534.475), etwa 500 m westlich der Blattgrenze, wurde auf Blatt Karlstadt ein bis 9 m mächtiges, linsenförmiges Gipsvorkommen abgebaut (Schuster 1928).

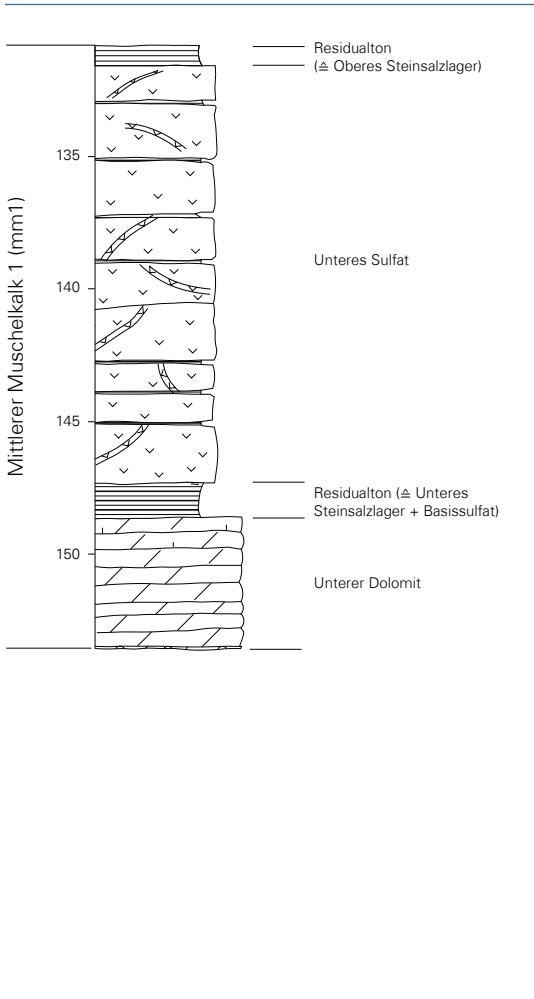


Abb. 15:
Mittlerer Muschelkalk
in der Forschungsbohrung
Gramschatz (B 2)
(Freudenberger 2009:
149 ff., verändert)

Mittlerer Muschelkalk 1, mm1

Mächtigkeit: 22,7 m (B 2); 26,3 m (B 1).

Gliederung und Fazies: Der Zyklus des mm1 beginnt in den Bohrungen liegend mit dem Bereich des Unteren Dolomits, der als Dolomitstein ausgebildet ist. Darüber folgt der etwa 2 m mächtige Residualton, der dem Basissulfat beziehungsweise dem Unteren Steinsalzlager entspricht. Es folgt das Untere Sulfat als 17,50 m (in B 2) beziehungsweise 15,7 m (in B 1) mächtiger Gips-/Anhydritstein. Das Obere Steinsalzlager ist nicht ausgebildet. Die Grenzziehung mm1/mm2 ist eindeutig im Wechsel der Lithologie von Gips-/Anhydritstein beziehungsweise dessen Äquivalent nach Dolomitstein dokumentiert.

Aufschlüsse: ESE Retzstadt (A 1), S Binsfeld (A 19).

Unterer Dolomit

Mächtigkeit: 4,85 m (B 1); 4–5 m (A 1).

Lithologie: Dolomitstein, teils mergelig, hart bis sehr hart, (beige)grau, dünn- bis mittelbankig.

Verwittert lassen sich im Lesestein die Unteren Dolomitsteine als graugelbe bis ockergelbe, plattige bis scherbige, homogene Mergelkalksteine und dolomitische Kalksteine ansprechen. Hangend folgen fahlgelbe Mergelkalksteine und Zellenkalksteine („Unterer Zellenkalk“) sowie Einsturzbreccien als Folge der Gipsauslaugung.

Das Stettener Konglomerat, das Rutte (1971) und Schwarzmeier (1978) beschreiben, ist lediglich NW Retzstadt nachweisbar. Das bei Stetten beschriebene Konglomerat, eine 0,30–0,55 m mächtige Kalksteinbank mit Intraklasten und Wirbeltierresten, liegt 1,7 m über der mm-Basis. Ein Lesesteinfind von Middendorf (1982: 23 ff.) NW Retzstadt belegt ein entsprechendes Vorkommen etwa 2 m oberhalb der mu/mm-Grenze.

Im Niveau des „Unteren Zellenkalks“ beobachtete Middendorf (1982) NE Retzstadt (E 32 564.529, N 5.531.406) einen Oolith-Lesestein mit Hohlräumen, die sie auf Schalenbruchstücke zurückführt und als „Unteren Oolith“ bezeichnet. Etwa 2,35 m über der mm-Basis wurden in A 19 teilweise dichtgepackte Einzelklappen von *Neoschizodus orbicularis* beobachtet.

Residualton (Äquivalent Unteres Steinsalzlager + Basissulfat)

Mächtigkeit: 1,35 m (B 2).

Lithologie: Tonstein, schwarzgrau, weich.

Im oberflächennahen Aufschluss (A 1; Abb. 16) folgt über etwa 4–5 m mächtigem Unteren Dolomit als Äquivalent des abgelaugten Salinar-/Sulfatlagers eine 5–6 m mächtige Einsturzbreccie, bestehend aus Mergelstein, dolomitisch, mäßig hart bis weich, tonig, dünn- bis dickschichtig, hellbraun, beige, ocker.

Unteres Sulfat

Mächtigkeit: 15,75 m (B 2); 17,5 (B 1).

Lithologie: Gips-/Anhydritstein, grau-weiß-gebändert, mit dünnen Tonsteinlagen, dunkelgrau durchflasert, teils horizontal, teils schräggeschichtet; von dünnen, weißen Gipsbändern durchzogen.

Residualton (Äquivalent Oberes Steinsalzlager)

Mächtigkeit: 0,75 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, weich, schwarzgrau.



Abb. 16: Einsturzbrecie aus dolomitischem Mergelstein (mm1) über Unterem Dolomit im Steinbruch der Firma Schraud (A 1). Blick nach S (2002)

Mittlerer Muschelkalk 2, mm2

Mächtigkeit: 23,7 m (B 2); 30,1 m (B 1).

Gliederung und Fazies: Der Zyklus des mm2 beginnt bei B 2 im Liegenden mit dem sehr karbonatischen, nur untergeordnet dolomitischen Mergel-, teils Mergelkalkstein, der dem Mittleren Dolomit entspricht und geht hangend über in den Bereich des Oberen Sulfats, das überwiegend von Residualtonen repräsentiert wird. Bei B 1 beginnt der mm2 mit dem Dolomitstein des Mittleren Dolomits und geht hangend über in den Bereich des Oberen Sulfats. Über geringmächtigem, basalen Residualton folgt ein 7 m mächtiges Sulfat-Lager, das von einer 1 m mächtigen Dolomitsteinlage überlagert wird. Hangend folgen auch hier überwiegend Residualtone. Die Grenzziehung mm2/mm3 erfolgte unter der Basal-Breccie des mm3 mit der Änderung der Lithologie von Ton- nach Dolomitstein.

Mittlerer Dolomit

Mächtigkeit: 6,60 m (B 2); 7,3 m (B 1).

Lithologie: Dolomitstein, sehr hart grau, mit dolomitischen Tonsteinlagen, basal teils dolomitischer Mergelstein, in B 2 teils Styrolithen und Zerbohrungen.

Oberflächennah (Mittlerer Zellenkalkstein): Mergelkalkstein, dolomitisch, gelb bis ockergelb, zellig bis löcherig (Abb. 17).

Die Zellenkalksteine entstehen aus Zerrüttungsbreccien, bei denen nach Wiederverfestigung durch Calcitausscheidung das Gesteinsmaterial zwischen den Calcitwänden nachträglich ausgelaugt wurde (Genser 1930). Im Tieftal an der westlichen Blattgrenze kartierte Wirsing (1981) den Mittleren Zellenkalkstein aus. Sabbagh (1981) beschreibt ihn in einer temporären Baugrube SE Reuchelheim (E 32 566.998, N 5.535.544) 1 m mächtig mit unregelmäßigen, eckigen Hohlräumen. Im Niveau des „Mittleren Zellenkalks“ beschreibt Middendorf (1982) NE Retzstadt (E 32 564.659, N 5.531.476) einen oolithischen Lesestein, den sie in Anlehnung an Ulbrich (1956) dem „Mittleren Oolith“ zuordnet.



Abb. 17: Zellenkalkstein aus Mittlerem Dolomit (mm2) als Lesestein in Abraumhalde (1999)

Residualton (Äquivalent Oberes Sulfat)

Mächtigkeit: 17,10 m (B 2); 13,9 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, teils schwach dolomitisch, weich, teils mäßig hart, hellbraun, beige, teils brecciös, mit eckigen Tonsteinsplintern, einzelne dünne Gips-/Anhydritsteinlagen.

Mittlerer Muschelkalk 3, mm3 / Oberer Dolomit

Mächtigkeit: 10,5 m (B 2); 14,2 m (B 1); > 12,63 m (A 3).

Aufschlüsse: E Binsfeld (A 3).

Lithologie in den Bohrungen B 2 und B 1

(etwa 97–107 m beziehungsweise 126–140 m untertage):

- **Unten:** Dolomitstein, hart bis sehr hart, beige-grau; charakteristische Stylolithen in B 2 bei 134,3 und 135,8 m Teufe („Stylolithenkalkstein“); Versturzbrecce aus Dolomitstein an der Basis des mm3 in B 1
- **Mittig:** Ton-, teils Mergelsteinlagen, dolomitisch, dunkelgrau
- **Oben:** Dolomitstein, hart bis sehr hart, beige-grau; mit Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau; Hornsteine in B 2 bei 130,3–130,7 m Teufe und in B 2 bei 100,80–100,85 („Hornsteinkalkbank“)

Lithologie in Aufschlüssen (oberflächennah):

- **Unten:** „*Stylolithenkalkstein*“

Lithologie: Kalkstein, dolomitisch, hart, graugelb, mit charakteristischen Stylolithenzügen.

Aufschlüsse: A 3; Straßenböschung SE Thüngen (E 32 562.900, N 5.531.276) (Middendorf 1982); Straßenböschung E Retzstadt (E 32 565.449, N 5.529.587 (Middendorf 1982).

- **Mittig:** „*Dolomitische Mergelschiefer*“

Mächtigkeit: 2,95 m (A 3).

Lithologie: Mergelkalkstein, blaugrau, verwittert gelbgrau.

Fossilfunde: Wirsing (1981: 19 ff.) beschreibt circa 0,10–0,35 m oberhalb des Stylolithenkalksteins in „cremfarbenen Mergeln“ zwei Schichtoberflächen mit Fossilabdrücken von ? *Myophoria transversa* und *Anoplophora* sp. In der liegenden Schicht beobachtete er Einzelfunde, in der Hangendschicht dagegen 42 Abdrücke auf einer kleinen Fläche (0,45 m x 0,25 m). Ferner enthielt diese Schicht, 0,30 m oberhalb des Stylolithenkalksteins, einen Fischzahn, ein Relikt des Selachiers *Acrodus* sp. (Wirsing 1981: Abb. 13).

Aufschlüsse: Stbr. E Binsfeld (A 3).

– Oben: „**Hornsteinzone**“

Mächtigkeit: 0,85 m (E Binsfeld, A 3).

Lithologie: E Binsfeld unterscheidet Wirsing (1981) drei Hornsteinhorizonte:

Unten: Hornsteinschmitzen, mm-dünn, bis 2 cm lang, fladen- bis linsenartig, fossilfrei, eingelagert in Kalksteinbänkchen, dunkelgrau, dünngeschichtet, plattig, mit welliger Oberfläche

Mittig, oberhalb 0,12 m mächtigem Mergelstein, olivgrün: Hornsteinknollen, elliptisch, bis 10 cm lang, dunkelgrau bis schwarz, reich an Schalenbruchstücken, eingebettet in Kalkstein, graubraun, schillförend

Oben, oberhalb Mergelkalkstein, grau(braun): Hornsteinlage, durchgehend verkieselt, 5 cm mächtig

Als Lesesteine fand Sabbagh (1981) an den Hängen des Werntals diese grauen, gelblich bis rötlichen „Kieselknollen“, die scharfkantig brechen und in denen bläulich bis rötliche Schalenstrukturen zu erkennen sind. Die Hornsteine (Lesesteine) vom Neuberg bei Retzstadt sowie an der „kleinen Steig“ bei Arnstein sind nahezu schwarz gefärbt, äußerst reich an kleinen Oolithen und enthalten nur wenige nichtoolithische Körner von grauer bis brauner Farbe, berichtet Genser (1930: 88 ff.). Seine chemischen Analysen ergaben etwa 93 % SiO_2 .

Aufschluss: (A 3).

Lesesteinfunde: NE Halsheim (E 32 564.599, N 5.534.764), S Breitlochberg (E 32 565.039, N 5.533.435), E Stetten (E 32 560.501, N 5.532.845), Buchwald (E 32 565.849, N 5.534.475), S Retzstadt, E-Hang des Bienberges (Middendorf 1982).

Bemerkungen zur Grenzziehung mm/mo: Die Abgrenzung des Mittleren zum Oberen Muschelkalk erfolgte feldmethodisch eindeutig mit dem lithologischen Wechsel von Dolomit- nach Kalkstein. Der mo1 beginnt sowohl bei B 2 als auch bei B 1 mit einem Intraklasten föhrenden Kalkstein. Während im Wulstkalkstein des mo1 noch reichlich Schillgehalt festgestellt wurde (verglei-

che Büttner & Stürmer 2006), ist der Obere Dolomit (mm3) nahezu fossilfrei. Nur bei B 1 wurden bei Teufe 130,3–130,7 m Schillgehalt und phosphatische Reste festgestellt. Hoffmann (1967 b) sowie Büttner & Pürner (1998) ziehen die Grenze im Top eines Oolithischen Kalksteins, der in den Bohrungen Werneck 1, Arnstein 1 (B 1) und Gramschatz 1 (B 2) allerdings nicht nachweisbar ist. Der Abstand der Grenze von etwa 2–4 m zur liegenden Hornsteinkalkbank entspricht dem in der Bohrung Gädheim, was die oben vorgeschlagene Grenzziehung sinnvoll erscheinen lässt.

3.1.2.3 Oberer Muschelkalk, mo

Mächtigkeit: 85,3 m (B 2); 81,55 m (B 1).

Verbreitung: Der Ausbiss des mo nimmt im Blattgebiet die größten Flächen ein.

Im Felde gelang relativ häufig der Nachweis der Cycloidesbank, die Spiriferinabank konnte nicht identifiziert werden. Auf der Geologischen Karte ist daher der Obere Muschelkalk 1 und 2 zusammengefasst dargestellt. Der Quaderkalk als Sonderfazies des obersten Oberen Muschelkalk 3 ist auf Blatt Arnstein nicht verbreitet.

Gliederung: Der Obere Muschelkalk wird in Anlehnung an Hoffmanns (1967 a) Normalprofil Unterfrankens anhand von Leitbänken dreigeteilt (vergleiche Tab. 1, Abb. 18):

- Oberer Muschelkalk 1
(mo1, Wulstkalkstein bis einschließlich Spiriferinabank)
- Oberer Muschelkalk 2
(mo2, vom Dach der Spiriferinabank bis einschließlich Cycloidesbank)
- Oberer Muschelkalk 3
(mo3, vom Dach der Cycloidesbank bis einschließlich Grenzbonebed)

Durch Meeresspiegelschwankungen entstanden hierarchische Sedimentationszyklen, die – je nach Ordnung – Schichten mit wenigen Dezimetern bis Dekametern umfassen und die gerade für den Oberen Muschelkalk gut untersucht sind (Aigner 1984, 1999; Klein 1985; Nolte 1989; Aigner et al. 1990; Röhl 1990). In Nordbayern sind die elementaren Kleinzyklen für den größten

Teil des Oberen Muschelkalks (und besonders für die Meißner-Formation) als deutliche Sequenzen erkennbar, die das charakteristische Schichtungsmuster der Steinbrüche im Oberen Muschelkalk verursachen. Die Sequenzen beginnen mit einer bioklastischen Kalksteinbank, überlagert von plattigen, mikritischen Kalksteinen und von zunehmend blättrig zerfallenden Mergelsteinen und enden mit dunklen, mergeligen Tonsteinen. Diese Kleinzyklen zeigen einen sukzessiven relativen Anstieg des Meeresspiegels an, während die basale sparitische Kalksteinbank durch ein (meist multiples) Sturmereignis verursacht wurde (Geyer 2002, Geyer et al. 2020: 829 ff.). Diese Tempestite sind Zeugnisse von Erosion und Aufarbeitung (identifizierbar durch die basalen Intraklasten). Es kam zur Akkumulation von Schalenschill mit gradiertem Schichtung und zu einem Sedimentationsstopp (an Hartgründen am Top der Bänke zu erkennen). Je nach bathymetischer und paläogeographischer Situation und je nach stratigraphischer Position schwanken die Zusammensetzung und die biofazielle Ausbildung der Bank, so dass sie oft schon im Handstück identifiziert werden können und dadurch ökostratigraphische Leithorizonte mit überregionaler Bedeutung bilden (Spiriferinabank, Cycloidesbank, Terebratellabänke) (Hagdorn & Simon 1993, Geyer 2002). Die Verflachung des Beckens gegen Ende des Muschelkalks wird sowohl durch die bio- und lithofazielle Veränderung der Gesteine und steigendem Karbonatgehalt als auch durch den Glaukonitgehalt im Grenzglaukonitkalkstein dokumentiert.

Nach der Fazies- und Zyklengliederung wird das Ablagerungsgeschehen im Oberen Muschelkalk als Auswirkung zyklischer Meeresspiegelschwankungen verstanden. Danach setzten sich während einer beginnenden Transgression im mo1 Kalkschlämme im Flachwasser ab, die zur Ausbildung von vorwiegend dickbankigen Kalksteinen führten, in denen häufiger Reste von Bewegtwasser anzeigenden Faunen (wie Crinoiden) erhalten sind. Kalkstein-/Tonstein-Wechselfolgen mit plattigen bis dünnbankigen Karbonaten weisen hingegen auf tieferes Wasser während des Meeresspiegelhöchststandes hin (mo2 und basaler mo3). Dickbankige, teils sparitische Karbonatgesteine im ausklingenden Oberen Muschelkalk 3 belegen regressive Tendenzen. Die maximale Überflutung im Gesamtzyklus, also den höchsten Stand des Meeresspiegels während der Trias, sehen Aigner & Bachmann (1993) und Röhl (1993) im Bereich der Cycloidesbank an der Grenze mo2/mo3.

Parallelisierungen baden-württembergischer, unterfränkischer und hessischer Hauptmuschelkalkprofile unternahmen Hagdorn et al. (1987) und Geyer

et al. (2020). Röhl (1990) verglich den norddeutschen Oberen Muschelkalk mit dem süddeutschen Hauptmuschelkalk anhand von Sedimentationszyklen. Mittels sequenzanalytischer Methoden versuchte sie eine Parallelisierung der beiden Sedimentationsräume.

Der obere Teil des Hauptmuschelkalks ist in Unterfranken stark differenziert. Man unterscheidet im höheren mo3 zwischen einer Normalfazies und einer Quaderkalkfazies. Faziell gliedert man seit Wagner (1913) den mo2 und mo3 in Mainfranken in eine Tonfazies und eine Uffenheimer Fazies. Das Arbeitsgebiet gehört dem Bereich der Tonfazies im Bereich der Beckenachse an (Haunschild 1997).

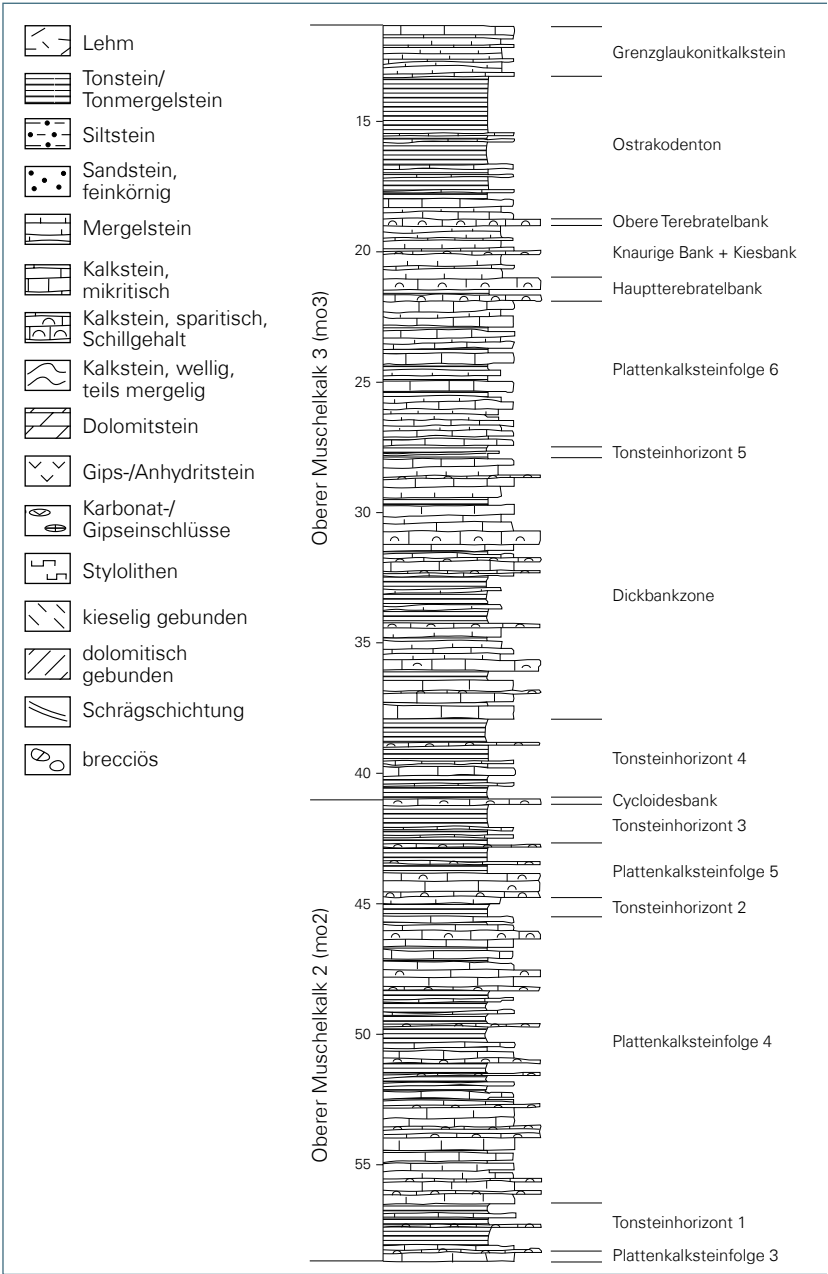
Lithologie: Der Hauptmuschelkalk setzt sich aus grauen Kalksteinen zusammen, die mit Ton- und Tonmergelsteinen wechsellagern. Bei den Kalksteinen lassen sich mikritische plattige und linsige Kalksteine leicht von den sparitischen Kalksteinen unterscheiden, die einen mehr oder weniger großen Anteil an Schalenschill und Intraklasten ausweisen können und meist als Tempestite gebildet wurden.

Oberer Muschelkalk 1, mo1

Mächtigkeit: 38,0 m (B 2); 33,5 m (B 1).

Verbreitung: Der mo1 streicht auf Blatt Arnstein flächenhaft vor allem im Werntal und dessen Nebentälchen aus. In Gänze gut erschlossen ist er aber nur in den Bohrungen B 1 und B 2.

Gliederung: Der mo1 beginnt konventionell mit dem Wulstkalkstein (Hoffmann 1967 a). Darüber folgt der Zeller Tonsteinhorizont mit der Unteren Hauptencrinitenbank. Über der hangenden Terebrateldickbank folgen die Plattenkalksteinfolgen 1 und 2, die durch die Leithorizonte der Oberen Hauptencrinitenbank und Dicken Bank gegliedert sind. Mit der Spiriferinabank endet der mo1 (Unterer Hauptmuschelkalk). Einen zusammenfassenden Überblick jüngerer Datums über die Stratigraphie und Palökologie des Unteren Hauptmuschelkalks von Unterfranken gibt Nolte (1989) und Geyer et al. (2020). Büttner & Stürmer (1997, 2006) diskutieren Leithorizonte und deren Bedeutung für die Korrelation im Oberen Muschelkalk im nördlichen Unterfranken.



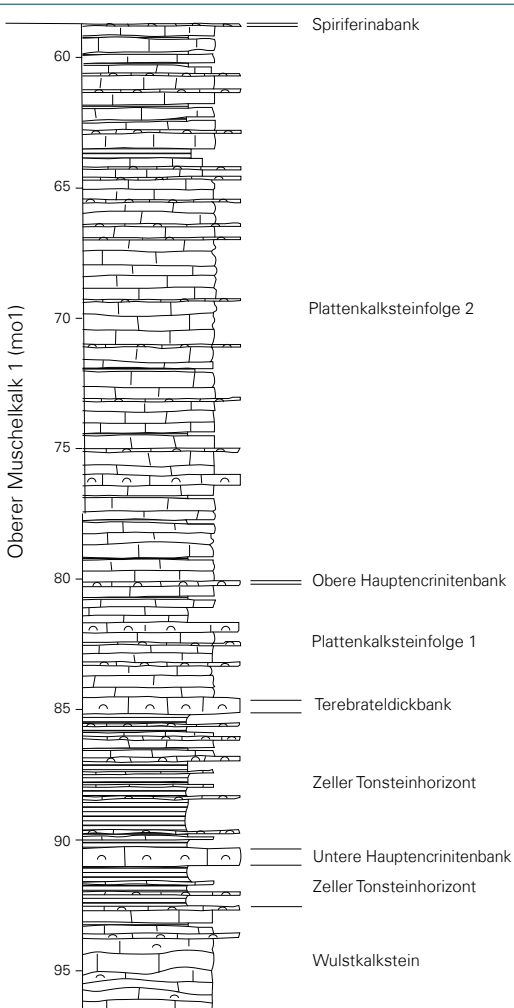


Abb. 18:
Oberer Muschelkalk
in der
Forschungsbohrung
Gramschatz (B 2)
(Freudenberger 2009:
148 ff., verändert)

Die Grenzziehung zwischen mo1 und mo2 war feldmethodisch schwierig, da die Spiriferinabank nicht zweifelsfrei identifiziert werden konnte. Das Leitfossil war nicht aufzufinden, eine Untergliederung wurde daher unterlassen.

Lithologie: Kalkstein, grau bis hellgrau, mikritisch, dicht, plattig, teils flaserig, basal auch wulstig; mit Einschaltungen von Mergel- beziehungsweise Tonmergel- oder Tonstein und einigen Schillkalksteinbänken.

Aufschlüsse: E Binsfeld (A 3), NW Reuchelheim (E 32 566.359, N 5.535.844, Köhler 1986: 42), N Arnstein (E 32 570.447, N 5.538.043, Köhler 1986: 42 f.).

Wulstkalkstein

Mächtigkeit: 4,15 m (B 2); 4,1 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, meist biomikritisch, teils sparitisch, teils oolithisch, sehr hart, flaserig, knauerig, wulstig, von dünnen Ton-/Mergelsteinschichten getrennte Kalksteinlinsen (3–5 cm lang); basal in B 2 mit rundlichen Intraklasten.

Fossilien: E Binsfeld beschreibt Wirsing (1981) *Loxonema* sp. und *Encrinurus liliiformis*. Ferner untersuchte er 1,7 m oberhalb der Basis des Wulstkalksteins Bohrgänge von *Trypanites weisei* Mägdefrau auf einer ehemals bereits verfestigten Sedimentoberfläche. In der FB Arnstein 1 wurde *Leptochondria albertii* beobachtet (Freudenberger 2009). Auf Lesesteinfunden beobachtete Sabbagh (1981) „*Terebratula vulgaris*, *Myophoria vulgaris* und *Mytilus eduliformis*“.

Zeller Tonsteinhorizont (mit Kalksteinbänken im untereren Teil)

Mächtigkeit: 1,55 m (B 2); 1,5 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit dünnen, mikritischen oder feinsparitischen Kalksteinbänkchen; mit *Leptochondria albertii*.

Untere Hauptencrinitenbank

Mächtigkeit: 0,70 m (B 2); 2,10 m (B 1).

Lithologie und Fossilien: Kalkstein (Biosparit), sehr hart, rostbraun anwitternd, bestehend aus Schalenbruchstücken und Intraklasten.

Fossilien: „*Pecten*“ sp., „*Terebratula*“ sp., Stielglieder von *Encrinus liliiformis* (Wirsing 1981). In B 2 wurden *Encrinus*, *Plagiostoma striatum*, *Coenothyris*, Austern beschrieben. Sabbagh (1981) beobachtete zahlreiche Exemplare von *Encrinus liliiformis*, *Lima*, „*Ostrea*“ und „*Rezia trigonella*“.

Lesesteinfunde: S Arnstein: am Kauzenberg, Lerchengraben, Eulenberg (Sabbagh 1981: 37).

Zeller Tonsteinhorizont (mit Kalksteinbänken im oberer Teil)

Mächtigkeit: 5,05 m (B 2); 4,9 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit dünnen, mikritischen oder feinsparitischen Kalksteinbänkchen.

Terebrateldickbank

Mächtigkeit: 0,7 m (B 2); 1,0 m (B 1); 0,7 m (NNE Arnstein, E 32 570.357, N 5.537.963, Sabbagh 1981: 37).

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; teils Mergel-oder Kalkstein, mikritisch; basal in B 2 Intraklasten.

Fossilien: sehr viele Terebrateln, in B 2: *Entolium discites*, *Leptochondria albertii*.

Plattenkalksteinfohle 1

Mächtigkeit: 4,3 m (B 2); 3,0 m (B 1); 3 m (NNE Arnstein, E 32 570.357, N 5.537.963, Sabbagh 1981: 38).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, lagenweise sparitisch, schillhaltig, hart, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau.

Fossilien: *Entolium discites* in B 1; nach Sabbagh (1981) zahlreiche Exemplare von „*Dentalium*“.

Obere Hauptencrinitenbank

Mächtigkeit: 0,15 m (B 2); 0,2 m (B 1); 0,4 m (NNE Arnstein, E 32 570.357, N 5.537.963, Sabbagh 1981: 39).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig, nach Sabbagh (1981) Trochiten-haltig.

Plattenkalksteinfohle 2

Mächtigkeit: 21,3 m (B 2); 17,5 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, lagenweise sparitisch, schillhaltig, hart, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau.

NNE Arnstein (E 32 570.357, N 5.537.963) beschreibt Sabbagh (1981: 39) über der Hauptencrinitenbank hellgraue Plattenkalksteine mit tonigen Mergelsteinzwischenlagen. Hangend folgt eine Bohrwürmer-Bank, gefolgt von 0,80 m messender „Dicke Bank mit Franconicus-Platte“. Sie besteht unten aus kompaktem, blaugrauem, mikritischem Kalkstein. Darüber folgt „Ton-schiefer-Plattenkalkstein“ mit eingeschalteter „Grobspätiger Bank“.

Fossilien (in B 1): *Leptochondria albertii*, häufig *Entolium discites*.

Spiriferinabank

Mächtigkeit: 0,1 m (B 2); 0,7 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, (fein)sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig (*Coenothyris*-Klappen); in B 1 mit Intraklasten und *Entolium discites*.

Oberer Muschelkalk 2, mo2

Mächtigkeit: 17,65 m (B 2); 18,10 m (B 1).

Verbreitung: An den oberen Hängen des Werntals und dessen Nebentälchen.

Gliederung: Der mo2 beginnt mit der Plattenkalksteinfoolge 3, die durch den Tonsteinhorizont 1 von der Plattenkalksteinfoolge 4 getrennt wird. Im unteren Teil der Plattenkalksteinfoolge 4 ist bei Gänheim (Bl. Werneck) die Reticulata-Bank nachgewiesen (Hagdorn & Simon 1993). Über dem Tonsteinhorizont 2 folgen die Gänheimer Bank, die Plattenkalksteinfoolge 5 sowie der Tonsteinhorizont 3. Plattenkalksteinfoolge 5 und Tonhorizont 3 können lithologisch und biostratigraphisch mit der Schellroda-Bank (Rein & Ockert 2000) in Thüringen korreliert werden (schrift. Mitt. Ernst & Schmid 2009). Die markante Cycloidesbank bildet die Obergrenze des mo2.

Lithologie: Wechselfolge aus Kalkstein, grau, plattig oder flaserig und Mergelbeziehungsweise Tonmergelstein sowie einigen Schillkalksteinbänken.

Die Gänheimer Bank ist ein Kalksteinkomplex von 0,6 bis 1,2 m Mächtigkeit und hat ihren Namen nach dem typischen Vorkommen bei Gänheim im Werntal erhalten. Sie bildet dort eine auffällige, gesimsbildende Bank, wird aber gewöhnlich von einer Tonmergellage halbiert. Lithologisch besteht der Komplex zumeist aus Lagen sparitischer Schillkalksteine und Blaukalksteinen, die von Tonmergelsteinlagen und knauerigen, teilweise mergeligen Kalksteinen unterlagert werden (Geyer 2002).

Plattenkalksteinfohle 3

Mächtigkeit: 0,6 m (B 2); 0,7 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig;
Einzellage feinsparitisch, schillhaltig.

Tonsteinhorizont 1

Mächtigkeit: 1,6 m (B 2); 1,2 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit Mikrit- und Feinsparitlagen.

Plattenkalksteinfohle 4

Mächtigkeit: 10,95 m (B 2); 12,4 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein mikritisch, grau, mit Sparit- und Feinsparitlagen, sehr hart, teils schillhaltig; mit Tonsteinlagen, mergelig; in B 1 *Entolium discites*.

Tonsteinhorizont 2

Mächtigkeit: 0,5 m (B 2); 1,1 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit Mikritlagen.

Gänheimer Bank (in B 1 nicht identifiziert)

Mächtigkeit: 1,15 m (B 2).

Lithologie: Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau;
basal Mergelstein mit Mikritlagen.

Plattenkalksteinfole 5

Mächtigkeit: 1,1 m (B 2); 1,1 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, grau; mit (Fein)sparitlagen, sehr hart.

Tonsteinhorizont 3

Mächtigkeit: 1,5 m (B 2); 0,6 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, schwarzgrau, mit Mikritlagen;
in B 2: *Coenothyris vulgaris* und massenhaft Ostracoden.

Cycloidesbank, tc

Mächtigkeit: 0,25 m (B 2); 1,00 m (B 1).

Verbreitung: Die Cycloidesbank ist der markanteste und zugleich am weitesten verbreitete Leithorizont des Oberen Muschelkalks. Verbreitung und Leitwert dieser ökostratigraphischen Leitbank untersuchten Hagdorn & Simon (1993) sowie Rein & Ockert (2000). Diese Bank bildet den Abschluss des mo2. Sie konnte an den Wermtalhängen zwischen Stetten und Arnstein, beispielsweise am Münzberg, Riedberg, Oberberg, Kirchberg, Ochsenberg, Sesselberg, Hannsberg, Höhberg, Sickersdorfer Berg sowie am am Oberholz, der Brandhöhe, an der Großen und Kleinen Steighöhe, am Würzburger Kreuz und am Wangenberg auskartiert werden.

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart, frisch blaugrau, violett-bräunlich, perlmutfarben, rostbraun anwitternd, in B 1 basal mit Intraklasten.

Die Bank besteht weitgehend aus einer dichten Packung von haselnußgroßen Gehäusen des namengebenden Brachiopoden *Coenothyris cycloides*. Die Bank ist auf Blatt Arnstein in klassischer Form ausgebildet.

Fossilien: *Coenothyris cycloides*.

Oberer Muschelkalk 3, mo3

Mächtigkeit: 29,65 m (B 2); 29,95 m (B 1).

Gliederung: Der mo3 beginnt über der Cycloidesbank und reicht bis einschließlich Grenzbonebed des Grenzglaukonitkalksteins (Tab. 2). Er umfasst somit die Oberen Nodosus-Schichten, die Semipartitusschichten und die Fränkischen Grenzschichten (Ostracodenton und Grenzglaukonitkalkstein). Auf Blatt Arnstein ist der mo3 in Normalfazies (so genannten Tonfazies, Aust 1969) ausgebildet.

Lithologie: Wechselfolge aus Kalkstein, grau, plattig oder flaserig und Mergel- beziehungsweise Tonstein sowie einigen Schillkalksteinbänken.

Die Kalksteine des Oberen Muschelkalks, vornehmlich des mo3, waren in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet seit Jahrhunderten der wichtigste Baustein, der neben der Fachwerkbauweise das Dorf- und Städtebild entscheidend prägte (Weinig 1984 b, 2000).

Aufschlüsse: NNE Heßlar (A 16, A 17), NNW Binsfeld (A 18).

Tonsteinhorizont 4

Mächtigkeit: 3,05 m (B 2); 2,2 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, mergelig, schwarzgrau mit Mikrit- und Sparitlagen, schillhaltig.

Dickbankzone mit Knauerbank

Mächtigkeit: 9,95 m (B 2); 9,8 m (B 1).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, grau, lagenweise sparitisch, schillhaltig; mit Tonmergelsteinlagen; in B 2 mit *Coenothyris vulgaris*.

Tonsteinhorizont 5

Mächtigkeit: 0,55 m (B 2); 1,1 m (B 1); > 2,21 m (A 18).

Lithologie: Tonstein, mergelig, grau; mit Mergelsteinlagen, mit dünnen Kalksteinlagen, mikritisch; in A 18 mit Schalenresten von *Coenothyris vulgaris*.

Plattenkalksteinfohle 6

Mächtigkeit: 5,55 (B 2); 6,7 m (B 1); > 2,16 m (A 17); circa 3,97 m (A 18).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils sparitisch, hart, grau, mit (Ton)mergelsteinlagen; in A 17 mit Schillkalksteinlagen.

Schusters Mergelleitschicht

Mächtigkeit: circa 0,37 m (A 17); 0,33 m (A 18).

Lithologie: Mergelstein, teils dolomitisch, teils blättrig bis bröckelig; teils Kalkstein, mikritisch, grünlichgelbgrau.

Hauptterebratelbank

Mächtigkeit: 0,85 m (B 2); 1,0 m (B 1); 0,62 m (A 17); 0,64 m (A 18).

Lithologie: Schillkalkstein, (bio)sparitisch, ineinandergeschachtelte perlmutartig bis seidig schimmernde, bis 3 cm lange Terebratel-Schalen, sehr hart, graublau, rostbraun anwitternd, plattig absondernd, in der Steinbruchwand gesimsbildend; teils Mergelstein, blättrig.

Fossilien: *Coenothyris vulgaris*.

Horizont der Kiesbank

Mächtigkeit: 1,0 m (B 2); > 1,38 m (A 16); circa 1,88 m (A 17); 1,92 m (A 18).

Lithologie: Tonmergelstein, feinschichtig, teils siltig und feinsandig, beige-grau, mit Mikritlagen.

Fossilien: Etwa 1,0–1,5 m oberhalb der Hauptterebratelbank, also im Grenzbereich Kiesbank/Knauerige Bank, beschreibt Wirsing (1981) eine Bonebedlage mit Wirbeltierresten, Zähnchen und Knochenfragmente von ? Fischen.

Horizont der Knauerigen Bank

Mächtigkeit: 0,2 m (B 2); 2,6 m (A 16); > 1,46 m (A 17); circa 2,4 m (A 18).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, wellig, knauerig, wulstig, teils knollig, teils sparitisch, dunkelgrau, schillhaltig, teils (Kalk-)Mergelstein.

Nach Ernst (schriftl. Mitt. 2020) ist die Knauerige Bank auf Blatt Arnstein, wie auch auf Blatt Werneck, im unteren Teil tonig entwickelt. Dieser sei nach der zyklischen Entwicklung zur Knauerigen Bank und nicht zur Kiesbank zu rechnen.

Aust (1969: 137) beobachtete im Werntal bei Mühlhausen (Bl. Werneck) im Niveau der Knauerigen Bank und des Gelben Kippers mehrere, nur aus Schalenschill bestehende und dem Quaderkalk gleichende Lagen, welche die Normalfazies rinnenartig durchlaufen und bis zu 20 cm mächtig werden. Er hält dieses Vorkommen für „abgerissene und weiter nach N verfrachtete Schillfahnen des Quaderkalks“. Geyer (2002) hingegen deutet diese quaderkalkähnliche Ausbildung als die basale Kalksteinlage (bis 0,2 m) der Knauerigen Bank, die als parautochthoner Schillkalk (Schalen nur gering verfrachtet) dem Quaderkalk phänotypisch ähnelt.

Gelber Kipper

Mächtigkeit: 0,9 m (B 2); 0,1 m (A 16); 0,22 m (A 18).

Lithologie: Mergel(ton)stein, beige-grau; mit cm-starken Kalksteinlagen, grau.

Das Hangende der Knauerigen Bank reicht bei Mühlhausen (Bl. Werneck) bis in den Gelben Kipper, so dass nach Büttner & Stürmer (1997) der Gelbe Kipper i. S. Hoffmanns (1967 b) nicht mehr existiert.

Fossilien: Der gelbe Kipper gilt als fossilleer, lediglich bei kalkiger Ausbildung können Fossilien nachgewiesen werden (Aust 1969).

Obere Terebratelbank

Mächtigkeit: 0,2 m (B 2); 0,32 m (A 16); 1,67 m (A 18).

Lithologie: Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, teils mikritisch, grau, teils Mergelstein.

Meist fehlen Terebrateln. Durch die einrahmenden Leithorizonte ist der Bereich aber recht gut abzugrenzen.

Fossilien: Durch den Fund von *Ceratites meissnerianus* NNE Arnstein (E 32 571.067, N 5.538.733) wiesen Henz et al. (1986) den höchst gelegenen Ceratiten des Muschelkalks auch für Mainfranken nach.

Ostracodenton (mit Kalksteinlagen)

Mächtigkeit: 5,5 m (B 2); 4,3 m (B 1); 1,82 m (A 16); > 2,41 m (A 18).

Lithologie: Tonmergelstein, feinschichtig, dünn-schichtig, bröckelig, teils feinsandig, dunkelgrau; mit zahlreichen Kalksteinlagen, mikritisch, hart.

Grenzglaukonitkalkstein, g

Mächtigkeit: 1,85 m (B 2); 1,2 m (B 1); 1,64 m (A 16).

Lithologie: Kalkstein, mikritisch, teils dolomitisch, grau, teils bräunlich-gelblich, teils dickschichtig, meist dünnbankig, plattig, teils mittelbankig, hart bis sehr hart; unten meist Gekrösealkstein zuunterst gewellt; oben meist Kalkstein, mikrosparitisch, sehr hart, grau; mit Ton(mergel)steinlagen, schiefrig, ockerfarben.

Der namensgebende grüne Glaukonit ist meist fein verteilt, kann aber auch angereichert sein, oft zusammen mit Bonebed-Fossilien.

Fossilien: Terebrateln, *Costatoria goldfussi*. Das Gestein „kann ganz von Bairdien erfüllt sein, wie Nathan ... (W. von Dürrhof bei Binsbach) mikroskopisch nachwies“ (Schuster & Nathan 1937: 21).

Grenzbonebed, gb

Mächtigkeit: 0,05 m (B 1, B 2), sonst einige mm bis wenige cm (Lokalitäten vergleiche Grenzglaukonitkalkstein).

Lithologie: Ton(mergel)stein, siltig, teils sandig, teils Kalkstein, braun; glaukonitreich, dunkelgrün, schwarz, teils glimmerhaltig.

Die Bonebed-Lagen sind oft in den Glaukonitkalkstein eingebettet, sie sind daher nicht immer als eigenständige stratigraphische Einheit aufzufassen (Geissler 1967). Das Grenzbonebed bildet in Franken definitionsgemäß den Abschluss des Muschelkalks.

Fossilien und Ablagerungsmilieu: Wirbeltierreste (Vertebratensand), Knochensplitter, Fischschuppen, Zähne, Koprolithe, phosphatische Reste; in B 2 Knorpelfischreste und *Saurichthys*-Zahn, NE Arnstein (E 32 571.257, N 538.783, Sabbagh 1981: 43) *Acrodus*-Zähne.

Im Grenzbonebed und in den Bonebeds des Unteren Keupers wurden durch sedimentologische Vorgänge Wirbeltierreste kondensiert (Hagdorn & Simon

1985, Geyer et al. 2020). Ausführliche Untersuchungen des Fossilinhalts des Grenzbonebeds unternahm Hack (1980). Sie stellte auch eine erhöhte Konzentration von Spurenelementen und Seltenen Erden fest.

3.1.3 Keuper

Paläogeographie: Das Germanische Becken stand zur Zeit des Keupers teils unter marinem, teils unter brackischem und terrestrischem Einfluss. Die Sedimente des Keupers wurden vorwiegend unter Playa-Bedingungen, also als Feinmaterial in küstenfernen abflusslosen Becken oder in Flusssystemen abgelagert (Geyer 2002). Vom Fennoskandischen Schild im N wurden die feinkörnigen Sande des Werksandsteins und des Schilfsandsteins geschüttet (Nordischer Keuper) (Wurster 1965, Emmert 1965). Ab dem höheren Mittelkeuper wurden in Schichtfluten grobkörnige, oft feldspatreiche Sande vom Vindelizisch-Böhmischen Massiv ins südwestdeutsche Teilbecken transportiert (Vindelizischer Keuper).

Mächtigkeit und Verbreitung: Die Mächtigkeit der Keupersedimente betrug im Blattgebiet ursprünglich etwa 400 m (Haunschild 1993, Freudenberger 1996). Der Obere und der Mittlere Keupers sind bereits erodiert. Die Schichtenbeschreibung des Keupers und damit der Trias endet mit dem Grenzdolomit.

Gliederung: Überregional wird der Keuper den Beschlüssen der Perm-Trias-Subkommission folgend in Formationen gegliedert (DSK 2005). Hiernach entspricht auf Blatt Arnstein der Untere Keuper der Erfurt-Formation (Freudenberger 2005).

Fossilien und Fazies: Die schlechten Aufschlussverhältnisse der heutigen Zeit ermöglichen nur noch selten Fossilfunde, daher sei auch auf ältere Literatur verwiesen, z. B. auf „Die Lebewelt unserer Trias“ von Schmidt (1928, 1938) oder Baders (1936) „Systematische Zusammenstellung der Tier- und Pflanzenwelt“ des Unteren Keupers. Hinweise auf Fossilinhalte finden sich unter anderem bei Schuster (1928), Schuster & Nathan (1937); Rutte (1957), Hoffmann (1967 a), Brunner (1973), Geyer (1980, 2002), Geyer & Kelber (1987), Kelber (1990) und Seegis (1999). Palynospektren und Milieuinterpretationen lieferte Heunisch (1984, 1999) und Wierer (1999), die Faziesentwicklung beschreiben Beutler et al. (1999).

Literatur: Forschungsergebnisse stellt der Triasband, herausgegeben von Hauschke & Wilde (1999), die Keuper-Monographie, herausgegeben von der Deutschen Stratigraphischen Kommission (2005), sowie der Lettenkeuper-Band, herausgegeben von Hagdorn et al. (2015), vor.

3.1.3.1 Unterer Keuper, ku

Mächtigkeit: 50–51 m (Bl. Werneck), im Einklang mit der von Gudden (1981) und Haunschild (1981, 2000) skizzierten Mächtigkeitsverteilung in Nordbayern.

Verbreitung: Der Untere Keuper bedeckt – inklusive Deckschichten (vor allem Löß) – etwa 20 % des Blattgebietes. Sein Ausbiss nördlich der Wern ist auf die höchsten Erhebungen, z. B. Eichelberg, Heßlarer Berg, Kiesbildhöhe, Kühkopf, Umgebung von Dattensoll, Bücholder Kreuz usw. beschränkt. Südlich der Wern streicht er hauptsächlich im südöstlichen Blattquadranten aus: auf den Höhen zwischen Faustenbach, Dürrhof, Gramschatz und im Wald südlich Gramschatz.

Gliederung: Der Untere Keuper wird auf der Geologischen Karte konventionell in vier Abschnitte gegliedert (Haunschild 1986) (Tab. 3, Abb. 19).

Tabelle 3: Gliederung des Unteren Keupers mit Angaben zur Lithologie und Mächtigkeit in den Bohrungen Arnstein 1 (Ar), Waigolshausen 1 (Wa) und Werneck 1 (We) [Wa und We auf Bl. Werneck]

Gliederung mit Leithorizonten				Lithologie / Fazies		Mächtigkeit [m]			Σ
						Ar	Wa	We	
Unterer Keuper	Erfurt-Formation	kuD	Grenzdolomit	Dolomitstein, kalkig		–	> 0,5	1,0	50–51
		ku2	Obere Tonstein-Gelbkalkschichten (Albertibank bis Basis Grenzdolomit)	Tonstein mit Silt-, Sand- und Dolomitsteinlagen		> 17,8	22,5	23,7	
		kuW	Werksandstein-Bereich (Cardiniensandstein bis Basis Albertibank)	Sandstein mit Ton- und Siltsteinlagen		9,1	9,9	8,3	
		ku1	Untere Tonstein-Gelbkalkschichten (Untere Vitriolschiefer bis Basis Cardiniensandstein)	Tonstein mit Silt-, Sand- und Dolomitsteinlagen		16,95	16,6	17,9	

Die Ausbisse des Oberen Sandsteins, des Anoplophorahorizonts, der Anthrakonitbank, der Albertibank, der Hauptquarzitschieferplatten, des Unteren Sandsteins sowie Wagners Plattenhorizont wurden – soweit kartierbar – als zusätzliche Information in der Karte dargestellt.

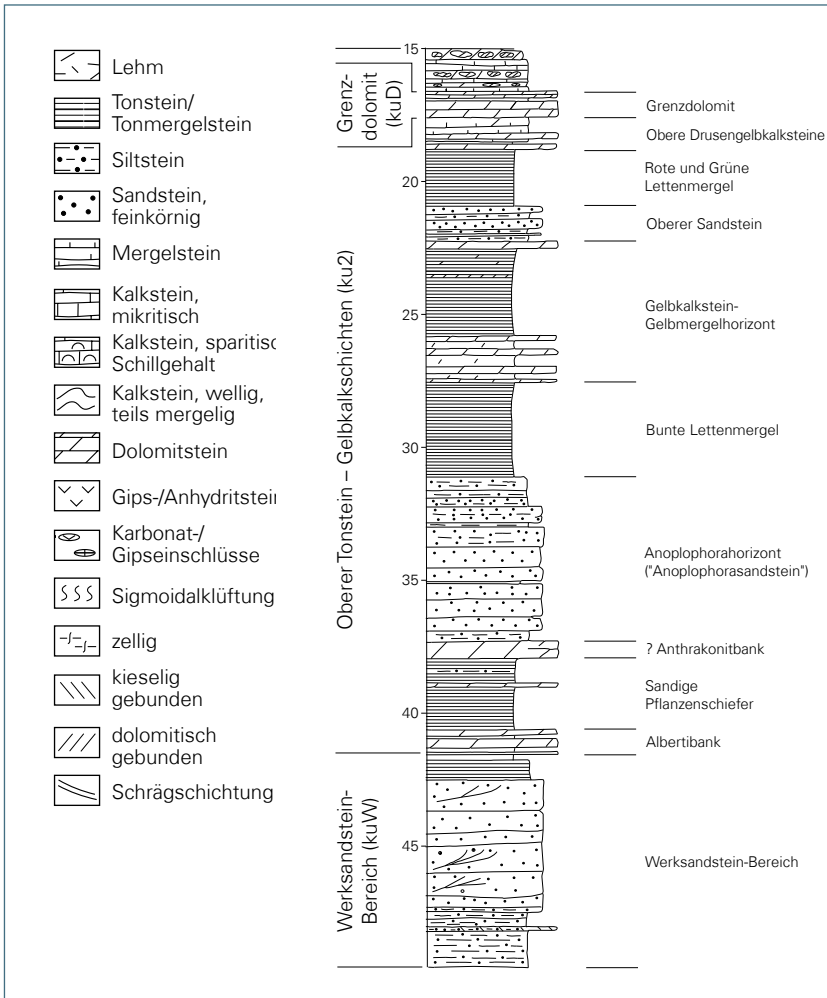
Der rasche vertikale Wechsel von Sandstein, Gelbkalkstein, Tonstein, Mergelstein und Siltstein erlaubt eine Kartierung anhand von Lesesteinen. Die nach Farbe und Habitus kaum zu unterscheidenden Sandsteinlagen können nur im Verband mit Leitbänken oder charakteristischen Tonsteinfolgen stratigraphisch zugeordnet werden. Als verlässlicher Bezugshorizont erwies sich auch in diesem Gebiet der Siltsteinhorizont der Hauptquarzitschieferplatten.

Lithologie: Tonstein, hell- bis dunkelgrau, dolomitisch oder mergelig, teils siltig oder feinsandig; mit Lagen von Siltstein, grau, Sandstein, feinkörnig, sowie Dolomitstein und Kalkstein, dolomitisch, hellgrau.

Fazies und Ablagerungsmilieu: Während des Unteren Keupers pendelten im Gebiet des heutigen Mainfranken die Ablagerungsräume zwischen küstennahen alluvialen Ebenen, die zeitweilig vom Meer überflutet wurden, bis zu Delta-Arealen oder Flusssystemen mit verflochtenen Rinnen, die noch im Bereich der Küste angesiedelt waren (Geyer 2002). Die Sedimente wurden in einem teils flachmarinen, teils lagunären, teils brackischen Milieu abgelagert. Dafür sprechen auch die von Köster & Schnitzer (1984) festgestellten Borgehalte. Untermeerische Schwellen und Barrieren ermöglichten je nach Süßwasserzufluss und Klimabedingungen kleinräumige Bereiche, in denen das Meerwasser ausgesüßt oder übersalzen war. Dem ständigen Wechsel im Ablagerungsmilieu entspricht die bunte Vielfalt der Gesteine: Graue und gelbe Kalk- und Dolomitsteinbänke gelten als Ablagerungen von Meeresvorstößen, die schwarzgrünen Ton- und Mergelsteine sowie die feinkörnigen graugrünen Sandsteine als brackische und limnische Absätze eines riesigen Stromdeltas. Dies wurde auch durch palynologische Studien von Heunisch (1986) und geochemische und sedimentpetrographische Untersuchungen von Hahn (1986) bestätigt.

Aigner et al. (1990) deuteten die Beckenfüllung des Unteren Keupers im Sinne der Sequenz-Stratigraphie als Shallowing-upward-Zyklus,

der sich wiederum aus transgressiv-regressiven Zyklen zusammensetzt. Demnach werden die bekannten Leitbänke von den transgressiven Dolomitsteinen gebildet, das regressive Maximum wird im Werksandstein-Bereich erreicht. Danach folgt eine generelle transgressive Tendenz mit Höhepunkt im Grenzdolomit (Aigner et al. 1990, Nitsch 2005).



Klima: Die Mikroflorenassoziationen deuten auf ein dauerhaftes humides Milieu während des Unteren Keupers hin. Küstennah siedelten bevorzugt Farne und Samenfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse, die auch als Pionierflora die aus dem Wasser auftauchenden Sandinseln (z. B. des Werksandsteins) besiedelten. Im Hinterland wuchsen Koniferen (Heunisch 1984, 1986; Kelber 1990).

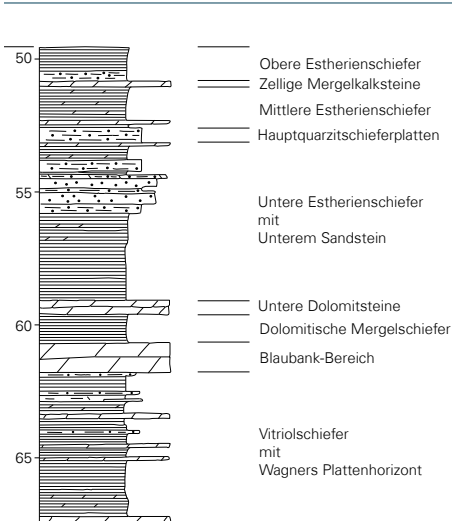


Abb. 19:
Unterer Keuper
in der Forschungsbohrung
Werneck 1
(Freudenberger in LfU
2010: 54, verändert)

Fossilien: Die Fauna des Unteren Keupers gilt als relativ artenarm. Verbreitet sind Muscheln (*Unionites*, *Myophoria*, *Bakevellia*), inartikulate Brachiopoden (*Sinoglottidia*), Conchostraken, Ostracoden und Wirbeltierreste. Die Flora besteht meist aus Pflanzenhäcksel (Schachtelhalme, Bärlappgewächse, Farne, Samenfarne, Koniferen). Eine ausführliche Zusammenstellung der Makroflora des Lettenkeupers lieferte Kelber (2015).

Untere Tonstein-Gelbkalkschichten, ku1

Mächtigkeit: 16,95 m (B 1).

Gliederung: Die Unteren Tonstein-Gelbkalkschichten fassen die Schichtenfolge beginnend mit den Unteren Vitriolschiefern bis einschließlich Obere Estherienschiefer zusammen.

Aufschlüsse: NNE Heßlar (A 16), NE Arnstein (E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 44 ff.).

Untere Vitriolschiefer

Mächtigkeit: 3,7 m (B 2); 3,15 m (B 1); 3,33 m (A 16).

Lithologie: Ton- und Siltstein, feinschichtig, teils mergelig, teils feinsandig, (grün)grau bis schwärzlich, teils beige-grau mit Mergel- oder Dolomitstein-Bänken.

Namengebend für die Vitriolschiefer war der Gehalt an Eisensulfat, aus dem Vitriol gewonnen wurde, wie bei Crailsheim. Bis kopfgroße, durch sekundäre Eisenausfällungen verkittete Gesteinsbruchstücke beschreibt Wirsing (1981) im Niveau der Vitriolschiefer bei Dattensoll (E 32 563.120, N 5.536.184; E 32 564.379, N 5.537.783).

Fossilien: In B 1 wurden Spurenfossilien, *Unionites* und „*Lingula*“, registriert.

Wagners Plattenhorizont, wp

Mächtigkeit: 0,3 m (B 2); 0,6 m (B 1); 0,52 m (A 16); 0,5 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 45).

Lithologie: Siltstein, teils kieselig, sehr hart; teils feinsandig; teils tonig; teils kalkig oder mergelig; teils Tonstein, dolomitisch; dickschichtig, dünnplattig, teils feinschichtig aufspaltend (Plättchen), dunkelgrau grau, beige-grau, grau-grün; mit Spurenfossilien in B 2.

Der Plattenhorizont ist verwitterungsbeständig, meist auch im Handstück zu erkennen und gilt daher als wichtiger Leithorizont bei der Feldkartierung. Im Felde ähnelt er den etwa 9 m höher austreichenden Hauptquarzitschieferplatten, verwittert aber meist zu weit kleineren Bruchstücken, zu dünnen, etwa 0,05 m starken Plättchen, die teilweise Schrägschichtung aufweisen. In der Karte wurde er ausgeschieden, sofern er im Felde nachweisbar war.

Obere Vitriolschiefer

Mächtigkeit: 2,2 m (B 2); 1,4 m (B 1); 1,87 m (A 16); 1,5 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 47).

Lithologie: Tonstein, feinschichtig, lagenweise siltig, dünnblättrig, weich, teils mergelig, teils dolomitisch, teils bituminös, dunkelgrau(grün) bis schwärzlich; teils mit dünnen Mergel- oder Kalksteinlagen.

Ablagerungsbedingungen: Nach einem aus Reineck & Singh (1980) stammenden Modell des Mississippi-Deltas könnten die Vitriolschiefer und Wagners Plattenhorizont als „Prodeltasedimente, die Übergänge in die Schelfablagerungen darstellen, aufgefasst werden, was vor allem durch Auftreten von Acritarchen plausibel scheint (Heunisch 1984). Die Vitriolschiefer könnten auch als delta bottom-set-Sedimente, die das Produkt langsamer Ablagerung suspendierter Sedimente darstellen, bezeichnet werden. Betrachtet man die hangenden Unterkeuper-Schichten mit ihren Zelluloseresten und den gelegentlich entwickelten Kohlelagen, so beschreiben diese Beobachtungen sowohl die Kennzeichen eines Nebenmeeres im humiden Klimabereich als auch die Marsch- und Sumpflandschaften eines Deltas, aus denen sich Torf, Lignite und Kohle entwickeln können“ (Hahn 1986).

Blaubank-Bereich

Mächtigkeit: 1,50 m (B 2); 0,5 m (B 1); 1,66 m (A 16);
circa 1,4 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 47).

Lithologie: Kalkstein, teils mikritisch, überwiegend mergelig; teils dolomitisch bis Dolomitstein, hart, teils sparitisch und schillführend, frisch blaugrau, verwittert ockerbraun („Gelbkalk“).

Der Blaubank-Bereich bildet den ersten beständigen, weit aushaltenden Kalksteinhorizont oberhalb der Muschelkalk/Keuper-Grenze.

Dolomitische Mergelschiefer

Mächtigkeit: 0,9 m (B 2); 1,7 m (B 1); > 0,95 m (A 16); 0,8 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 47).

Lithologie: Tonstein, mergelig, feinschichtig, feinblättrig, weich, teils plastisch, teils bituminös, schwarzgrau, graugrün.

Untere Dolomitsteine

Mächtigkeit: 1,2 m (B 2); 1,0 m (B 1); 0,8 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 45).

Lithologie: Kalkstein, mergelig, Mergelstein, dünn- bis mittelbankig, hart, gelb, bräunlich; Dolomitstein, sehr hart, mit Tonsteinlagen, dünnsschichtig, bröckelig, teils dolomitisch.

Untere Estherienschiefer mit Unterem Sandstein, us

Mächtigkeit: 5,6 m (B 1); circa 4 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 48).

Lithologie: Tonstein, teils mergelig, feinschichtig, blättrig, bröckelig, teils plastisch, weich, schwarzgrau, graugrün; teils sandig; teils mit dünnen Dolomit-, Kalk- oder Mergelsteinlagen.

Gelegentlich treten harte, hellgrüne, bräunliche Silt- und Feinsandsteinlagen auf, die tonig oder kieselig gebunden sind (Unterer Sandstein). Es wurden auch Wellenrippeln und Wurmsspuren beobachtet.

Fossilien: Namensgebend für die Estherienschiefer sind die gelegentlich auftretenden Conchostraken, die früher Estherien genannt wurden. In B 1 wurden Bioturbation, kohlige Pflanzenreste und Pyritgehalt festgestellt.

Hauptquarzitschieferplatten, q

Mächtigkeit: 0,3 m (B 1); circa 0,30 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 45).

Lithologie: Siltstein, kieselig, sehr hart, feinschichtig, plattig, (weiß)grau, bläulich, metallisch glänzend, blauschwarz-violette Anlauffarben auf Schicht- und meist senkrecht aufeinander stehenden Bruchflächen.

Sedimentpetrographische Untersuchungen von Hahn (1986) ergaben eine außerordentlich konstante Zusammensetzung aus hauptsächlich Quarz und Glimmer. Limonit, phosphatische Relikte, Pyrit und Plagioklas waren dagegen selten.

Die Hauptquarzitschieferplatten sind der beste Leithorizont im Lettenkeuper. Selbst einzelne Bruchstücke dieses charakteristischen, kieseligen Gesteins erlauben eine exakte stratigraphische Ansprache. Der Horizont liegt 13–14 m über der mo/ku-Grenze. Er wurde in der Karte nur ausgeschieden, wenn er im Felde nachweisbar war.

Ablagerungsmilieu: Aufgrund palynologischer Untersuchungen deutet Heurnisch (1984) die Hauptquarzitschieferplatten als Vorboten des nahenden Werksandstein-Deltas“. Als „delta front sheet sand“, der von Wellen lateral verfrachtet wird, fügte Hahn (1986) die Hauptquarzitschieferplatten in das Modell des Mississippi-Deltas von Reineck & Singh (1980) ein.

Fossilien: Wirsing (1981) beobachtete Wurmröhren (Ø bis 2mm) senkrecht zur Schichtoberfläche sowie vereinzelt „*Anoplophora lettica*“.

Mittlere Estherienschiefer

Mächtigkeit: 0,25 m (SW Dattensoll).

Lithologie: Tonstein, feinschichtig, blättrig, schiefrig, weich, schwarzgrau.

Aufschlüsse: SW Dattensoll (E 32 562.900, N 5.537.144, Wirsing 1981: 41)

Zelliger Mergelkalkstein

Mächtigkeit: circa 1,4 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 45).

Lithologie: Kalk(mergel)stein, hart, zellig, dünnbankig, gelb(grau); mit Calcit Schnüren und drusigen Hohlräumen; mit Tonsteinlage, mergelig, feinschichtig, weich, dunkelgraugrün.

In B 1 konnte der Zellige Mergelkalkstein nicht nachgewiesen werden und daher die Mittleren Estherienschiefer nicht von den oberen getrennt werden.

Obere Estherienschiefer

Mächtigkeit: circa 3,5 m (NE Arnstein, E 32 571.257, N 5.538.783, Sabbagh 1981: 45).

Lithologie: Tonstein, siltig, sandig, feinschichtig, weich, teils glimmerhaltig, grüngrau; teils Sandstein, tonig, feinschichtig.

Fossilien: zahlreiche Exemplare von *Myophoria*, „*Lingula*“ und Conchostraken (Sabbagh 1981).

Laibsteinhorizont

Mächtigkeit: 0–0,25 m (SW Kürnach, Bl. Dettelbach, Freudenberger 2003 b: 38).

Lithologie: Kalksteinlinsen, maximal 0,3 m lang, gelb, braun, innen teils blaugrau, hart, teils mulmig zerfallend.

Diese Lage kugelig oder abgeplatteter Kalksteinlinsen ist nicht immer typisch entwickelt, in B 1 auch nicht nachweisbar.

Werksandstein-Bereich, kuW

Mächtigkeit: 9,1 m (B 1).

Gliederung: Der Werksandstein-Bereich umfasst die Schichtenfolge beginnend mit dem Cardiniensandstein bis ausschließlich Albertibank.

Cardiniensandstein

Mächtigkeit: 0,30 m (S Mühlhausen, Bl. Werneck, Freudenberger in LfU 2010 b: 52).

Lithologie: Sandstein, feinkörnig, tonig, teils kieselig gebunden, hart, plattig absondernd, schräg- und kreuzgeschichtet, basal wellig, gelbbraun, bräunlich.

Fossilien: Namensgebend für die „Sandigen Cardinienplatten“ sind die nicht selten auftretenden „Cardinien“ (heute: Gattung *Unionites*). Köhler (1986) beobachtete auf stellenweise glaukonitführenden Sandsteinplatten viele Schalenabdrücke, Wirbeltier- und Pflanzenreste.

Lesesteinfunde: westlich Mehlenhöhe (NE Arnstein, E 32 570.977, N 5.537.523, Köhler 1986: 54).

Werksandstein

Mächtigkeit: 3 etwa 1 m mächtige Lagen (B 1); 3,2–4,95 m (Bl. Werneck).

Lithologie: Sandstein, feinkörnig, tonig gebunden, mäßig hart bis hart, glimmerführend, teils feinschichtig, teils flaserschichtig, teils schräggeschichtet; viel Pflanzenhäcksel (vor allem Schachtelhalme, Farne, Samenfarne und Koniferen); häufig mit Grabbauten und Wellenrippeln.

Die Farbe des Sandsteins variiert zwischen frisch grau und graugrün, gemasert, unter Verwitterungseinfluss bräunlich oder gelblich. Zuoberst treten auf Blatt Werneck rotviolette und rotbraune Farben auf („Blutsandstein“), die auf das Vorhandensein von Roteisensteinkonkretionen im Hangenden hindeuten.

Der Werksandstein setzt sich aus Quarz, Feldspat, Glimmer und häufig Gesteinsbruchstücken zusammen (Aust 1969). Der gut sortierte, tonig gebundene Feinsandstein weist aufgrund seines hohen Glimmergehaltes auf den Schichtflächen eine gute Spaltbarkeit auf. Entsprechend seines Tonstein- und Glimmergehaltes sondert er großquaderig, dick- bis dünnbankig beziehungsweise feinplattig bis feinschichtig ab. Er verwittert leicht zu bröckeligem Grus, wobei sich braunschwarze Fe-Mn-Verwitterungsrinden bilden.

Der Werksandstein kann auch als Wechselfolge von feinkörnigem Sandstein, feinsandigem Silt- und siltigem Tonstein ("Sandschiefer") ausgebildet sein.

Fazies und Mächtigkeit: Der Werksandstein ist für rasche Mächtigkeitsänderungen bekannt. Dies zeigt eindrucksvoll der Vergleich der Kernbohrungen auf dem weiter südöstlich gelegenen Blatt Kitzingen (Freudenberger 1991). Entsprechend seiner Mächtigkeitsentwicklung sind Begriffe wie „Normal-“, „Mangel-“ und „Stillwasserfazies“ für geringmächtige Ausbildung (etwa bis 4 m) im Gegensatz zur mächtigeren Flutfazies im Gebrauch. Auf Blatt Werneck wurden beide Faziesausbildungen sowie Übergänge, die nicht eindeutig zuzuordnen sind, angetroffen. Werksandstein in eindeutiger Flutfazies konnte auf Blatt Arnstein nicht nachgewiesen werden. Bei geringer oder fehlender Werksandsteinausbildung ist die sandige Fazies gewöhnlich durch graue bis grünliche, mergelige Tonsteine ersetzt.

Ablagerungsbedingungen: Bildungsmilieu und Bildungsmechanismen werden vielseitig diskutiert. Nach Wurster (1968) sind mächtig ausgebildete, deutlich schräggeschichtete Sandsteine als fluviatile Rinnenfüllungen mehrerer Flüsse oder eines riesigen Deltas zu verstehen, während die Stillwasserfazies als feinklastisch dominiertes Schichtpaket geringmächtig über unversehrttem Untergrund entwickelt ist.

Hoffmann (1967 a) übertrug die von Emmert (1965: 166) für den Schilfsandstein erarbeitete Vorstellung auch auf den Werksandstein. Danach gelangte „vom wüstenhaften Beckenrand her Dünensand in das seichte Meeresbecken“ und wurde dort „von vorwiegend nord–süd-gerichteten Wasserströmungen im Laufe der Schilfsandsteinzeit im ganzen Beckenbereich unterschiedlich verschwemmt und abgelagert“.

Hahn (1986) wendete das von Reineck & Singh (1980) stammende Modell des Mississippi-Deltas auf den Werksandstein an („bar finger sand“). Das Liefergebiet lag nach Patzelts (1964) Schwermineralanalysen und Schrägschichtungsmessungen im NE (Fennoskandia).

Verwendung: Namengebend für den Werksandstein war seine Nutzung als begehrter Werkstein. Er fand Verwendung in zahlreichen Bauten, Skulpturen, Bildstöcken usw. (vergleiche Weinig 1984 a, Weinig 2003). Da der Werksandstein rasch verwittert, findet er heute nur noch bei Restaurierungsarbeiten Verwendung. Ältere topographische Karten der Gegend weisen einzelne Steinbrüche aus, die im Niveau des Werksandsteins angelegt sein mussten. Sie sind heute alle verfüllt oder zugewachsen.

Fossilien: Pflanzenreste (Schmidt 1928, 1938; Kelber 1983, 1990), Wurzelhorizonte (Aust 1969), Lebensspuren, auch von Insekten (Geyer & Kelber 1987, Kelber & Geyer 1989), Wirbeltierreste (Haunschild 1986).

Lettenkohle

Verbreitung und Mächtigkeit: Lettenkohle wurde auf den Nachbarblättern wiederholt beschrieben. Sie findet sich in verschiedenen Niveaus des Unteren Keupers als Schmitzen oder Lagen in einer Mächtigkeit, die von 0 bis 0,2 m schwankt. Größere Mächtigkeiten (maximal 1,5 m) wurden auf Blatt Kitzingen

bekannt (Freudenberger 2000). Der tiefste Horizont mit Kohle tritt dort unter dem Werksandstein auf, der höchste im Liegenden des Grenzdolomits. Die meisten Vorkommen wurden zwischen Werksandstein und Albertibank beobachtet (Hauptlettenkohlenlage). Auf Blatt Arnstein konnte Lettekohle nicht nachgewiesen werden.

Fazies: Nach Hoffmann (1967 a) handelt es sich gewöhnlich um allochthone Kohle, die aus der Inkohlung von größeren Pflanzenresten entstand.

Blaue und Grüne Tonsteine mit Horizont der Roteisensteinkonkretionen, „Oberem Werksandstein“ und Hauptlettenkohlenlage

Mächtigkeit: in Abhängigkeit von der Werksandsteinausbildung stark schwankend von 1 m (bei Flutfazies) bis 5 m (bei Normalfazies) auf Blatt Werneck. Auf Blatt Arnstein ist dieser Horizont nicht eindeutig abzugrenzen.

Lithologie: Tonstein, teils sandig, siltig, feinschichtig; teils Siltstein, sandig, tonig; teils Sandstein, tonig, glimmerhaltig; zuoberst Tonstein, teils mergelig, bröckelig, blaugrau, graugrün; teils mit Pflanzenhäcksel.

Roteisensteinkonkretionen wurden nur auf den Nachbarblättern gefunden. Dort sind solche Konkretionen nicht nur auf diesen Horizont beschränkt, sondern treten auch über dem Oberen Sandstein gelegentlich massenhaft auf, wie auf Blatt Kitzingen gezeigt werden konnte (Freudenberger 2000).

Da dieser Horizont teilweise völlig versandet („Oberer Werksandstein“) und dann nicht vom eigentlichen Werksandstein zu trennen ist, wird er in der Geologischen Karte zusammen mit dem Werksandstein (kuW) ausgeschieden. Die Obergrenze des Werksandsteins ist nur dann gut zu fassen, wenn die Roteisensteinkonkretionen auftreten. Sie färben den Sandstein, die „Sandschiefer“ oder die Tonsteine violettrot.

Obere Tonstein-Gelbkalkschichten, ku2

Mächtigkeit: 22,50–23,65 m (Bl. Werneck, Freudenberger in LfU 2010 b).

Gliederung: Die Oberen Tonstein-Gelbkalkschichten fassen den Schichtstoß beginnend mit der Albertibank bis einschließlich Obere Drusengelbkalksteine zusammen. Albertibank, Anoplophorahorizont und Oberer Sandstein wurden in der Karte nur dann aufgehalten, wenn der Nachweis im Gelände zweifelsfrei war.

Albertibank, al

Mächtigkeit: 0,1 m (B 1).

Lithologie: Dolomitstein oder Kalk(mergel)stein, dolomitisch, sehr hart bis hart, scharfkantig, scherbzig brechend, dünn- bis mittelbankig, hellgrau, ocker-beziehungsweise fahlgelb, bräunlich verwitternd; mit dünnen Ton(mergel)-steinlagen, feinschichtig.

Die Albertibank ist die unterste Kalksteinbank über dem Werksandstein-Bereich. Sie lässt sich in verwittertem Zustand nicht von anderen Gelbkalksteinen unterscheiden. Ihre Mächtigkeit variiert, gelegentlich keilt sie sogar aus, wie auf Blatt Kitzingen nachweisbar war.

Fossilien: In B 1 ist die Albertibank untypisch ausgebildet, als karbonatischer Feinsandstein mit phosphatischen Resten, Knochenfischschuppen, *Acrodus*-Zähnen, Pyrit- und Glaukonitresten.

Sandige Pflanzenschiefer

Mächtigkeit: 2,50–3,35 m (Bl. Werneck, Freudenberger in LfU 2010).

Lithologie: Tonstein, teils mergelig, siltig, feinsandig („Sandschiefer“), feinschichtig, graugrün; mit viel Pflanzenhäcksel, teils kohlig schwarz; meist mit Sandsteinbänkchen, feinkörnig, tonig, teils silifiziert, teils glimmerhaltig; häufig mit Mergel(kalk)steinbänkchen.

Ablagerungsbedingungen: Aufgrund palynologischer Untersuchungen vermutete Heunisch (1984: 51) für die Sandigen Pflanzenschiefer einen intertital-brackischen Ablagerungsbereich.

Anthrakonitbank, an

Mächtigkeit: 0,05–0,20 m bei Faustenbach (Schuster 1928); 0,1–0,6 m (Bl. Werneck, Freudenberger in LfU 2010 b).

Lithologie: Kalkstein, teils sparitisch, teils dolomitisch, sehr hart, dunkelgrau, schwärzlich, bräunlich verwitternd; meist mit Schalenschill (*Unionites*).

Die in ihrer Mächtigkeit unbeständige Anthrakonitbank keilt häufig aus. Auch liegt sie nicht immer in der namengebenden Ausbildung als schwärzliche, bituminöse Bank vor. In der Fazies des Gelbkalksteins kann sie meist nicht identifiziert werden. In B 1 sind in dem entsprechenden Niveau überhaupt keine Karbonatlagen nachweisbar, daher konnten die Sandigen Pflanzenschiefer dort nicht vom Anoplophorahorizont getrennt werden. Schuster (1928: 64) fand die Bank bei Faustenbach 3,5–4,0 m über dem Werksandstein.

Anoplophorahorizont mit Anoplophorasandstein, as

Mächtigkeit: 5,90–7,75 m (Bl. Werneck, Freudenberger in LfU 2010 b).

Gliederung: Unter Anoplophorahorizont versteht man das Gesteinspaket zwischen der Anthrakonitbank und den hangenden Bunten Lettenmergeln unter Einschluss der Hauptanthrakonitbank. Sind die Kalksteinbänke nicht anthrakonitisch ausgebildet, wie das auf den Blättern Dettelbach, Kitzingen, Werneck und Arnstein häufig beobachtet wurde, so ist die Abgrenzung dieses Horizontes zum Liegenden wie zum Hangenden problematisch.

Lithologie: Ton(mergel)stein, teils siltig, teils feinsandig, teils glimmerhaltig, teils kohlig, teils bituminös, grau(grün), blaugrau, teils mit Pflanzenhäcksel.

Als Anoplophorasandstein bezeichnet man die überwiegend sandigen Partien (Sandstein und „Sandschiefer“) im Anoplophorahorizont.

Die Hauptanthrakonitbank schließt den Anoplophorahorizont hangend ab. Sie besteht aus dunkel- bis schwarzgrauem, sparitischem, plattigem, teils etwas sandigem Kalkstein, der Schalenschill von *Unionites* („*Anoplophora*“) enthält.

Bunte Lettenmergel

Mächtigkeit: 2,0 m (B 1).

Lithologie: Tonstein, teils mergelig, teils siltig, feinschichtig, bröckelig, grün-grau, rötlich, violett, teils gefleckt, teils kohlig; mit Dolomit- und dolomitischen Kalkstein-Einschaltungen.

Gelbkalkstein-Gelbmergel-Horizont

Mächtigkeit: > 3,8 m (B 1); 0,00–5,25 m (Bl. Werneck).

Lithologie: Mergelkalkstein, ockergelb, teils grünlich; mit Ton(mergel)stein, feinschichtig, ockerfarben; teils Kalkstein, teils Dolomitstein, hart, gebankt; teils mit Linsenkalkstein („Laibsteine“) oder Braunkalkstein-Septarien mit Calcitdrusen („Handkäse“).

Oberer Sandstein, os

Mächtigkeit: 0,8–8,3 m (Bl. Werneck).

Lithologie: Sandstein, feinkörnig, tonig, mäßig hart, dünn- bis mittelbankig, teils schräggeschichtet, grüngrau, rötlich, verwittert braun; glimmerhaltig; teils mit Silt- oder Tonsteinlagen, sandig, feinschichtig, graugrün, violettbraun; teils mit kohligen Lagen.

Der Obere Sandstein ähnelt in Gesteinsausbildung, Farbe und Pflanzenhäckselgehalt nicht nur dem Werksandstein, sondern auch allen anderen Sandsteinen des Unteren Keupers. Folglich kann er nur in der ungestörten Schichtenfolge sicher angesprochen werden. Auf Blatt Arnstein liegt er in geringmächtiger Normalfazies vor.

Rote und Grüne Lettenmergel

Mächtigkeit: 0,06–2,1 m (Bl. Werneck).

Lithologie: Ton(mergel)stein, feinschichtig, schiefrig, bröckelig, zu kleinen Plättchen verwitternd, teils bituminös, oben grüngelb, unten violettgrün, blauviolett, schwarz, ocker- bis dunkelgrau.

Obere Drusengelbalkensteine

Mächtigkeit: 1,2–2,0 m (Bl. Werneck).

Lithologie: Kalk(mergel)stein, hart, dünnbankig, plattig, blaugrau; teils brecciös mit großen Calcitdrusen, von Cacitadern durchzogen (zellige Textur); mit Ton(mergel)steinlagen, ockergelb bis graugrün; teils kohlig.

Die Oberen Drusengelbalkensteine werden von mm-dünnen Calcitlagen und -adern teils schichtgebunden, teils unregelmäßig durchzogen. Ein Zellenkalk-ähnliches Aussehen im angewitterten Zustand sowie reichlich vorkommende Calcitdrusen sind weitere Kennzeichen dieses Schichtabschnitts. Die Abgrenzung dieses Horizontes sowohl zum Liegenden als auch zum Hangenden geschieht bei kontinuierlich fazieller Entwicklung meist nicht zweifelsfrei.

C. Zelger (in Schuster 1928: 64) erwähnt eine Anthrakonitbank zwischen dem Grenzdolomit und dem Oberen Sandstein bei Zeuzleben (Bl. Werneck).

Grenzdolomit, kuD

Mächtigkeit: 0,85–2,50 m (Bl. Werneck).

Verbreitung: Der sehr markante Grenzdolomit bildet den Abschluss des Unteren Keupers. Wegen seiner hohen Verwitterungsresistenz bildet er auf weite Strecken das Plateau der Gäufläche, allerdings meist verborgen unter einer mächtigen Lößdecke. Auf Batt Arnstein streicht er an der Meilenhöhe NE Gramschatz aus. Dort könnten unter der Lößdecke noch Reste der basalen Unteren Myophorienschichten des Mittleren Keupers lagern.

Lithologie: Dolomit- oder Kalkstein, dolomitisch, sehr hart, teils oolithisch, teils sparitisch, teils brecciös, teils schaumig porös, plattig bis bankig, weißlich, hellgrau, gelblich(braun); verwittert: scherbzig zerfallend, großzellig, teils kavernös, drusig, zäh beim Anschlag.

3.2 Tertiär

Entstehung und Klima: Jurassische Sedimente gelten als die jüngsten mesozoischen, noch weitflächig im Maindreieck abgelagerten Schichten. Danach wurden die vorher gebildeten Sedimentserien bis ins Niveau des unteren Mittleren Keupers, des Unteren Keupers und des Muschelkalks abgetragen. Das tertiärzeitliche warme Klima bewirkte tiefgründige Verwitterung und flächenhafte Abtragung.

Zwischen Binsbach (Bl. Werneck) und Dürrhof beobachtete H. Nathan windgeschliffene Braunkalkbrocken des „Lettenkeupers“, die Schuster & Nathan (1937: 71) als Schotterreste auf einer alten Landoberfläche deuten.

3.3 Quartär

3.3.1 Pleistozän

Verbreitung und Gliederung: Zu pleistozänen Sedimenten des Blattgebietes zählen Ablagerungen des Mains als dünne Schotterstreu sowie Ablagerungen der Wern als fluviatile Bildungen, Löß als äolische Ablagerung sowie Lehm oder Schuttdecken (Fließerde, Hangschutt, Hanglehm) als Verwitterungsbildungen. Besonders die Hanglagen, als Ergebnis der pleistozänen Talbildung, sind fast vollständig von Lehm- oder Schuttdecken (Soliflukts- oder Hangschuttdecken) oder auch von äolischen Sedimenten überzogen (Wittmann 1982). Die Abgrenzung pleistozäner Lehm- oder Schuttdecken von entsprechenden holozänen Bildungen ist auf Blatt Arnstein mangels geeigneter Aufschlüsse nicht möglich. Diese Ablagerungen werden daher zusammenfassend beschrieben. Fließerden sind in Muschelkalk-Arealen wegen der Beschaffenheit des Ausgangssubstrats kartistisch nicht zweifelsfrei zu erfassen.

Ablagerungen des Mains

Verbreitung und Lithologie: W Retzstadt, SE Eicheloh, ist eine dünne Bestreuung von gut gerundeten Lydit- und Quarzgeröllen zu finden. Die Schotterstreu liegt etwa 260 m ü. NN und circa 2 km vom heutigen Main entfernt (Middendorf 1982). Bereits Büdel (1957) beschrieb „Übergangsterrassen“, die in 260–280 m ü. NN 3–4 km breit den heutigen Main säumen.

Ablagerungen der Wern

Verbreitung und Gliederung: Zahlreiche Aufschlussbohrungen ermöglichten ein detailliertes Querprofil entlang der Werntalbrücke N Ettleben auf Blatt Geldersheim (Hegenberger 1969). Eine der datierten Torfproben ergab ein Alter von 10 000 bis 12 000 Jahren (zwischen Alleröd und Präboreal, also Wende Pleistozän/Holozän). Die darunterliegenden Ton- und Schluffsedimente sind demnach pleistozänen Alters. Vergleichbare pleistozäne Wernablagerungen werden auch auf Blatt Arnstein vermutet, sind aber bisher nicht nachgewiesen.

Fließerde, „fl

Mächtigkeit: 1–2 m (geschätzt).

Verbreitung: DGM-Auswertungen legen Fließerde-Vorkommen im Werntal SW und NE Binsfeld nahe. Die Fließerden können sich mit holozänen Hangablagerungen mischen beziehungsweise werden von diesen überlagert. Fließerden sind in Muschelkalk-Arealen wegen der Beschaffenheit des Ausgangssubstrats kartistisch nicht zweifelsfrei zu erfassen.

Lithologie: Allgemein handelt es sich um Material aus den höher gelegenen Schichten, das sich in eine feinkörnige Matrix (Tone oder Lehme) und darin befindliche gröbere, eckige Komponentenbruchstücke (Silt-, Kalk- und Dolomitsteine) einmischt.

Löß, zum Teil verlehmt, ,Lo(l)

Vorbemerkung: Löß überlagert als teilweise mächtige Deckschicht ein Paläorelief, das vermutlich sehr viel stärker gegliedert war als dies die heutige flachwellige Landschaft der Gäuplatten im Maindreieck suggeriert (vergleiche Rösner 1990). Die Geländebeobachtungen wurden durch die Auswertung der Bohrstockkartierungen der bodenkundlichen Landesaufnahme von Frau M. Röhner (LfU) ergänzt, wobei Lößdarstellungen in der Geologischen Karte gewöhnlich erst ab Mächtigkeiten von mehr als 70 cm erfolgte.

Mächtigkeit und Verbreitung: Löß oder Lößlehm ist flächenmäßig auf den Hochebenen (Gäuflächen) als 1–3 m mächtiger Schleier am weitesten verbreitet. Ferner liegt er bevorzugt an Leehängen, in Arealen, die Schutz vor Abtragung boten, so in kesselartigen Talanfängen, Talflanken und Hangmulden. Die größten Mächtigkeiten erreicht er gewöhnlich an den nach N exponierten Hängen der Wern-Nebentäler. In A 15 waren mindestens 4,0 m aufgeschlossen.

Gliederung: Eine Differenzierung in Löß, Lößlehm, Schwemm-, Gehänge-, Aue- und Tallöß oder lößlehmhaltigen Solifluktionsschutt war nur selten möglich und konnte in der Darstellung nicht berücksichtigt werden.

Die Lössen in Mainfranken zählen zum nördlichen Lößfaziesbezirk in Bayern und damit zur trockenen Lößlandschaft mit Parabraunerden und mit zum Teil schwarzerdeähnlichen Böden (Jerz & Schwarzmeier 1981; Jerz 1988, 1993). Lößanwehungen erfolgten durch Westwinde während der vegetationsarmen Perioden der pleistozänen Kaltzeiten, hauptsächlich während des Würm-Glazials. Liefergebiet waren, wie man annimmt, Flussablagerungen, insbesondere des Mains. In geeigneten Aufschlüssen lassen sich im Vertikalprofil Unterschiede in der Lößfazies nachweisen, die auf Änderungen im Klimageschehen im Verlauf der Würm-Kaltzeit zurückgehen, besonders auf einen Wechsel von feuchtkühlen zu trocken-kalten Klimabedingungen.

Lithologie und Aufschlüsse: Löß ist ein feinkörniges, hauptsächlich grobsiltiges, ockerfarbenes äolisches Sediment, das vorwiegend aus Quarz, Feldspat, Karbonat, wenig Glimmer und Tonmineralen besteht. Verwitterungseinfluss verursacht weitgehend Entkalkung und Verbraunung des Sediments. Diese Verlehmung (Braunlöß) verringert die Porosität und führt zu platischem

Verhalten. Häufig sind diese Lösslehme durch Solifluktion oder Verschwemmung umgelagert und dadurch mit Fremdkomponenten jeder Korngröße vermengt. Das gelöste Karbonat setzt sich in tiefergelegenen Horizonten nicht selten als konkretionäre Ausscheidung ab („Lößkindl“). Lösslehme sind weitgehend kalkfrei und enthalten maximal 3–4 % Karbonat, wobei der MgO- gegenüber dem CaO-Anteil wegen der unterschiedlichen Löslichkeit überwiegt (Dobner 1984: 485).

Wirsing (1981) beschreibt ENE Stetten (E 32 560.021, N 5.533.855) in einer Grube ein circa 5 m mächtiges Profil aus abwechselnden Lagen von Löß, Schwemmlöß und Hangschutt. In einer 0,1 bis 0,25 m mächtigen, dunkelrot-braunen, stark lehmigen Lage beobachtete er dort eine Anreicherung bis circa 2 mm großer braunschwarzer Kügelchen.

Flugsand, ,S,a

Mächtigkeit: 1,5 m NW Retzstadt (E 32 559.981, N 5.530.066); bis 3 m in Sandgruben am Sandgraben NW Retzstadt (E 32 559.981, N 5.530.076).

Verbreitung: Flugsande sind lediglich in der SW-Ecke des Blattes W Retzstadt verbreitet, einige aufgelassene Sandgruben am Osthang des Sandgrabens zeugen von ehemaligem Abbau. In Handbohrungen wurde er nachgewiesen:

- E 32 559.851, N 5.530.906 (von oben nach unten): 0,5 m Flugsand, 1,5 m Sandlöß, 2,0 m Flugsand, 2,4 m Sandlöß, 2,6 m mo-Verwitterungslehm
- E 32 559.791, N 5.530.906 (von oben nach unten): 0,5 m Flugsand, 1,5 m Sandlöß, 1,6 m mo-Verwitterungslehm

Lithologie: Sand, fein- bis grobkörnig, gut gerundete Quarze, grau, bräunlichgelb.

Ausführliche Untersuchungen quartärer Flugsande Norbayerns unternahmen Voßmerbäumer (1973) und Schnitzer & Voßmerbäumer (1984). Danach wurde der Sand vermutlich aus den westlich gelegenen Mainablagerungen ausgeblasen.

Sandlöß

Mächtigkeit: maximal 1 bis 2 m.

Verbreitung: An die oben beschriebenen Flugsandareale in der SW-Ecke des Blattes W Retzstadt folgt in östlicher Richtung Sandlöß, z. B. am Neuenberg, der dann noch weiter östlich in Löß übergeht. Eine exakte Abrenzung ist wegen des „fließenden“ Übergangs nicht möglich. In Handbohrungen (s. o.) wechselt der Sandlöß mit Flugsand.

Lithologie: Sand, fein- bis mittelkörnig, bräunlichgelb, vermengt mit meist verlehmttem Löß.

3.3.2 Pleistozän bis Holozän

Vorbemerkung: Die jüngsten Bildungen des Blattgebietes sind die Hochwasserablagerungen der Wern (Auelehme), die Talfüllungen der Seiten- und Nebentäler, sowie die Schutt- und Schwemmfächer an deren Talausgängen. Die bereits im Pleistozän einsetzende Hangschutt- und Hanglehmbildung setzt sich auch im Holozän fort. In speziellen Feuchtgebieten wie zwischen Stetten und Thüngen kam es zur Bildung von Anmoorigem Boden. Solche Flächen sind heute durch Drainage trockengelegt und werden größtenteils landwirtschaftlich genutzt. Diese kleinen Vorkommen können kaum von Auebildungen abgegrenzt werden und erscheinen daher nicht auf der Geologischen Karte.

Hangablagerungen, „hg

Mächtigkeit: meist 0,3–1,5 m, selten bis 5 m.

Verbreitung und Lithologie: Hangschutt- und Hanglehmvorkommen wurden nur an temporären Aufschlüssen beobachtet, beispielsweise SE Thüngen. Die Trias, insbesondere der Ausstrich des Muschelkalks, ist weithin durch mehr oder weniger weit transportierte Verwitterungsbildungen verhüllt. Besonders auffällig reicht der Schuttfuß des Oberen Muschelkalks weit über den Ausstrichbereich des Mittleren Muschelkalks. Die Schuttdecken bestehen vorwiegend aus braunem Lehm, der mehr oder minder stark von Brocken des

unterlagernden Gesteins durchsetzt ist. Die Korngrößen variieren sehr stark in Abhängigkeit von der Härte des Ausgangsgesteins. Demzufolge überwiegen Kiese in der Normalfazies des Muschelkalks, während beispielsweise die Cycloidesbank als Härtling zur Bildung gröberer Schuttes neigt. Nur die mächtigeren Bildungen wurden in der Karte als Schuttdecke ausgeschieden. Ansonsten erhielt die Darstellung der Trias den Vorzug.

Diese Verwitterungsbildungen enthalten meist erhebliche pleistozäne Anteile, die nur in geeigneten Aufschlüssen von holozänen zu unterscheiden wären. Hangschuttbildungen in den steileren Talhängen (Akkumulation meist durch die Schwerkraft) dauern bis heute an. Bei der Entstehung dieser Schuttdecken spielte kaltzeitliches Bodenfließen (Fließerden) sicherlich eine bedeutende Rolle. In der flachwelligen Landschaft des Unteren Keupers treten die Hangschuttbildungen zurück oder bilden nur geringmächtige, lehmig-sandige Überdeckungen am Hangfuß. Abgeschwemmter Lößlehm und Flugsand reichern sich ebenfalls am Hangfuß an.

Abschwemmassen, „w

Mächtigkeit: wenige Dezimetern bis wenige Meter.

Verbreitung: Die im DGM erkennbare Verbreitung beschränkt sich auf die unteren Bereiche des Krebsbachtals. Abgeschwemmte Bestandteile der hangenden Schichten sammelten sich vor allem an flacheren Unterhangbereichen an.

Lithologie: Vorrangig toniges oder lehmiges Material, vermischt mit sandig-siltigen oder steinigen Beimengungen aus den Hanglagen.

Fächer oder Kegel (als Übersignatur)

Mächtigkeit: wenigen Dezimetern bis wenige Meter.

Verbreitung und Entstehung: An der Mündung von Seitentälern, die ein stärkeres Gefälle als das Haupttal haben, sind häufig morphologisch kartierbare Schwemmfächer ausgebildet. Diese Ablagerungen sind als Ausgleich des Knicks in der Gefällskurve entstanden. An den Talrändern vermischen und verzahnen sie sich mit Hangschutt, -lehm und Solifluktionsschutt. Pleistozäne Anteile der Schwemmfächer konnten nicht abgetrennt werden.

Lithologie und Mächtigkeit: Diese Sedimente variieren sehr stark in der Mächtigkeit und der Zusammensetzung, je nach Ausgangsgestein des Einzugsgebietes. Sie bestehen aus unsortiertem, sandigem, lehmigem Gesteinsschutt.

Talfüllung, polygenetisch, „ta

Mächtigkeit: wenige Dezimetern bis wenige Meter.

Verbreitung: Polygenetische Talfüllungen finden sich im Sohlenbereich aller kleinen Seitentäler, die vom Gefälle her eine Ablagerung zulassen. Im Bereich breiterer Entwässerungsstrukturen werden die polygenetischen Talfüllungen von Auenablagerungen überlagert.

Lithologie und Mächtigkeit: Diese Sedimente variieren sehr stark in der Mächtigkeit und der Zusammensetzung, je nach Ausgangsgestein des Einzugsgebietes. Man trifft überwiegend Silte, siltigen Sand bis sandigen Lehm, lokal mit Kiesgeröllen aus Muschelkalk an. In heute trockenliegenden, flachen Nebentälchen werden dunkle, tonig-siltige Abschwemmprodukte mit Humusgehalt abgelagert. Diese lehmige Füllung dürfte nur wenige Meter mächtig sein und seitlich rasch ausdünnen. Enge schluchtartige Trockentälchen ohne nennenswerte Sedimentfüllung trifft man im Unteren und Oberen Muschelkalk an.

Mittels geoelektrischer Tiefensondierungen ermittelte Middendorf (1982) Material und Mächtigkeit der Talfüllung des Retzbachtales W Retzstadt vor der Einmündung des Bayerntales (von oben nach unten):

- 0,8 m künstliche Aufschüttung
- circa 5 m mächtige lehmige Sedimente (Hochwasserabsätze)
- maximal 3,4 m mächtige lehmige Ablagerungen mit Muschelkalkschutt

Bach- oder Flussablagerungen, „f

Mächtigkeit: bis 13 Meter.

Verbreitung und Entstehung: Im Tal der Wern sowie in deren Nebentälern setzen Bäche m-mächtige Auelehme ab. Manche Bäche haben sich abschnittsweise über 2 m in ihre eigenen Ablagerungen eingeschnitten.

Lithologie und Mächtigkeit der Werntalfüllung: In Bohrprofilen (B 4 bis B 7) ermittelte Wirsing (1981) Mächtigkeiten der Werntalfüllung von 6,3–12,9 m. Wobei über 2,3–5,1 m mächtigem Lehm mit Muschelkalkgeröllen 0–5,8 m mächtige Feinsande und Schluffe mit organischen Resten folgen, die von bis zu 5,0 m mächtigen fetten Tonen überlagert sein können. Ferner beschreibt er Hochwasserabsätze der Wern, die in Bohrprofilen bis zu 2,55 m mächtig waren. Es handelt sich um sandige, braune Lehme, wie sie auch heute noch bei Überschwemmungen abgelagert werden.

Detaillierte Beschreibungen der Werntalsedimente auf den (nord)östlich anschließenden Blättern geben Schuster (1943), Hegenberger (1969) und Freudenberger in LfU (2010). Hegenberger (1969) berichtet auf Blatt Geldersheim beispielsweise von Torfdatierungen, die dort ein Alter von 10.000 bis 12.000 Jahren und 3.000 bis 4.000 Jahren (Subboreal, Holozän) ergaben.

3.3.3 Holozän

Künstliche Ablagerungen, „ya

Verbreitung und Gliederung: Künstliche Aufschüttungen, Deponien, Dämme und Halden, wurden vor allem beim Straßen-, Autobahn- und Eisenbahnbau vorgenommen. Abraumhalden säumen in der Regel aufgelassene Sand- und Kalksteinbrüche. Zahlreiche Brüche wurden als Müll- und Bauschuttdeponien genutzt oder sind bereits verfüllt und rekultiviert.

Starke anthropogene Überprägung erfuhren viele Talhänge im Zuge der Weinbergsumlegung. Dort wird das Kartieren von Leitbänken nahezu unmöglich. Ebenso sind flächenhafte Aufschüttungen in Siedlungsgebieten meist nicht mehr rekonstruierbar.

Künstliche verändertes Gelände, „yo

Verbreitung und Gliederung: Hierbei handelt es sich um künstlich verändertes Gelände, umgestaltete und meist versiegelte Flächen. Übergänge zu Künstlichen Ablagerungen („ya) sind oft fließend.

4 Tektonischer Bau

4.1 Einleitung und Überblick

Das zur Landschaft Mainfranken gehörende Blatt Arnstein liegt im Zentralteil der Süddeutschen Scholle und zählt damit zum Mitteleuropäischen Bruchschollengebiet. Die strukturgeologische Entwicklung dieser känozoischen Baueinheit ist in die Deformationsabläufe im nördlichen Vorland des Alpen-Karpaten-Tektogens eingebunden.

Der tiefere, variskisch konsolidierte Untergrund des Blattgebietes – das Grundgebirge – liegt vermutlich im Grenzbereich zwischen der Saxothuringischen Zone im SE und der Mitteldeutschen Kristallinzone im NW (vergleiche Geyer 2002 und European Science Foundation 1992) (Abb. 20). Er dürfte daher entweder aus granitoiden und höhermetamorphen Gesteinen oder aus altpaläozoischen, grünschieferfaziell geprägten Metasedimenten bestehen. Während des Permokarbon beziehungsweise im Permosiles, im Zeitraum der Entwicklung des Übergangsstockwerks, gehörte das Blattgebiet zur Mitteldeutschen Senkenzone (Katzung & Ehmke 1993) und damit zum Kraichgau-Saale-Trog (Freudenberger 1996). An diesem rheinisch streichenden Trog schloss sich im NW die Spessart-Unterharz-Hochlagenzone (Katzung & Ehmke 1993) mit dem Abschnitt der Spessart-Rhön-Schwelle (Freudenberger 1996; Geyer 2002) und im SE die Nordschwarzwälder Schwelle (Geyer 2002) an.

Die Heraushebung des Spessarts am NW-Rand der Süddeutschen Scholle führte zum generellen SE-Einfallen des mesozoischen Deckgebirges. Diese Hauptrichtung wird sowohl auf den angrenzenden Blättern als auch auf Blatt Arnstein von regionalen, kleinräumigen Verbiegungen und markanten Störungen modifiziert. Zu diesen tektonischen Strukturen zählen der das Blattgebiet fast diagonal querende Arnsteiner Sattel, der ein Teil des Thüngersheimer Sattels ist, sowie die Thüngener Mulde, die ein Teil der Zellinger Mulde ist. Die im Allgemeinen flach lagernde Schichtenfolge wird von hauptsächlich flachhercynisch bis hercynisch streichenden Störungen durchschlagen.

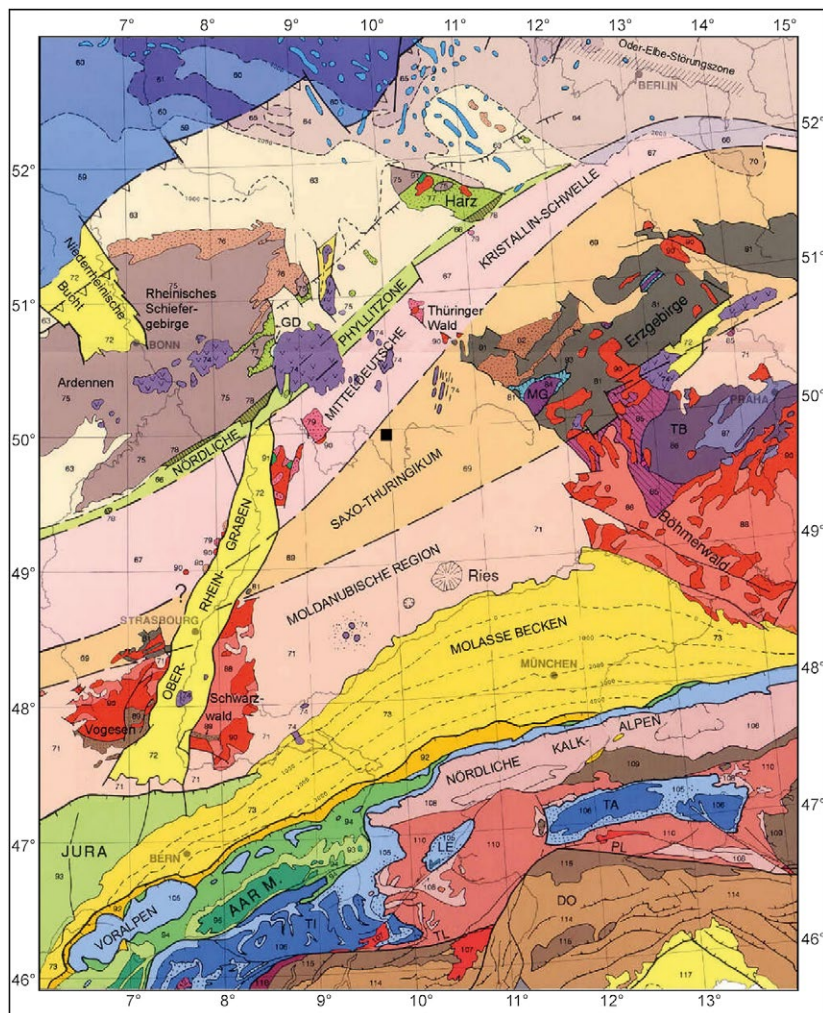


Abb. 20: Übersichtskarte des tektonischen Baues von Mitteleuropa. Die Lage des Blattes 6025 Arnstein ist durch ein schwarzes Quadrat markiert (verändert nach European Science Foundation 1992).

Einen Überblick zu den tektonischen Verhältnissen auf Blatt Arnstein gibt die Lagerungskarte (Beil. 1). Die Streichlinien zeigen die Höhenlage der Grenze Muschelkalk/Keuper in m ü. NN an. Die tektonisch höchsten Punkte liegen mit 470 bis fast 480 m ü. NN, bezogen auf die mo/ku-Grenze, innerhalb des Retzstädter Muschelkalk-Horstes, der E Retzstadt von Blatt Würzburg Nord kommend in das Blattgebiet zieht. Weitere tektonische Hochlagen liegen über 350 m in der äußersten NW-Ecke des Blattes im Stettener Hoch. Der tektonisch am tiefsten liegende Punkt befindet sich mit circa 240 m ü. NN N Heugrumbach, wo die Thüngener Mulde das Blattgebiet verlässt. Der relative Höhenunterschied in der Schichtlagerung beträgt somit mindestens 240 m.

Literatur: Ausführlichere Darstellungen zur Tektonik Mainfrankens geben Schuster (1928), Kirchner (1934), Schuster & Nathan (1937), Carlé (1955), Ulbrich (1956), Wurm (1956), Rutte (1957), Heimbach (1962), Hoffmann (1967 a, b), Siebenhüner (1968), Schwarzmeier (1983), Vossmerbäumer (1985), Büttner & Freudenberger (1994), Freudenberger (1996) und Geyer (2002).

4.2 Verbiegungen

Zu den großräumigen Verbiegungen zählen die Sattel- und Muldenstrukturen, die im Folgenden beschrieben werden. Kleinräumige Biegetektonik äußert sich in Aufsattelungen, Stauchungen, Fältelungen, Schleppungen und Flexuren. Diese Erscheinungen werden in Kapitel 4.3 mitbeschrieben. Unter Anwendung eines Deformationsmodells erklärt Vossmerbäumer (1985) Sattel- und Muldenstrukturen durch kompressive Deformation.

4.2.1 Arnsteiner Sattel

Das Blattgebiet wird diagonal von SW nach NE vom Arnsteiner Sattel, dem markantesten Strukturelement des Blattes, durchzogen. Der Arnsteiner Sattel ist ein Teilabschnitt des Thüngersheimer Sattels, der sich etwa 8 km breit und 50 km lang bei einer Scheitelhebung von etwa 80 m von Amorbach über Helmstadt und Thüngersheim bis jenseits von Arnstein im Werntal erstreckt (vergleiche Rutte 1957, Geyer 2002). Der Thüngersheimer Sattel scheint seine Fortsetzung im Rütschenhausener Sattel zu haben, der auf dem nordöstlich anschließenden Blatt Geldersheim von Hegenberger (1982) beschrieben wird.

4.2.2 Thüninger Mulde

Parallel zum Arnsteiner Sattel streicht die Thüninger Mulde ebenfalls SW–NE. Die Thüninger Mulde ist ein Teilabschnitt der Zellinger Mulde, die sich im SW etwa bis Birkenfeld auf Blatt Remlingen (Schwarzmeier 1978) verfolgen lässt. Die Muldenachse streicht etwa mit 55° und verläuft von Blatt Karlstadt kommend NE Retzbach über Thüngen bis sie N Heugrumbach das Blattgebiet verlässt. Die Flanken der Mulde sind asymmetrisch ausgebildet. Die NW-Flanke fällt mit circa $0,9^\circ$ bis $1,4^\circ$ nach SE ein. Die SE-Flanke steigt mit circa $2,5^\circ$ steiler an und geht dann rasch über in die NW-Abdachung des Arnsteiner Sattels, die etwa $5,1^\circ$ beträgt (Middendorf 1982). Die Muldenachse taucht mit etwa $0,4^\circ$ nach NE ein.

4.2.3 Stettener Hoch

Im NW wird das Einfallen der Schichten zur Thüninger Mulde durch das Stettener Hoch unterbrochen (Wirsing 1981). Die kleine Hochstruktur beginnt N Stetten und streicht NE.

4.3 Bruchtektonik

Neben Biegetektonik treten auf Blatt Arnstein auch Bruchtektonik, gravitative Tektonik und Klüftung auf.

4.3.1 Verwerfungen

Die auf Blatt Arnstein auftretenden Verwerfungen sind überwiegend als Abschiebungen, seltener als Aufschiebungen zu deuten. Die angegebenen Sprunghöhen verstehen sich als maximale Versetzungsbeträge, die der Streichlinienkarte entnommen sind. Die größeren Verwerfungen sind meist von einigen gleichlaufenden, kleineren begleitet und schließen mit ihnen schmale Horste oder Gräben ein, die in sich wieder wechselvoll zerstückelt sein können.

Die Hauptstörungsrichtungen sind NNE ($20\text{--}40^\circ$, rheinisch bis variskisch), ESE ($110\text{--}120^\circ$, flachhercynisch), untergeordnet SE ($120\text{--}130^\circ$, hercynisch) gerichtet.

Retzstadter Verwerfungen

Im Sattel-First um Retzstadt treten zahlreiche Verwerfungen auf. Die Streichrichtung der Abschiebungen beträgt meist 30 bis 50° (NE). NW Retzstadt schiebt eine etwa 15° (NNE) streichende Störung in der NW-Flanke des Retzstadter Sattels nach WNW synthetisch um maximal 10 m ab.

Eichenloch-Staffelbruch: An einem Weinbergsweg am Eichenloch wurden 5 kleine Abschiebungen beobachtet. Bei geringem Schichteinfallen nach ENE wurden auf einer Länge von 294 m (etwa zwischen E 32 563.740, N 5.529.097 und E 32 564.000, N 5.528.957) im Niveau der 1. Schaumkalkbank 5 NE-streichende, antithetische Abschiebungen eingemessen, die die jeweilige NW-Scholle (summiert um 11,10 m) abschieben. Diese Staffelbruch-Störungen könnten die große, scheinbar zu große mm-Mächtigkeit SE Retzstadt, zwischen Oberloch und Kirchberg, erklären. Die Störungen, numeriert von E nach W:

1. Die Störung fällt unter 56° nach 314° (NW) ein und schiebt um 0,80 m ab.
2. Die Störung (114 m westlich von Störung 1) fällt unter 39° nach 310° (NW) ein und schiebt um 3,30 m ab.
3. Die Störung (100 m westlich von Störung 2) schiebt um 2,50 m ab.
4. Die Störung (50 m westlich von Störung 3) schiebt um 2,50 m ab.
5. Die Störung (30 m westlich von Störung 4) schiebt um 2,00 m ab.

Aus Maßstabs- beziehungsweise Darstellungsgründen wurden diese kleinen Störungen nicht in die Geologischen Karte eingetragen. In der Schichtlagekarte sind sie vermerkt.

Oberloch-Kaltlochgrund-Graben-Horst-System (SE beziehungsweise NE Retzstadt): Die Bienberg-Eichenloch-Störungen lassen sich, an 120–130° streichenden Querstörungen abgesetzt, in nordöstlicher Richtung weiterverfolgen. Dort wird der Retzstadter Sattel durch mindestens 6 nachgewiesene, 40–50° streichenden Abschiebungen gestört. So entstand ein etwa 2 km langer, nur um die 100 bis 200 m breiter, 30° streichender Graben. Weitere noch kleinere Graben- und Horststrukturen wurden bei der Lesesteinkartierung erkannt und auch in der Streichkurvenkarte dargestellt.

Exakte Sprunghöhen konnten nicht ermittelt werden. Auch hier ist zu vermuten, dass es noch sehr viel mehr kleine Abschiebungen gibt, die bei der Kartierung nicht exakt identifiziert werden können. Guten Einblick, teils einmessbar, gaben die Verwerfungen ESE Retzstadt.

Verwerfungen ESE Retzstadt (im Steinbruch Firma Schraud):

Die Störungen 1 bis 5 – aus Maßstabsgründen nur teilweise in der Geologischen Karte dargestellt – wurden 1999 im Steinbruch am westlichen Henneberg beobachtet:

1. Störung an der NW-Steinbruchwand (circa E 32 564.639, N 5.528.597): Im Niveau der Spiriferinabank (mu3) wird die NNE-Scholle um 0,70 m abgeschoben. Die Störung streicht 115° ESE und fällt unter 70° nach 25° NNE ein.
2. Störung an der NW-Steinbruchwand (circa E 32 564.599, N 5.528.427): Im Niveau der Oolithbank Beta wird die NE-Scholle etwa 6 bis 8 m abgeschoben. Die Störung streicht 120° ESE und fällt unter 58° nach 30° NNE ein. Die Störung „spaltet“ nach unten auf. Die dazwischenliegenden Schichten sind verbogen und „geschleppt“ (Abb. 21). Die Störungsbahn ist mit Calcit verheilt. 30 m westlich der Störung wurden Horizontalharnische eingemessen: Streichen 122° SE, Einfallen 57° nach 212° SW (Abb. 22). An einer etwa 50 m südlich gelegenen, parallel verlaufenden Wand wurden ebenfalls Horizontalharnische eingemessen: Streichen 64° ENE, Fallen 86° nach 335° NNW. Die S-Scholle wurde vermutlich in westlicher Richtung bewegt.
3. Störung an der NW-Steinbruchwand (nahe Störung 2): Die Störung streicht 136° SE und fällt unter 44° nach 226° SW ein. Die SW-Scholle wurde 20 cm abgeschoben.
4. Störung an der E-Steinbruchwand (circa E 32 564.699, N 5.528.527): Im Niveau der mu/mm-Grenze streicht eine Störung circa 40° NE, die SE-Scholle wurde etwa 5 m aufgeschoben.
5. Störung an einer südlichen Steinbruchwand (ohne Koordinaten): Die Störung streicht 116° ESE und fällt unter 66° nach 26° NNE ein. Die NE-Scholle wurde 4 bis 6 m abgeschoben. Diese Störung ist vermutlich die Fortsetzung der Störung Nr. 2.



Abb. 21: Verwerfungen im Niveau der Oolithbank Beta (μ_1/μ_2) im Steinbruch der Firma Schraud ESE Retzstadt (A 1). Blick auf die nordwestliche Abbauwand (1999)

Verwerfungen ESE Retzstadt (im Steinbruch Firma Schraud):

Die folgenden Verwerfungen – aus Maßstabsgründen nur teilweise in der Geologischen Karte dargestellt – wurden 1999 im alten Steinbruch am westlichen Innenforst, der nahe der Achse des Arnsteiner Sattels liegt, beobachtet und sofern möglich eingemessen. Ergänzt wurden diese Beobachtungen durch diejenigen von Middendorf (1982: 46 ff.; Skizzen nach Fotos):

1. Störung an der E-Steinbruchwand (circa E 32 564.599, N 5.528.927): Die Störung streicht etwa 120° ESE und fällt etwa unter 65° nach 30° NE ein. Im Niveau der Unteren Terebratelbank wird die N-Scholle etwa 7 m abgeschoben. Middendorf (1982) beschreibt an der E-Wand 3 Verwerfungen, die mu staffelbruchartig abgeschoben und anschließend durch Pressung überprägt wurden, was eine wellenartige Verbiegung des „Wellenkalks“ erklärt. Desweiteren befinden sich an der E-Wand eine nach N und zwei nach S einfallende, hercynisch streichende Verwerfungen, wobei an einer eine widersinnige Schleppung zu beobachten war. Die N-Scholle wurde abgeschoben.
2. Störungen an einer westlichen, etwa im Zentrum gelegenen Steinbruchwand: Störung 1 spaltet nach W auf und setzt sich als Staffelbruch fort mit geringen Abschiebungsbeträgen (0,4 m; 3,4 m; 0,3 m). Insgesamt wird die N-Scholle im Niveau der Oolithbank Beta 4 m tiefer gelegt. Die Hauptstörung streicht 84° E und fällt unter 72° nach 354° N ein.
3. Störung an der W-Steinbruchwand: Im Niveau der Unteren Terebratelwand streicht eine Störung 58° NE, fällt unter 70° nach 338° NNW ein und schiebt die NW-Scholle 3,40 m ab. Weiter nördlich wurden ausgeprägte Horizontalharnische beobachtet, die 58° ENE streichen. Middendorf (1982) beschreibt an der Westwand zweiphasige Störungen: An einem etwa 5 bis 10 m breiten Grabenbruch ist durch Zerrung eine mm-Scholle in den mu abgesenkt. Anschließende Pressung hob die Scholle wieder an, was am Abtauchen der mm-Schichten zu den Störungen hin sichtbar war.
4. Störung am W-Teil der N-Wand (circa E 32 564.549, N 5.529.007): Die Störfläche streicht (Schätzwerte) etwa 120° ESE und fällt unter 70° nach 30° NNE ein. Die Störung verläuft etwa parallel zur N-Wand und spitzwinklig zu einer Schleppung. Der Versatzbetrag konnte nicht ermittelt werden. Im Störungsbereich wurde ein kopfgroßer Calcit-Brocken beobachtet. Middendorf (1982) beschreibt an der N-Wand des Steinbruchs im Niveau einer Schaumkalkbank sattelparallele Abschiebungen ohne Hinweise auf Pressung.

5. Die Fortsetzung der Störung Nr. 3 ist in der N-Wand sichtbar. Im Niveau der Schaumkalkbänke wird die NW-Scholle circa 4 m abgeschoben.



Abb. 22: Horizontalharnische im Unteren Muschelkalk im Steinbruch der Firma Schraud ESE Retzstadt (A 1). Die Bleistiftspitze zeigt die Bewegungsrichtung an (1999).

Verwerfungen E Retzstadt (ENE Innenforst; E 32 565.599, N 5.529.087)

Nach der geologischen Karte von Middendorf (1982) sowie der Auskunft eines dortigen Feldbesitzers gab es an dieser Stelle einen Steinbruch, in dem bis ins Ende der 70-iger Jahre Wellenkalk für Schotterzwecke gebrochen wurde. Dieses mu-Vorkommen inmitten des auskartierten Mittleren Muschelkalks müßte tektonisch, vermutlich mit Störungen erklärt werden. Der Steinbruch wurde später verfüllt und die aktuelle Geologische Karte weist demzufolge „künstliche Auffüllung“ aus.

Retzbach–Retzstadt-Verwerfungen an der NW-Flanke des Arnsteiner Sattels

Verwerfungen im Bayerntal WSW Retzstadt

(circa E 32 560.811, N 5.528.007):

Am Weganschnitt wurden 2 etwa 60 m auseinanderliegende Störungen beobachtet: Schichteinfallen nordwestlich der 1. Störung (9° nach 330° NW), Schichteinfallen zwischen den Störungen: 30° nach 320° NW, Schichteinfallen südöstlich der 2. Störung: 15° nach 320° NW. Die Störungen streichen etwa 70° NE, der jeweilige Versatz konnte nicht ermittelt werden. Aus Maßstabsgründen sind diese Störungen nicht in der Geologische Karte dargestellt.

In der äußersten SW-Ecke des Kartenblattes streichen 2 vermutete Abschiebungen etwa 100° und schieben die NE-Scholle ab. Der jeweilige Versatzbetrag war nicht zu ermitteln. Aufgrund geophysikalischer Untersuchungen postulierte bereits Middendorf (1982) etliche Störungen in diesem Bereich. Diese Störungen scheinen die Fortsetzung der vom westlich anschließenden Blatt Karlstadt kommenden Störungszone „Karlstadt–Retzbach“ zu sein. Für die dortige Verwerfung (Nr. 79) ermittelte Schwarzmeier (1978: 88) maximal 30 m Versatz. Diese Abschiebungen erklären die scheinbar sehr große mm-Mächtigkeit im Talhang.

Verwerfung SW Espenlohe WSW Retzstadt (E 32 560.481, N 5.528.467):

Middendorf (1982) beschreibt eine zweiphasig, hercynisch ausgerichtete Verwerfung, an der die 1. Schaumkalkbank und der überlagernde Wellenkalk der Tiefscholle zur Störungsfläche hin abtauchen. Aus Maßstabsgründen ist diese Störung nicht in der Geologische Karte dargestellt.

Verwerfung NW Retzstadt (E 32 562.950, N 5.530.066):

Am Weinbergsweg wird im Niveau der Schaumkalkbank die E-Scholle um 1,70 m abgeschoben. Die Störung streicht etwa 152° SSE und fällt unter 62–65° nach ENE ein. Aus Maßstabsgründen ist diese Störungen nicht in der Geologische Karte dargestellt.

Verwerfung SSW Halsheim

Anlässlich der Trinkwassererschließung der Stadt Arnstein wurden in der Nähe der Bohrung B 10 (E 32 564.193, N 5.534.085) Geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt, die eine mit 60° NE streichende Störung nachwiesen. Die SE-Scholle wurde demzufolge etwa 20 m abgeschoben (schriftl. Mitt. Prof. Dr. Ernstson, 2003).

Kreuzleite-Graben am Stettener Hoch

N Heßlar streicht ein sehr schmaler Graben etwa 120°. Er konnte über eine Länge von 1 km und einer Breite von nur maximal 120 m nachgewiesen werden. Die Schichten wurden 5 bis 10 m eingesenkt.

Dattensoll-Franzenburg-Verwerfungen in der Thüngener Mulde

Am nördlichen Blattrand zwischen Herrmannsklinge WNW Dattensoll) und Franzenburg (N Heugrumbach) wurden 4 kleinere Störungen auskartiert, die etwa 5–20 m abschieben. Die Verwerfungen durchschlagen die Thüngener Mulde etwa 100° ESE streichend.

4.3.2 Klüftung

In der Kleintektonik stellen die Klüfte das auffälligste und wichtigste Element dar. Der Zerklüftungsgrad ist in den einzelnen Gesteinen materialbedingt sehr unterschiedlich. Ausgeprägte Klüftung weisen der Muschelkalk, die Dolomit- und Sandsteine des Unteren Keupers auf.

An steilen Hängen treten infolge gravitativer Vorgänge Hangzerreißungs- oder Detraktionsklüfte auf. Über nicht kompetenten, geringmächtigen Tonsteinlagen üben feste Sand- oder Kalksteinbänke aufgrund ihrer Schwerkraft starke Zugkräfte zum Tal hin aus und reißen in zur Bankung nahezu senkrechten, talparallelen Klüften auf, die sich durch die folgende Schweregleitung weit öffnen. Klüftmessungen ergaben meist flachhercynisch bis hercynische sowie rheinische Streichrichtungen an folgenden Orten:

- ESE Retzstadt, im Steinbruch am westlichen Henneberg, wurden im Jahr 1999 an der mu/mm-Grenze steile Klüfte (überwiegend 60–85° einfallend) gemessen, die vorzugsweise 80–120°, nachgeordnet 10–30° beziehungsweise 130–150° streichen.
- E Binsfeld stellte Wirsing (1981) anhand zahlreicher Kluftmessungen an der 2. Schaumkalkbank (mu) sowie am Stylolithenkalkstein (mm) fest, dass die Richtungen der Maxima bei 10–30° NNE (rheinisch) und 110–120° ESE (flachhercynisch) liegen.
- Im SW-Quadranten des Blattes Arnstein, hauptsächlich im Bereich des Arnsteiner Sattels, ermittelte Middendorf (1982) im mu und mo ähnliche Werte, nämlich Streichrichtungen zwischen 1–10° NNE und 90–120° ESE.
- Bei Reuchelheim ermittelte Köhler (1986) in den Orbicularisschichten sowie an der 2. Schaumkalkbank ebenfalls Klufrichtungen, die bei 0–20° NNE und 70–110° ENE/ESE liegen.

4.4 Alter der Tektonik

Die Heraushebung der Mitteldeutschen Hauptschwelle während der kimmerischen tektonischen Bewegungen (Jura/Unterkreide) sowie die Reaktivierung der Spessart–Rhön-Schwelle, zuletzt im Pliozän, verursachten in Unterfranken das generelle SE-Einfallen des mesozoischen Deckgebirges. Dieses generelle Einfallen wird allerdings von regionalen, kleinräumigen Verbiegungen sehr stark überprägt. Die im Allgemeinen flachlagernde Schichtenfolge wird von hauptsächlich NNE (20–40°, rheinisch bis variskisch), ESE (110–120°, flachhercynisch), untergeordnet SE (120–130°, hercynisch) gerichteten Störungen durchschlagen.

Nach Ulbrich (1956) wurden die erzgebirgisch (variskisch) streichenden Verbiegungsstrukturen in der Umgebung von Würzburg erst nach dem sehr beständigen hercynischen Bruchsystem angelegt, wobei hercynische Störungen neubelebt worden sein können. Hoffmann (1967 b) hält für viel wahrscheinlicher, dass die NW-gerichtete Bruchtektonik der NE-gerichteten Biegetektonik gefolgt ist, weil Sättel und Mulden sich jenseits einer sie querenden NW-Struktur je nach Verwerfungssinn der Störung in einem höheren oder tieferen Niveau fortsetzen. Außerdem folgert er aus den Gegebenheiten am Wachtelberg (GK 25 Nr. 6126 Dettelbach), dass auf eine Zerrungsphase eine Einingungsphase (überpresste Abschiebung) folgte.

Für Hofmann (1955) erscheint es naheliegend, den rheinischen Schichtverbiegungen ein größeres Alter zuzuweisen als den hercynischen. Dies folgerte er aus den Beobachtungen ENE Gänheim, wo er eine Überprägung der rheinischen Strukturen durch jüngere hercynische rekonstruierte. SE Schraudenbach wies er nach, dass die rheinischen Verwerfungen dort jünger sind als die Klüfte.

Mehrphasige Zerrungs- und Pressungsbeanspruchungen, die zu Gräben und Horsten beziehungsweise zu Sätteln und Mulden führten, sind typisch für die Bruchtektonik in Mainfranken (vergleiche Büttner 1989, Büttner & Freudenberger 1994). Die Einengungsphasen führten an den bereits bestehenden Verwerfungsflächen zu teils starken Stauch- und Schleppfalten (Schwarzmeier 1983). Es ist zu vermuten, dass ein Teil der rheinisch bis erzgebirgisch streichenden Sattel- und Muldenstrukturen zeitgleich mit den hercynischen Störungszonen angelegt wurden (mündl. Mitt. T. Krause 2009).

Nach der Zusammenfassung aller geologischen und paläontologischen Beobachtungen fixieren Rutte & Wilczewski (1995) das Anlagealter der Mehrheit der tektonischen Erscheinungen in Mainfranken und in der Rhön auf das Ende Altplozän. Das heutige strukturgeologische Bild ist im Wesentlichen auf die tektonischen Vorgänge im Zeitraum vom Oberjura bis zum Tertiär (Miozän) zurückzuführen (Vossmerbäumer 1985, Ziegler 1987 a, 1987 b, 1990).

5 Hydrogeologische Verhältnisse, Karst

5.1 Hydrogeologie

Vorbemerkung

Die hydrogeologischen Verhältnisse werden aktuell im „UmweltAtlas Bayern“ in Kartenwerken und deren Erläuterungen zusammenfassend dargestellt (unter: www.umweltatlas.bayern.de).

Zur Hydrographie und Entwässerung wird auf Kapitel 1.1 (Naturräumlicher Überblick) verwiesen.

Grundwasserleiter, Quellen

Auf dem Blattgebiet sind folgende Typen von Grundwasserleitern anzutreffen:

- Kluft-Karst-Grundwasserleiter in den Karbonat- und Sulfatgesteinen des Muschelkalks
- Kluft-(Poren-)Grundwasserleiter in den Sandsteinen des Keupers
- Porengrundwasserleiter in Sanden und Kiesen des Quartärs (vor allem im Werntal)

Dagegen sind tonig-schluffige Schichtglieder der Trias und des Quartärs den Grundwasserhemmern zuzurechnen.

Den ergiebigsten Grundwasserleiter stellt auf dem Blattgebiet der an den Talflanken des Werntals austreichende, verkarstete Mittlere Muschelkalk dar. Er wird zwischen Halsheim und Stetten in der Thüngener Mulde, teils zusammen mit den oberen Partien des Unteren Muschelkalks, durch mehrere Bohrungen erschlossen, die der Trinkwasserversorgung von Karlstadt und Arnstein dienen. Diese Brunnen liegen auf der nördlichen Talseite der Wern beziehungsweise im „Mündungsbe- reich“ des Etwiesengrabens bei Halsheim.

Sie zeichnen sich durch relativ hohe maximale Förderraten (9–40 l/s) und hohe spezifische Ergiebigkeiten (circa 2,5–31 l/(s·m) aus. Teilweise wurde gespanntes Grundwasser angetroffen.

Im Umfeld von Arnstein und Reuchelheim finden sich im Werntal darüber hinaus mehrere perennierende Quellen, die ebenfalls aus dem Mittleren Muschelkalk (zum Teil möglicherweise auch aus den unteren Partien des Oberen Muschelkalks) gespeist werden. Ihre Schüttungen schwankten im Frühjahr 2020 zwischen 3 und 20 l/s (Kus 2020). Die Quellen treten entweder am Hangfuß (Randzufluss) oder in der Talaue aus und lassen sich als Verengungsquellen charakterisieren. Zwischen Reuchelheim und Stetten wurden keine weiteren Quellen festgestellt.

E Binsfeld tritt im Poppenhäuser Grund eine aus den oberen Partien des Unteren Muschelkalks gespeiste Verengungsquelle zu Tage, die bis vor wenigen Jahren zur Trinkwasserversorgung genutzt wurde. Ihre Schüttung betrug im Januar 2020 circa 1,2 l/s (Kus 2020).

Im Retzbachtal, im südlichwestlichen Teil des Kartenblatts, ist der Untere Muschelkalk als Hauptgrundwasserleiter anzusprechen. In der Talaue beziehungsweise am Talrand entspringen zahlreiche aus dem Unteren Muschelkalk gespeiste Verengungsquellen. Am markantesten sind hierbei die sogenannten Retzquellen in Retzstadt sowie die Quelllinie an der Störlingsmühle. Knapp 150 m westlich der Blattgrenze entspringt an der Wallfahrtskirche Maria im Grünen Tal das so genannte Marienbrunnlein. Die gefasste Quelle (Abb. 23) gehört zu einer Quelllinie, deren Wasser sich entlang einer längeren Strecke sammelt. Die Quelle wird von zahlreichen Pilgern besucht, die dem Wasser heilsame Wirkung nachsagen. Die Quellen entlang des Retzbachtals wiesen im Frühjahr 2020 Schüttungen zwischen 3 und 20 l/s auf. (Kus 2020). Der Untere Muschelkalk ist hier nur durch wenige Brauchwasserbrunnen erschlossen, die häufig nur mäßige spezifische Ergiebigkeiten ($<0,1$ l/(s·m) aufweisen.

Dort, wo der Mittlere Muschelkalk weit über dem Vorfluterniveau ansteht, z. B. im SE des Blattgebiets, konnte er im Laufe der Zeit intensiv verkarsten. Dies führte zur Laugung von Gips, Anhydrit und Karbonaten sowie zu einer

Entfestigung des Gesteinsverbands. Infolgedessen wurde auch die darüber liegenden Schichten des Oberen Muschelkalks entfestigt. Lokal entstanden so Trockentäler, wie der Ochsengrund und der Retzstädter Grund und abflusslose Senken, wie z. B. im Umfeld der „Blaupfütze“ im Gramschatzer Wald. Aufgrund der tiefer liegenden Vorflut weisen beispielsweise der Ochsengrund und der Retzstädter Grund sowie weiter im N das Affental keine perennierende Wasserführung auf. Der E Gramschatz entspringende Dürrbach versiegt meistens beim Eintritt in den Ochsengrund.

Vor allem in den Sandsteinhorizonten des Unteren Keupers (z. B. E Gramschatz oder E Dattensoll) sowie im Oberen Muschelkalk (z. B. bei Heiligenbrunn) sind lokal schwebende Grundwasservorkommen ausgebildet. Die aus diesen Horizonten gespeisten Schichtquellen weisen ein teils perodisches, teils perennierendes Schüttungsverhalten auf. Die Schüttungen liegen meist deutlich unter 1 l/s. Nur einige dieser Quellen (z. B. der Mehlbrunnen) wurden früher zur Trinkwasserversorgung genutzt.

Bei Gramschatz erschließt ein zur Trinkwasserversorgung genutzter Brunnen den Unteren Keuper 1 zusammen mit dem Oberen Muschelkalk 3. Mehrere Brauchwasserbrunnen und Grundwassermessstellen erfassen z. B. bei Gramschatz und Binsbach den Übergangsbereich Unterer Keuper/Oberer Muschelkalk beziehungsweise ausschließlich den Oberen Muschelkalk. Die spezifischen Ergiebigkeiten betragen hier zwischen 0,07 und 0,3 l/(s·m).

Unter schluffig-steinigen Auesedimenten wurden im Werntal lokal bis zu 2 m mächtige Sande und Kiese erbohrt; sie stellen räumlich begrenzte Porengrundwasserleiter dar.

Zur Staunässe neigen die quartären Lockersedimente bei Entkalkung (Lößlehm, Schwemmlöß) oder Verdichtung (Abschwemmmassen, Fließerden, Rutschmassen). Die Talfüllungen im Ausstrich des Mittleren Muschelkalks bestehen überwiegend aus tonig-mergeligem Abschlämmmaterial des jeweiligen Einzugsgebiets und fungieren als Wasserhemmer. Bei Thüngen kam es beispielsweise zu Anmoorbildungen.

Grundwasserbeschaffenheit

Muschelkalkwässer sind als „normal erdalkalische, überwiegend hydrogen-karbonatische bis hydrogenkarbonatisch-sulfatische Wässer“ einzustufen, die beachtliche Härtegrade aufweisen können.



Abb. 23: Marienbrunnlein an der Wallfahrtskirche Maria im Grünen im Retzbachtal, knapp 150 m westlich der Blattgrenze (2020)

Grundwassernutzung

Die Gemeinden Retzbach und Retzstadt liegen auf dem Arnsteiner Sattel, beziehen daher ihr Trinkwasser über den Zweckverband Fernwasserversorgung Mittelmain. Die Ortschaften im Werntal profitieren von der Thüngener Mulde und werden über nahegelegene Brunnen versorgt: z. B. Stetten, Thüngen, Heßlar, Binsfeld, Halsheim, Müdesheim und Reuchelheim. Auch Arnstein bezieht sein Wasser aus nordwestlich, in der Thüngener Mulde gelegenen Brunnen (Halsheimer Gruppe).

5.2 Karst

Entstehung

Zu den verkarstungsfähigen, leicht löslichen Gesteinen auf Blatt Arnstein zählen vor allem Anhydrit und Gips im Mittleren Muschelkalk. Durch unterirdische Auslaugung und Verfrachtung (Subrosion durch Grundwässer) entstehen Residualbildungen, deren Massendefizit zur Absenkung hangender Schichten oder gar zu deren Einsturz führen. Bei plötzlichem Einsturz solcher Hohlräume kann das Hangende kaminartig einbrechen. Infolgedessen entstehen an der Oberfläche Erdfälle, bei langsamer Absenkung Dolinen. Dabei kann der gesamte Obere Muschelkalk durchschlagen werden. Auch die enormen Mächtigkeitsschwankungen (70 m in B 1, 58 m in B 2 und circa 40 m bei vollständiger Ablaugung der Evaporite) des Mittleren Muschelkalks sind auf Subrosion zurückzuführen. Aber auch im Unterern und Oberen Muschelkalk können durch Kalklösung Klüfte oder Spalten zu (Karst-)Schloten erweitert sein, die meist mit eingeschwemmtem Sediment oder Bodenmaterial aufgefüllt sind.

Verbreitung

Erdfälle oder Dolinen infolge der Verkarstung des Muschelkalks wurden im Gramschatzer Wald NE Waldhaus Einsiedel (E 32 569.317, N 5.528.247) und im Laugraben NW Gramschatz (E 32 568.658, N 5.532.346) beobachtet (vergleiche Schuster & Nathan 1937: 87). Wahrscheinlich gibt es aber weit mehr, nicht mehr bekannte Dolinen, da sie besonders in der Ackerflur umgehend aufgefüllt wurden und als solche nicht mehr zu erkennen sind.

6 Rohstoffgeologie

Rohstoffgeologisch zeichnet sich das Blatt Arnstein vor allem durch größere Vorkommen von Kalksteinen des Oberen, Mittleren und Unteren Muschelkalks sowie (unter Tage) von Gipsen des Mittleren Muschelkalks aus. Es gibt des Weiteren kleine Vorkommen von Werksandstein sowie von Flugsanden und Löß-Lehmen. Im 19. Jahrhundert wurden auch mergelig-tonige Schichten des Mittleren Muschelkalks zu Ziegeln gebrannt.

Im derzeit gültigen Regionalplan der Region 2 (Würzburg) befinden sich im Bereich des Kartenblattes Arnstein (TK 25 6025) zwei Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Rohstoffgewinnung (CA = Kalkstein, GI = Gips) (Abb. 24). Es sind dies im Einzelnen:

- Vorranggebiet (VR) CA 5,u SE Retzstadt (Unterer Muschelkalk), im Rauminformationssystem Bayern (RISBY), erstellt am 24. April 2006
- Vorbehaltsgebiet (VB) GI 26 Arnstein (Gips), im RISBY erstellt am 19. April 2006. Dieses Vorbehaltsgebiet erstreckt sich in geringem Maße auch auf das östlich anschließende Kartenblatt Werneck (TK 25 6026).

Nur im Bereich des VR CA 5,u findet zurzeit ein Rohstoffabbau statt. Außerhalb der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete wird noch E Thüngen zeitweise Kalkstein in geringem Umfang von einer ortsansässigen Firma abgebaut. Vor und nach dem 2. Weltkrieg aufgelassene Steinbrüche und Gruben gibt es auf dem Kartenblatt in großer Anzahl (Tab. 4).

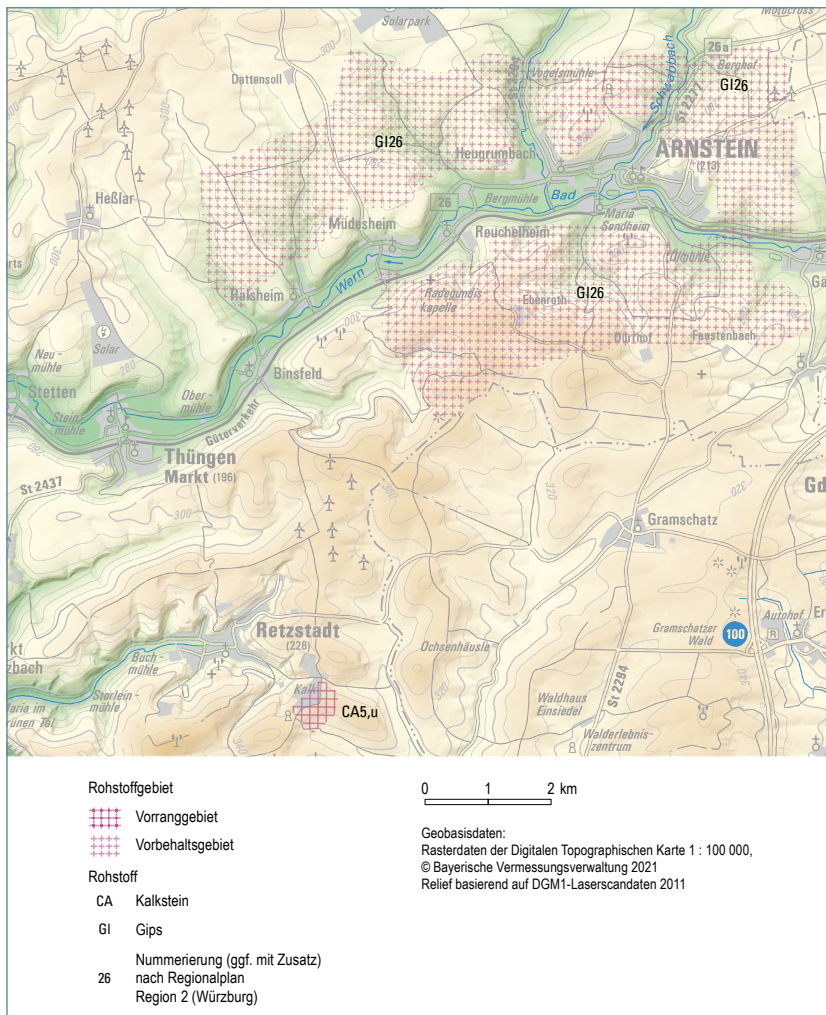


Abb. 24: Im NE befindet sich das derzeit gültige, relativ große Vorbehaltsgebiet GI 26 (Gips), am Südrand des Blattes bei Retzstadt das Vorranggebiet CA 5,u für Kalksteinabbau.

6.1 Festgesteine

Eine Übersicht der wichtigsten von den über 50 – meist schon lange aufgelassenen Steinbrüchen – des Blattes Arnstein gibt Tabelle 4. Die interessantesten Gewinnungsstellen werden anschließend ausführlicher beschrieben. Bis auf den Steinbruch Faustenbach sind alle Steinbrüche im Muschelkalk angelegt.

Tabelle 4: Übersicht der Steinbrüche des Blattes Arnstein

Steinbruch	BIS-ID	O-Wert* N-Wert*	Stratigraphie	Rohstoffverwendung	Abbauperioden	Zustand
Retzstadt SE (2 Brüche)	6025AG000001	564.679 5.528.695	mm + mu1–3	Zuschlagstoffe für Bauindustrie, Straßenbau, untergeordnet Naturwerksteine (Schillkalksteinbänke)	N-Bruch von 1972 bis 1996, seit 1990 S-Bruch in Abbau	S-Bruch in Abbau, N-Bruch verfüllt und Standort Produktionsanlagen
Retzstadt SW	6025AG015010	562.285 5.528.130	mu	Straßenbau, evtl. Kalk- und Zementindustrie (Calcit-Gehalt > 90 %)	ca. 1967 bis vor 1983	aufgelassen: Deponie (?) und Lagerplatz
Retzstadt NW	6025AG015009	562.679 5.529.526	mu	Straßenbau, evtl. Kalk- und Zementindustrie (Calcit-Gehalt 92–93 %)	ca. 1970 bis vor 1983	aufgelassen und verwachsen
Müdesheim S	6025AG015002	565.730 5.535.089	mu	Wegebau	Abbau mind. seit 1947, Abbauende vor 1967	verwachsen, teils „Schütte“
Retzbach E (Bayerntal)	6025AG015017	560.477 5.528.383	mu2+3	Wegebau	Abbauende vor 1967	aufgelassen, teils verwachsen
Retzbach E (Liebleismühle)	6025AG015016	560.262 5.528.456	mu2+3	Wegebau	Abbauende vor 1967	aufgelassen, teils verwachsen
Binsfeld SE	6025AG015008	564.804 5.532.672	mu3	Straßen- und Wegebau, auch Zementindustrie	Abbau seit ca. 1968 bis ca. 1982	teils verwachsen
Thüngen SE (Großleimental)	6025AG015026	564.177 5.531.371	mu3	Wegebau	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Retzstadt NNE	6025AG015027	563.819 5.531.004	mu3	Wegebau	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Binsfeld N	6025AG015031	563.647 5.534.035	mm3	Straßen- und Wegebau	Abbauende vor 1967	Lagerplatz

Steinbruch	BIS-ID	O-Wert* N-Wert*	Strati- graphie	Rohstoff- verwendung	Abbau- perioden	Zustand
Gramschatz W (Waidmannsruh)	6025AG015022	566.489 5.531.122	mm	Forstwegebau	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Arnstein E	6025AG015042	570.749 5.535.859	mm	Dammbau der Werntal-Bahn	Abbau um 1845, Abbauende nicht bekannt	verwachsen, teils Biotop (Naturraum Wern- Lauer-Platte)
Müdesheim (Taubermühle)	6025AG015043	566.249 5.535.577	mm	Wegeschüttmaterial, Dammbau	Abbau vor 1921, Abbauende nicht bekannt	verwachsen, Baumbewuchs
Thüngen ESE (Forstberg)	6025AG015007	562.818 5.532.312	mo	früher: Zement- industrie, jetzt: Trockenmauern	Abbau vor 1967, seit 2002 zeitweise Abbau	Schießanlage, teils verwachsen
Gramschatz NW (Kühruh)	6025AG015025	568.326 5.532.479	mo	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Gramschatz WSW (Wildscheuer)	6025AG015020	567.448 5.529.805	mo	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Gramschatz W	6025AG015023	567.303 5.531.278	mo	Forstwegebau	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Gramschatz WNW (Waid- mannsruh)	6025AG015024	566.713 5.531.937	mo	Forstwegebau	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Thüngen SE (Brandhöhe)	6025AG015036	562.884 5.531.278	mo	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Retzbach NE (Oberholz)	6025AG015015	560.231 5.530.077	mo	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1983	komplett verwachsen
Retzstadt E (Blaupfütze)	6025AG015019	566.756 5.528.429	mo	Forstwegebau	Abbauende vor 1941	komplett verwachsen
Arnstein NNE, (Bürgergraben)	6025AG015039	570.443 5.537.993	mo1	Mauersteine, Wegebau	Abbau vor 1913 bis Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Binsfeld NNW (2 kleine Brüche)	6025AG015030	563.364 5.534.170	mo1	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1967	E-Bruch bebaut, W-Bruch verwachsen
Heugrumbach (Vogels- mühle S)	6025AG015034	568.034 5.538.209	mo1+2	Bau von Trockenmau- ern und Stabilisierung von Böschungen	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen

Steinbruch	BIS-ID	O-Wert* N-Wert*	Strati- graphie	Rohstoff- verwendung	Abbau- perioden	Zustand
Stetten N	6025AG015029	560.067 5.533.869	mo1+2	Wegebau, Trocken- mauern, evtl. Zement- und Kalkindustrie	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Thüngen SW	6025AG015028	560.904 5.531.995	mo1+2	Wegebau, Trocken- mauern, evtl. Zement- und Kalkindustrie	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Halsheim W (kleiner + großer Bruch)	6025AG015003	563.696 5.534.439	mo1+2	Wegebau, Trockenmauern	Abbau mindestens seit 1947, Abbauende vor 1967	komplett verwachsen, S-Bruch teils verfüllt
Halsheim NE (Ochsenberg) („Kümeth’scher“ Steinbruch)	6025AG015047	564.662 5.534.970	mo1+2	Wegebau, Trockenmauern	Abbau vor 1900, nach- gewiesen 1922, Abbau- ende 1956, aufgelassen	verwachsen, Bebauung
Halsheim SE	6025AG015048	565.047 5.534.423	mo1+2	Wegebau, Trockenmauern	Abbau vor 1922, Abbauende unbekannt	verwachsen, nicht verfüllt, bewaldet
Reuchelheim W (2 kleine Brüche)	6025AG015032	566.339 5.536.042	mo1+2	Brannkalk	Abbauperio- de von 1935 bis 1955	komplett verwachsen, bewaldet
Arnstein S	6025AG015033	569.044 5.535.584	mo1+2	Wegebau, Trockenmauern	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Heugrumbach N (Vogelsmühle N) (2 kleine Brüche)	6025AG015035	567.900 5.538.618	mo3	Bau von Trockenmau- ern und Stabilisierung von Böschungen	Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Gramschatz SW (2 Brüche)	6025AG015004	569.203 5.530.598	mo3	Wegebau	Abbau mindestens von 1933 bis 1949, Abbauende vor 1967	N-Bruch verfüllt; S-Bruch teils verfüllt, komplett verwachsen
Gramschatz S (Kreuzstraße)	6025AG015021	569.605 5.529.200	mo3	Forstwegbau	Abbauende vor 1941	nicht verfüllt, komplett verwachsen
Gramschatz NW	6025AG015005	569.183 5.531.430	mo3	Wegebau	Abbau mind. seit 1947, Ende vor 1967	komplett verwachsen
Faustenbach S	6025AG015041	571.276 5.533.726	kuW / ku1+2	Naturwerkstein- Arbei-ten, Dolomit („Beifang“) aus ku1+2 für Wegebau	Abbau seit Beginn 19. Jh, bis ca. 1960/65	komplett verfüllt

* UTM-Koordinaten (Zone 32), Ost- und Nordwert

Die Informationen der Tabelle 4 stammen aus Unterlagen des GLA/LfU-Lagerstättenarchivs und von den LfU-Gewinnungsstellenkarten (Basis 1967 und 1986), der BIS-Datenbank, der Bayerischen Landesbibliothek Online und dem BayernAtlas sowie aus (telefonischen) Mitteilungen von Behörden, Firmen und Privatpersonen.

Kalkstein

Steinbruch Schraud SE Retzstadt

Die Firma Schraud betrieb früher einen großen Steinbruch E Gänheim (auf dem Nachbarblatt 6026 Werneck) im Oberen Muschelkalk. Einer Anzeige der Firma Schraud von 1970 kann man entnehmen, dass Sie damals neben Schotter, Maschinen-Schrotten (Schotter > 60 mm) und Rollier-Steinen auch Kalk-Sand und Mauersteine (für den Hausbau) anboten. Der Betrieb wurde dort 1972 eingestellt und nach Retzstadt verlagert, weil in Gänheim der Anteil an Tonmergelstein zu groß und der Schotter für staatliche Bauten nicht mehr zugelassen wurde (Albert 2015). In Retzstadt werden seit 1972 (zuerst nördlich der Wethstraße) durch die Firma Schraud teilweise Kalksteine des Mittleren Muschelkalks, aber vor allem des Unteren Muschelkalks abgebaut. 1989/1990 begann man auch mit der Kalkstein-Gewinnung südlich der Wethstraße. Der nördliche Teil wurde ab 1996 teilweise verfüllt und ist jetzt Standort der Aufbereitungsanlagen. Im Südbuch entwickelt sich der Abbau in Richtung SW, später ist ein Umschwenken nach S angedacht. Die nutzbare Mächtigkeit liegt im Steinbruch bei 70–80 m, der Abraum liegt im E bei 20–25 m, nach W nimmt er stark ab (bis 2 m Mächtigkeit). Das Grundwasser befindet sich bei circa 262 m über NN (Anlegen der Abbausohle bis 3 m über Grundwasser möglich). Das Abbauende ist für das Jahr 2053 geplant (Ablauf der BImSchG-Genehmigung). Der Abbau erfolgt durch Sprengung (1 bis 2 x pro Woche, 10 Monate im Jahr). Das Hauptaugenmerk der Aufbereitung von Kalkschotter, Splitten und Sanden gilt dem Straßen- und Pflasterbau, der Beton- und Asphaltindustrie und der Landwirtschaft. Schaumkalkbänke werden auch zu Schotter verarbeitet, aus Schillkalkbänken werden untergeordnet Naturwerkstein-Objekte hergestellt. In Retzstadt werden täglich bis zu 3000 t Kalkstein abgebaut. Der Lieferradius beträgt circa 50 km (bis Geiselwind, Iphofen, vor allem aber Richtung Volkach/Kitzingen).

Steinbruch E Thüngen

In diesem aufgelassen erscheinenden Steinbruch werden von Eduard Schwab seit langem nur noch gelegentlich in einer Ecke des ehemals großen Abbaus Kalksteine für Trockenmauern gewonnen. Der Obere Muschelkalk weist hier einen Calcit-Gehalt von „nur“ 87 % auf; der Dolomitgehalt beträgt über 3 %. Östlich dieses Steinbruches gibt es seit Ende 2012 auf der Flurnummer 4487 eine rechtskräftige Genehmigung für den Abbau von Kalkstein-Bruchsteinen. Das Flurstück ist bis dato (2020) allerdings noch unverritz.

Ehemaliger Steinbruch Reuchelheim am Brückenberg (heute Sesselberg)

Der nur für einen kurzen Zeitraum in Abbau gestandene Steinbruch Reuchelheim liegt in einem inzwischen verwachsenen Waldgebiet. In dem um 1934 angelegten Steinbruch wurde als einzigem der weiteren Umgebung Muschelkalk für die Herstellung von Branntkalk abgebaut. Der unterhalb des Bruches liegende Kalkofen wurde 1933/34 gebaut und 1935 erfolgte der erste Brand. Der Kalkofen und der Steinbruch wurden bis 1955 von dem Kalkbrenner Adam Traub betrieben (Spilling 1952, Schön 2014). Dieser Ofen wurde wie folgt bestückt: unten eine Schicht Holz und Reisig, darüber dann abwechselnd eine Schicht Kalksteine und eine Schicht Koks bis der Ofen voll war. Nach dem Anzünden fraß sich das Feuer von unten nach oben durch bei einer Temperatur von circa 900 C° und einer Dauer von circa 14 Tagen. Der gebrannte Kalk wurde sowohl von den Tünchern (Malern) und Mauern mit einem Pferde- oder Kuhgespann abgeholt und gelöscht: Die gebrannten Steine wurden in eine Wanne gegeben und Wasser dazugegeben; bei diesem Vorgang zerfielen die Steine und bildeten mit dem Wasser einen Brei. Dieses Gemisch wurde in eine Erdgrube abgelassen. Es bildete sich dann der sogenannte Sumpfkalk, der nach einer gewissen Zeit von den Handwerkern beim Häuserbau, beim Anstreichen usw. verwendet wurde. Die industrielle Fertigung von Kalk und Zement war schließlich das Ende für derartige Kleinbetriebe.

Ehemaliger Steinbruch am östlichen Ortsrand von Arnstein

Der wohl schon um 1845 im Mittleren Muschelkalk angelegte Steinbruch diente in erster Linie als Lieferant von Dammschüttmaterial für den Bau der Werntal-Bahn ab 1877, es handelt sich dabei um eine sogenannte Seitenentnahme (mündl. Mitt. Willibald Albert, Gänheim, 3. April 2020). Bei der örtlichen Bevölkerung wird der Bruch als Füllgrube bezeichnet, denn aus ihm wurde Material zum Auffüllen entnommen. Weiter östlich unterhalb des Gränz-Grabens (Gemarkungsgrenze Arnstein/Gänheim) wurde damals eine weitere Seitenentnahme angelegt (Abb. 25).



Abb. 25: Lage der beiden Seitenentnahmen (Brüche unterhalb des Sichersdorfer Berges und südlich des Gränz-Grabens jeweils im Mittleren Muschelkalk), Quelle: Urpositionsblatt Nr. 118 von 1846 © Bayerische Vermessungsverwaltung, verändert

Die Lage einiger in den Archivalien des LfU erwähnten Muschelkalk-Steinbrüche im Gemeindegebiet von Arnstein ist oft nicht genau ermittelbar, insbesondere dann, wenn diese Brüche nach dem Abbau verfüllt wurden und somit in der Schummerungskarte nicht als Vertiefung erkennbar sind. So z. B. der Steinbruch „Förtsch“ bei Arnstein (möglicherweise in den Hängen des Bischberges beziehungsweise Büschberges), in dem nach LfU-Unterlagen noch 1956 im Oberen Muschelkalk gelegentlich Schotter und Mauersteine für den örtlichen Bedarf gewonnen wurden.

Sandstein

Der einzig bekannte Sandsteinbruch auf Blatt Arnstein befand sich direkt südlich des Gutes Faustenbach im Werksandstein des Unteren Keuper (kuW). Auf Gut Faustenbach, das an der Gemarkungsgrenze von Binsbach und Arnstein liegt, wechselten sich seit dem 17. Jahrhundert viele Besitzer ab. Das jetzige Anwesen des Gutes Faustenbach baute Josef Steinheuer 1922 auf (ISSI 2018). Die Sandsteingewinnung begann Anfang des 19. Jahrhunderts (vergleiche Abb. 26). Der Steinbruch wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Peter Dorn aus Binsbach mit einer Belegschaft von 10 Mann betrieben, später übernahm bis zum 2. Weltkrieg Andreas Hümmer aus Gänheim den Abbau und die Verarbeitung (vergleiche Abb. 26).

Auf dem historischen Foto (Abb. 27) von circa 1910/15 kann man auf der rechten Seite die Sandstein-„Leisten“ erkennen, die für Tür- und Fenstereinrahmungen verwendet wurden. Besonders gut eignete sich der Faustenbacher Sandstein auch für Schleifsteine. Aus dem Werksandstein wurden außerdem Hoftor- und Pfortensteine, Futtertröge, Grabsteine, Reliefplatten und Treppenstufen hergestellt (Vereinsring Gänheim 1991, Albert 2015).

Der Steinbruch ist noch in den Topographischen Karten bis Ende der Sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts mit der Bezeichnung Sandstein beziehungsweise Steinbruch (grüner Sandstein) verzeichnet. Der bei Steinmetzen übliche Name für den Werksandstein ist „Grüner Mainsandstein“. Dort wurden neben dem Werksandstein auch die oberhalb und unterhalb anstehenden Dolomitsteine des ku1 und ku2 für Wegebau-Arbeiten gewonnen. Schon vor 1970 wurde der Steinbruch nahezu komplett verfüllt.

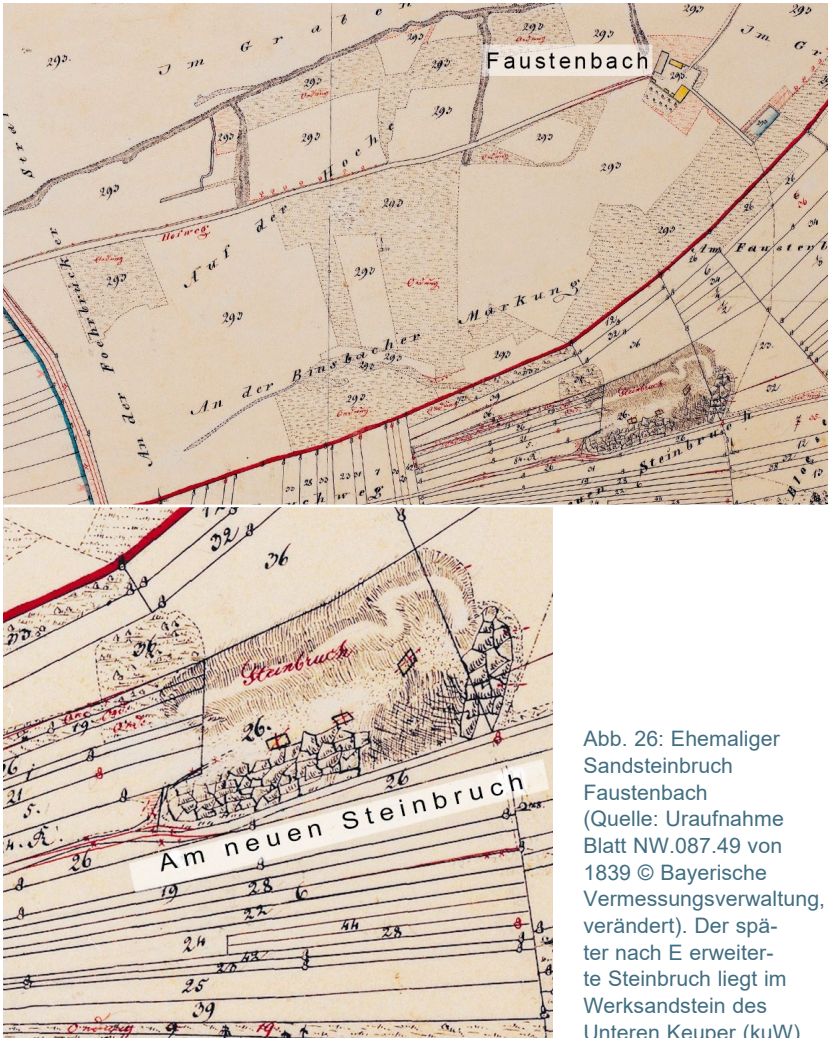


Abb. 26: Ehemaliger Sandsteinbruch Faustenbach (Quelle: Uraufnahme Blatt NW.087.49 von 1839 © Bayerische Vermessungsverwaltung, verändert). Der später nach E erweiterte Steinbruch liegt im Werksandstein des Unteren Keuper (kuW).



Abb. 27: Aufnahme von circa 1910/1915 aus dem Sandsteinbruch Faustenbach (Albert 2015)

In dem genau 260 m vom östlichen Blatttrand entfernt liegenden Sandsteinbruch Gänheim Süd (6026AG015037; E 32 571.921, N 5.534.398) steht auch Werksandstein an. Der um 1908 im Stängleinholz begonnene Bruch weist eine Mächtigkeit von 5–6 m auf. Nach mehreren Unterbrechungsphasen wurden dort 2005 und 2020 durch Martin Rudloff (Steinmetz in Gänheim) Sandsteine abgebaut für Brückenbrüstungen und Restaurierungsarbeiten von Tür- und Fensterumrahmungen bei älteren Häusern. Der dort anstehende Werksandstein ist beige-gelbbräunlich bis leicht grünlich. Am ehesten vergleichbar ist er mit dem Schleeriether Sandstein, der allerdings noch eine Spur grünlicher ist (Mitt. Martin Rudloff). Die bekannten, sich noch immer in Abbau befindlichen Schleeriether Werksandstein-Vorkommen liegen von Arnstein nur circa 9 km Luftlinie entfernt auf Blatt Nr. 5926 Geldersheim.

Untersuchungen der gesteinsphysikalischen Eigenschaften der Sandsteine von Faustenbach und Gänheim im LfU-Naturwerkstein-Labor ergaben nur leichte Unterschiede. Die beiden Wasseraufnahmewerte und die Porosität sind vom Faustenbacher Sandstein im Durchschnitt 10 % höher als diejenigen des Gänheimer Sandsteins, liegen aber immer noch in dem für Werksandstein üblichen Bereich. Die Hygrische Längendehnung mit 1,93 mm/m ist sehr hoch und liegt auch für tonhaltige Sandsteine an der Obergrenze.

Der Tabelle 5 angefügt sind als Vergleich noch Werte des Werksandsteins aus den Schleieriether Brüchen, die vor allem im Gesteinslabor des Geologischen Institutes der Ludwig-Maximilians-Universität München ermittelt worden sind (vergleiche Grimm et al. 2018).

Die Messwerte von Faustenbach wurden an 5 Proben ermittelt, diejenigen von Gänheim an 10 verschiedenen Probenkörpern.

Tabelle 5: Gesteinsphysikalische Messergebnisse von Werksandsteinen auf Blatt Arnstein und der näheren Umgebung

Messungen	Steinbruch Faustenbach	Steinbruch Gänheim	Steinbrüche Schleierieth
Reindichte (g/cm ³)	2,63	2,65	2,72
Rohdichte (g/cm ³)	2,13	2,19	2,29–2,30
Wasseraufnahme (Atm.) Gew.-%	7,71	6,83	5,00–6,00
Wasseraufnahme (Vak.) Gew.-%	8,76	7,89	6,85
Porosität (Vol.-%)	18,74	17,33	15,00–15,70
Sättigungskoeffizient (–)	0,88	0,87	0,74
Hygrische Dilatation [Max-Wert] (mm/m)	n. b.	1,93	n. b.

Ein schönes Beispiel für die Verwendung sowohl von Muschelkalk als auch Werksandstein bei Gebäuden ist in Halsheim im Steinweg 2 zu bewundern. Das dortige Bauernhaus ist aus Bruchsteinen des Oberen Muschelkalks gemauert, die Simse, Ecken, Tür- und Fenstergewände bestehen aus maß- und formgenauen Werksandsteinen (Abb. 28). Der unter der Sammelbezeichnung „Gänheimer Sandstein“ laufende Werksandstein ist auch bei den Wallfahrtsstationen der katholischen Wallfahrtskirche Maria im Grünen Tal in Retzbach verbaut worden (Mitt. Willibald Albert).

Neben den beiden Naturwerksteinsorten Werksandstein und Muschelkalk wurden nach dem 2. Weltkrieg als preiswertes Ersatzmaterial auch „Beton- und Zementziegel“ von Anton Spiegel aus Arnstein (Regierung von Unterfranken 1949) produziert, ab etwa 1955 wurden sogenannte Betonwerksteine durch die Firma Rudloff in Gänheim hergestellt (Vereinsring Gänheim 1991).

Diese Rudloff'schen Betonwerksteine sind aus verschiedenen Kalkstein-Körnungen (Muschelkalk und Wallenfels-Kalkstein) gearbeitete Terrazzo-Steine und -Platten, die heutzutage fast nur noch in Italien angefertigt werden.



Abb. 28: Bauernhaus in Halsheim, Steinweg 2. Das Mauerwerk besteht aus Bruchsteinen des Oberen Muschelkalks, die Ecken, Simse, Tür- und Fenstergewände sind aus Werksandstein (2020).

Gips

Für die Herstellung von Gipsprodukten wird momentan noch etwa die Hälfte des dafür benötigten Rohgipses aus Rauchgasentschwefelungsanlagen von Braunkohlekraftwerken (REA-Gips) verwendet. Da der Ausstieg aus der Braun- und Steinkohle in den nächsten Jahren bevorsteht (die letzten Braunkohlekraftwerke werden 2038 abgeschaltet), wird wieder vermehrt auf natürlichen Gips prospektiert und exploriert.

In dem Gips-Vorbehaltsgebiet (s. o.: VB GI 26), das sich zum großen Teil auf Blatt Arnstein befindet, hat die Gips-Industrie daher mehrere Bohrungen abgeteuft. Aufgrund der daraus resultierenden Bohrergebnisse wurde im Rahmen der Fortschreibung des Regionalplans ein Vorschlag ausgearbeitet, bei dem die gesamte Fläche des derzeit (2020) gültigen Gips-Vorbehaltsgebietes auf zwei Teilgebiete reduziert wird (auf eine Fläche E Arnstein und eine weitere Fläche NE Müdesheim). In den häufigeren Bereichen dieser beiden Teilgebiete sind durch die Bohrungen im Mittleren Muschelkalk (ab einer Teufe von circa 85 m) allerdings auch große Mengen von Anhydrit und Salz angetroffen worden, die den Gips lagenweise durchsetzen. Das bedeutet, dass diese beiden Lagerstätten nicht so hochwertig sind, wie die derzeit in Planung befindliche Lagerstätte in Altertheim. Die reinen Gipsvorräte der beiden Teilflächen belaufen sich in Arnstein auf circa 24,5 Mio. t beziehungsweise 18 Mio. t. Für den Abtransport des Gipses liegen hier allerdings relativ günstige Voraussetzungen vor: Durch den Einsatz einer langen Bandförderung bis zu einer Zugverladung hin könnte über die nur noch für den Güterverkehr zugelassene Bahnstrecke im Werntal die knapp 70 km entfernte Verarbeitung in Iphofen mit Gips beliefert werden. Die Investitionskosten wären in Bezug auf die Vorräte allerdings enorm hoch. Wie bei der Lagerstätte in Altertheim muss auch hier mit einem Nutzungskonflikt bezüglich des Trinkwasserschutzes gerechnet werden.

6.2 Lockergesteine

Lehm

In der Übersicht (Tab. 6) sind die wenigen Ton-/Lehmgruben des Blattes Arnstein aufgelistet. Während die Grube beim Dürrhof im Lößlehm angelegt wurde, wurden die im 19. Jahrhundert bekanntesten Ziegelhütten aus Gruben beliefert, die im Mittleren Muschelkalk anstanden.

Die im Mittleren Muschelkalk angelegte Lehmgrube am Südrand von Arnstein (zwischen Ölmühlweg und Würzburger Straße) produzierte seit Anfang des 19. Jahrhunderts, die westlich davon liegende Ziegelhütte wurde mit Material von dort beliefert. Neben der Ziegelhütte bei Arnstein gab es zu dieser Zeit auch Ziegelhütten in Halsheim und Binsfeld (Eisenmann 1819, Rottmayer 1830, Hohn 1833). Diese Ziegel produzierenden Betriebe hörten gegen Ende des 19. Jahrhunderts auf zu existieren. Das Material für diese Ziegelhütten waren ausnahmslos Tone, Tonsteine und Mergel aus dem mittleren Muschelkalk. Die Ton- und Mergelsteine sind vielfach feingeschichtet und bröckelig zerfallend. Sie sind meist sehr wasseraufnahme- und quellfähig, der Karbonatgehalt kann Werte von bis zu 10 % erreichen. Unter heutigen Gesichtspunkten würde man dieses Material nicht mehr als alleinigen keramischen Rohstoff für die Ziegelherstellung verwenden, gegebenenfalls nur als Zuschlagsstoff. Im Saarland gab es früher (Mitte des 20. Jahrhunderts) mehrere Gruben unter anderem bei Saargemünd, Blieskastel, Merzig und Saarlouis, die dieses Material noch für die Ziegelherstellung lieferten (Boerner et al. 2012).

Knapp 2 km nördlich des Blattrandes lag eine größere ehemalige Ziegelei (TK 25 5925), die am Nordende von Büchold (ein Ortsteil von Arnstein) beheimatet ist. Der letzte Inhaber, Herr Johann Kehl, produzierte neben Mauerziegeln (Hintermauersteine) auch Dachziegel bis circa 1948/49. Den Rohstoff für die Ziegelprodukte lieferte die unmittelbar danebenliegende Lößlehmgrube. Alten Karten nach zu schließen, gab es schon mindestens seit 1714 in der Ortsmitte von Büchold einen Lehmabbau und eine Ziegelhütte.

Tabelle 6: Übersicht der Lehm-/Tongruben des Blattes Arnstein

Ton-/Lehmgrube	BIS-ID	O-Wert* N-Wert*	Stratigraphie	Rohstoffverwendung	Abbauperioden	Zustand
Dürrhof SE	6025AG015006	570.159 5.533.492	Lo(I)	Dach- und Mauerziegel	Abbau nach 1921, belegt 1947, Abbauende vor 1967	komplett verwachsen
Arnstein S (Sichersdorf)	6025AG015044	569.806 5.536.227	mm	Mauerziegel	Abbau vor 1819 bis mindestens 1888	verfüllt, Baumbewuchs
Binsfeld, Poppenhäuser Weg	6025AG015045	563.804 5.533.337	mm	Mauerziegel	Abbau vor 1819 bis nach 1925	verfüllt, öffentliche Grünfläche
Halsheim	6025AG015046	564.685 5.534.276	mm	Mauerziegel	Abbau vor 1819 bis nach 1852	verfüllt, Wiese und Wald

* UTM-Koordinaten (Zone 32), Ost- und Nordwert

Flugsand

Flugsandgruben beim Blauen Turm am Westrand des Kartenblattes

Die vier wie an einer Kette aufgereihten Sandgruben liegen auf den Gemeindegebieten von Thüngen (im N) und von Zelllingen im S. Die Flurbezeichnung des Bereiches, in dem die Gruben liegen, heißt seit jeher in den Positionsblättern „Sand Graben“, in der 1839 erschienenen Flurkarte (Uraufnahme) hieß die Gegend „Am Sand“. Südlich dieser Gruben ist in einer Flurkarte von 1833 an dieser Stelle auch die Flurbezeichnung „Sandgruben“ vermerkt; d. h. schon im 19. Jahrhundert wurde bei Bedarf in diesem Bereich Sand entnommen (meist für Mörtelarbeiten).

Die hauptsächlich vorkommende Sand-Korngröße bewegt sich bei circa 0,2 mm, der Quarzgehalt liegt deutlich über 80 %. Der Flugsand wurde in den letzten Abbaujahren als Quarzsand-Zugabe (Korrekturmateriale) an das seit 1937 bestehende Zementwerk in Karlstadt geliefert. Vormalig in Abbau war eine Grube durch Firma Schwab, 2004 übernahm die Firma Bauermes die Gewinnung. Es waren wohl früher mindestens 4 Gruben in Abbau gewesen (Tab. 7).

Tabelle 7: Übersicht der Sandgruben des Blattes Arnstein

Sand-grube	BIS-ID	O-Wert* N-Wert*	Ge-meinde	Strati-graphie	Rohstoff-verwendung	Abbau-perioden	Zu-stand
Thüngen W (Sand-graben); 4 Gruben	6025AG015018 (alle Gruben unter einer gemeinsamen BIS-ID)	559.838 5.530.793	Thüngen	Pleistozän	Flugsand mit hohem Quarzgehalt (mind. 80–85 %), Lieferung an Zement-industrie	erste Abbauphase vor 1937 bis ca. 2000; zweite Abbauphase von 2004 bis 2010	aufge-lassen, teils Lager-platz
		559.818 5.530.604					
		559.859 5.530.316	Zellingen				
		559.911 5.530.156					

* UTM-Koordinaten (Zone 32), Ost- und Nordwert

7 Böden

7.1 Vorbemerkung

Die bodenkundliche Kartierung erfasst den Boden in der Regel bis zu einer Tiefe von 1 m. Der tiefere Untergrund, oft nur als verwittertes Gestein in einer quartären Überdeckung enthalten, ist im Bohrstock oft nur unsicher anzusprechen. Als das Blattgebiet der TK25 6025 Arnstein 1995 für die Übersichtsbodenkarte 1 : 25 000 (ÜBK25) bodenkundlich kartiert wurde, stand keine mittelmaßstäbige geologische Karte als Grundlage und zur Orientierung zur Verfügung. Erst 1999 wurde mit der „Geologischen Karte des Rieses 1 : 50 000“ eine mittelmaßstäbige geologische Karte vorgelegt. Daher konnte das Ausgangsmaterial zur Bodenbildung in der Bodenkarte nicht so detailliert angesprochen werden, wie es heute auf der Basis der neu vorliegenden GK25 möglich wäre.

Die Verbreitung der Böden im Kartenblatt Arnstein kann der Bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 25 000 (ÜBK25) entnommen werden. Sie ist im Umwelt-Atlas Bayern unter dem Thema „Boden“ im Internet veröffentlicht. Die ÜBK25 ist ein blattschnittfreies Kartenwerk mit einer durchgehenden Generallegende für ganz Bayern. Im Folgenden sind daher die bodenkundlichen Legendeneinheiten nicht durchgehend für das Blattgebiet der TK25 6025 Arnstein nummeriert, sondern folgen der Generallegende der ÜBK25 für Bayern.

Auf einer Karte mit dem Zielmaßstab 1 : 25 000 können nur Flächen dargestellt werden, die eine Mindestgröße von circa 75–100 m² nicht unterschreiten. Das in der Natur angetroffenen Bodenmosaik ist aber oft viel kleinräumiger. Daher müssen in den Legendeneinheiten der ÜBK25 oft mehrere Bodenformen zusammengefasst werden, wobei versucht wird, die Verbreitung der unterschiedlichen Bodenformen innerhalb einer Legende quantitativ zu beschreiben. Ist das Bodenmosaik besonders vielfältig, nutzt die ÜBK25 den Begriff „Bodenkomplex“, um den starken kleinräumigen Wechsel der in der Legende beschriebene Böden zu unterstreichen.

7.2 Regionaler bodenkundliche Überblick

Im Kartenblatt lassen sich im Wesentlichen 3 Bodenlandschaften unterscheiden. Dominant verbreitet sind carbonatreiche Böden der Ton- und Kalksteinlandschaft der Fränkischen Platten, die aus der Verwitterung von Muschelkalk mit geringmächtigen quartären Deckschichten oder geringfügigen Beimengungen von anderen Gesteinen entstanden sind. Sie nehmen nahezu den gesamten W und N des Kartenblattes ein.

Untergeordnet sind Böden, die sich den Lößgebieten der Fränkischen Platten zuordnen lassen und die sich überwiegend in einer quartären Deckschicht aus Lehm, Lößlehm oder Löß gebildet haben. Sie sind vorwiegend im SE des Kartenblattes verbreitet und treten stellenweise am Nordrand um die Gemeinde Dattensoll auf.

Die Dritte Bodenlandschaft ist die der Talböden und Tälchen, die als Netz das gesamte Kartenblatt durchziehen, wobei nur das Tal der Wern mit seinen nördlichen Zuflüssen Krebsbach und Schwabbach sowie dem Retzbach als Zufluss zum Main echte Grundwasserböden aufweisen.

7.2.1 Böden der Ton- und Kalksteinlandschaft in den Fränkischen Platten

In dieser Landschaft dominieren (Para-)Rendzina, selten Terra fusca-Rendzina aus Schuttlehm bis -ton bis Tonschutt (Kalkstein) über Kalkstein (Legendeneinheit 503b). Sie befinden sich insbesondere an den Hängen und Kuppen. Untergeordnet treten vorwiegend auf plateauartigen Verbreiterungen der Rücken und Kuppen in carbonatfreien Deckschichten Regosole und Pelosole, stellenweise pseudovergleyt, aus (grusführendem) Lehm bis Ton (Sedimentgestein), überwiegend mit Deckschicht aus Schluff bis Lehm, verbreitet mit Carbonat im Untergrund (Legendeneinheit 462b) auf. Diese Böden sind meist mit Parabraunerden oder Braunerde aus Lößlehm über Löß (Legendeneinheit 4c) oder über stellenweise Grobboden führendem, carbonathaltigen Schluff bis Ton bis Tonschutt mit Kalk- oder Mergelsteinen (Legendeneinheit 507b) vergesellschaftet.

In zentralen Hochlagen kommen zusätzlich selten Pseudogley oder (Para-) Braunerde-Pseudogleye aus (grusführendem) Lehm bis Schluff (Deckschicht) über (grusführendem) Lehm bis Ton (Sedimentgestein) gelegentlich im Untergrund carbonathaltig auf (Legendeneinheit 470b). Die ebenfalls nur geringverbreiteten Braunerden und Parabraunerde aus Lößlehm (Legendeneinheit 5a) leiten bereits zur Bodenlandschaft der Böden, die sich den Lößgebieten der Fränkischen Platten zuordnen lassen, über.

7.2.2 Böden der Lößgebiete in den Fränkischen Platten

In dieser Landschaft dominieren Parabraunerden oder Braunerde aus Lößlehm über stellenweise Grobboden führendem, carbonathaltigen Schluff bis Ton bis Tonschutt mit Kalk- oder Mergelsteinen (Legendeneinheit 507b) die nach E zu von Parabraunerden oder Braunerde aus Lößlehm über Löß (Legendeneinheit 4c) abgelöst werden. An SW-geneigten Hängen treten (Braunerde-)Terra fusca, selten Pelosol aus stellenweise Grobboden haltigen Ton oder Residualton über Carbonatschluff bis -tonschutt mit Kalk- oder Mergelsteinen, meist über Kalkstein (Legendeneinheit 502b) auf. Weiter östlich werden diese Böden durch Regosole und Pelosole, stellenweise pseudovergleyt, aus (grusführendem) Lehm bis Ton (Sedimentgestein), überwiegend mit Deckschicht aus Schluff bis Lehm, verbreitet mit Carbonat im Untergrund (Legendeneinheit 462b) und (Para-)Rendzina, selten Terra fusca-Rendzina aus Schuttlehm bis -ton bis Tonschutt (Kalkstein) über Kalkstein (Legendeneinheit 503b) abgelöst. An E- oder NE-geneigten Hängen finden sich Braunerden und Parabraunerde aus Lößlehm (Legendeneinheit 5a) oder aus Sande (Legendeneinheit 8a). Untergeordnet treten in dieser Landschaft Pseudogley oder (Para-)Braunerde-Pseudogleye aus (grusführendem) Lehm bis Schluff (Deckschicht) über (grusführendem) Lehm bis Ton (Sedimentgestein) gelegentlich im Untergrund carbonathaltig auf (Legendeneinheit 470b) oder Pseudogley und Braunerde-Pseudogley Lößlehm oder Lößlehm mit lehmiger Beimengung aus Keuper- oder Muschelkalkverwitterung (Legendeneinheit 16b) auf. E Gramschatz weist eine Fläche mit fast ausschließlich Pararendzina aus Löß auf die Bodenerosion in diesem Gebiet hin.

7.2.3 Böden der Talböden und Tälchen

Das dominierende Tal im Blattgebiet ist das Tal der Wern, in dem fast ausschließlich kalkhaltige Vega, selten kalkhaltige Gley-Vega aus (Grobboden führendem) Carbonatschluff bis -lehm, selten aus Carbonatsand als Auen-sedimente (Legendeneinheit 89a) vorkommen. In den Tälern von Retzbach, Krebsbach und Schwabbach treten fast ausschließlich Gley-Rendzina und Rendzina-Gley aus Schluff (Kalktuff oder Alm) (Legendeneinheit 62e) auf. In den vielen Trockentälern, die das Blattgebiet durchziehen, finden sich überwiegend kalkhaltiger, stellenweise pseudovergleyter Kolluvisol (Legendeneinheit 12c, untergeordnet carbonatfreier Kolluvisol (Legendeneinheit 12a) oder vergleyter Kolluvisol (Legendeneinheit 12b) aus (grusführendem) Schluff bis Lehm.

7.2.4 Böden mit anthropogener Überprägung

Insbesondere in den Siedlungen sind die Böden durch Abgrabungen und Aufschüttungen erheblich verändert, weshalb sich dort nur selten naturnahe Böden finden lassen. Entlang des Retzbachtales auf den S- und SW-exponierten Hängen finden sich Rigosole aus Schuttlehm bis -ton bis Tonschutt aus Kalk- und/oder Mergelsteinen des Muschelkalks (Legendeneinheit 906), die durch tiefes Umgraben geprägt sind. Mit Böden, die durch den Abbau von Massenrohstoffen, einschließlich ihrer rekultivierter Flächen (Legendeneinheit 933), oder Böden auf Schutt- und Mülldeponien (Legendeneinheit 935) entstanden, liegen weitere Bodengesellschaften vor, die vom Menschen geschaffen wurden und sich den bodenkundlichen Kartierungsmöglichkeiten bei der Erstellung der ÜBK25 entzogen.

8 Biostratigraphie (Muschelkalk)

8.1 Unterer Muschelkalk

Der Untere Muschelkalk, der im Steinbruch Schraud (Retzstadt) fast in seiner gesamten Mächtigkeit ausgezeichnet erschlossen ist, birgt im Mainfränkischen Gebiet häufiger auffallend große *Germanonautilus dolomiticus* (Abb. 29) aus dem Bereich der Terebratelbänke (s. a. Voßmerbäumer 1970).

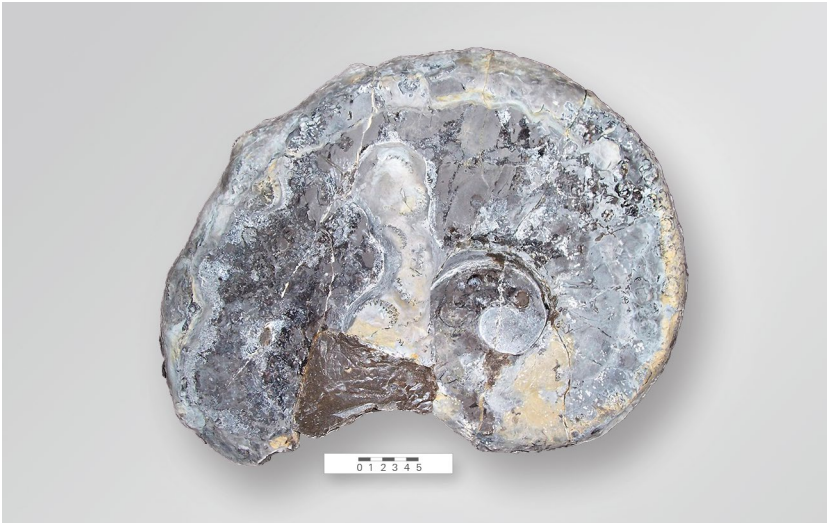


Abb. 29: *Germanonautilus dolomiticus*, über 40 cm im Durchmesser; Schotterwerk Otto Benkert, Roßbrunn, Unterer Muschelkalk, Terebratelbank-Subformation (SRE 0015) (2012)

Weitere charakteristische Fossilien aus diesem stratigraphischen Abschnitt sind doppelklappige *Plagiostoma lineatum*, häufig mit Jugendexemplaren im Nabel (Abb. 30 a) und öfter aufgewachsene *Discinisca discoides* (Abb. 30 b), sowie doppelklappige *Neoschizodus cardissoides* (Abb. 30 e)



Abb. 30 a) *Plagiostoma lineatum* (SRE 0411), Terebratelbankbereich, Steinbruch Firma Schraud, Retzstadt; b) *Disciniscia discoides* (SRE0459), Steinbruch Benkert Roßbrunn; d) *Neoschizodus orbicularis* (SRE 0072), Orbicularisschichten, Steinbruch Mädelhofen; e) *Neoschizodus cardissoides* (SRE0415), Terebratelbankbereich, Steinbruch Mädelhofen; c) *Hirsutella hirsuta* (SRE 0437) und f) *Coenothyris vulgaris* (SRE0436), beides Bereich der Terebratelbänke, Steinbruch Thüngersheim; (2012)

Gut nachweisbar ist die Fränkische Spiriferinabank, häufig mit *Hirsutella hirsuta*. Selten sind doppelklappige Exemplare (Abb. 30 c). Auch gut erhaltene *Coenothyris vulgaris* (Abb. 30 f) sind weit verbreitet.

Trochiten treten zurück und sind nur im Bereich der Spiriferinabank und der Schaumkalkbänke zeitweilig anzutreffen. Wie schon aus Karlstadt und Thüngersheim bekannt sind Stromatolithen auch auf Blatt Arnstein im Steinbruch Retzstadt auf der Schaumkalkbank 2 vorhanden (Aufschluss A 1, Kap. 5.1).

8.2 Oberer Muschelkalk

Im Zuge grundsätzlicher biostratigraphischer Untersuchungen des Oberen Muschelkalks im gesamten mitteleuropäischen Muschelkalkbecken konnten auch neue Aufschlüsse auf Blatt Arnstein berücksichtigt werden. Der Gasleitungsbau 2012 (Güntersleben–Binsfeld–Aschfeld) gab hierzu detaillierte Einblicke. Auf Beilage 2 (Profil 1 bis 3) werden die Aufschlüsse des Blattes Arnstein mit denen der Nachbarblätter eingeordnet. Sie zeigen die stratigraphische Einordnung auch kleinerer Aufschlüsse, wie die aufgelassenen Steinbrüche im Oberholz und bei Thüngen am Wendelsberg.

Bei der stratigraphischen Einordnung des ehemaligen Steinbruchs am Oberholz (A 20) half eine Schillkalksteinbank mit einer reichhaltigen Fauna, ausgebildet als Sohlbankpflaster, hier abgebildet mit selten zusammen erhaltenen Kiefertailen von *Germanonutilus* (Abb. 31).



Abb. 31: Sohlbankpflaster in der *robustus*-Zone, ehemaliger Steinbruch am Oberholz (A 20): a) und b) Unter und Oberkiefer von *Germanonautilus* sp., c) *Ceratites robustus*, d) *Laevidentalium laeve*, e) *Loxonema* sp., f) *Hoernesia socialis*, g) Knochenrest; alle weiteren kleinen Bivalven unbestimmbar (Sammlung Stefan Hertel, Würzburg)

Für das Blatt Arnstein sind alle biostratigraphischen Leithorizonte im Oberen Muschelkalk nachgewiesen, wie Tetractinellabank, Spiriferinabank (Abb. 32), Reticulatabank und Cycloidesbank. Die besten Leitfossilien des Oberen Muschelkalks, die Ceratiten, sind in der ausgeprägten Tonplattenfazies auf Blatt Arnstein zuverlässig und gut erhalten zu finden (Abb. 33 und 34).



Abb. 32: Gasleitungseinschnitt bei Güntersleben mit der Spiriferinabank; (2012)

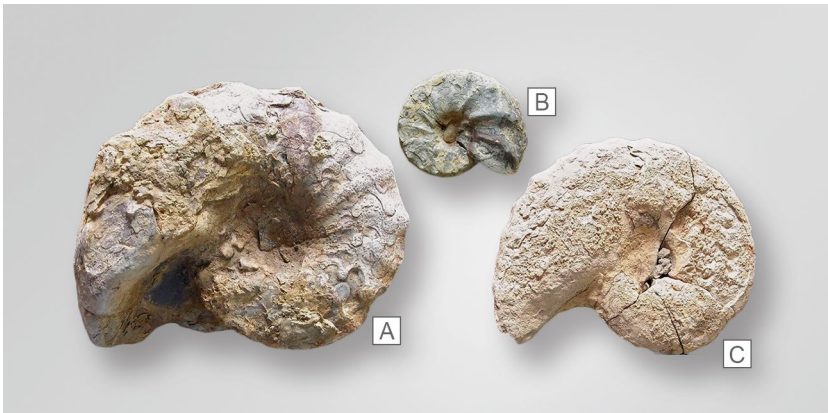


Abb. 33 a) *Ceratites levalloisi*, Plattenkalksteinfolge 6, unter Oberer Tonlage; Binsfeld (SRE 3975); b) *Ceratites sublaevigatus*, Tonsteinhorizont 4, Binsfeld (SRE 3960); c) *Ceratites dorsoplanus forma fastigata*, Kiesbank, Binsfeld (SRE 3967); alle Gasleitungsbau



Abb. 34: *Ceratites semipartitus*, mit Fundlage, Obere Terebratelbank, Hesslar (SRE 3979); Gasleitungsbau; (2012)

Im Aufschluss NNW Binsfeld (A 18) wurde erstmalig ein ausgeprägtes Placunopsisriff in der Hauptterebratelbank nördlich der Quaderkalkverbreitung dokumentiert (Abb. 35).



Abb. 35: Placunopsisriff (Hauptterebratelbank), Binsfeld Gasleitungsbau; (2012)

9 Geologische Aufschlüsse, Geotope

9.1 Geologische Aufschlüsse

Nachfolgend werden die wichtigsten Aufschlüsse (A 1 usw.) im Blattgebiet aufgeführt. In eckigen Klammern stehen entsprechend der Zuordnung des Objektes die Identifikationsnummern aus dem Bayerischen Bodeninformationssystem (BIS, www.umweltatlas.bayern.de). Dort sind – abhängig vom jeweiligen Datenschutzstatus – gegebenenfalls zusätzliche Informationen erhältlich.

A 1 [6025GP000001]: Steinbruch Firma Schraud (ESE Retzstadt)
Lage: E 32 564.599, N 5.528.527 (nicht lagegenaues Sammelprofil)
Geologisches Profil:

	Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)
5,00–6,00 m	Mergelstein, tonig, hellbraun, ocker; mit Blöcken aus Dolomitstein (mm2) (Versturzmasse)
2,00–3,00 m	Mergelstein, dolomitisch, mäßig hart bis weich, tonig, dünn- bis dickschichtig, hellbraun, beige, ocker
	Unterer Dolomit
2,00 m	Dolomitstein, mäßig hart, dünnbankig, hellbraun, ocker
	Unterer Muschelkalk 3 (mu3) (circa 44–45 m)
	Orbicularisschichten (mit konglomeratischer Grenzbank)
0,10–0,25 m	Kalkstein, konglomeratisch, hellbraun, sehr hart, intraformationelle Gerölle aus dunkelgrauem Mikrit; erosive, unregelmäßige Unterkante; häufig im Top feinlamiert, blumenkohlartige Bildungen, Überwachungen von Geröllen; scharfe Grenze zum hangenden mm1-Dolomit; lateraler Übergang in Schillkalkstein, dolomitisch, konglomeratisch, hellbraun, dunkelgrau gesprenkelt, 2–10 cm mächtig; lateral auskeilend oder Übergang in stark zerbohrten Hartgrund
2,10 m	Kalkstein, mergelig, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dünn- bis dickschichtig, mausgrau; massenhaft Steinkerne von <i>Neoschizodus orbicularis</i> auf Schichtflächen; zuoberst Tonmergel- stein, grau, dunkel; Schrägschichtung im dm- bis m-Bereich im Top, tafelige Schrägschichtung an der Basis der Orbicularisschichten

3. Schaumkalkbank

0,00–0,03 m Schillkalkstein, sparitisch, sehr hart

Wellenkalkfolge 9 (2,3 m)

0,20 m Kalkstein, mergelig, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dünn- bis dickschichtig, auffällige Sigmoidalklüftung

2,10 m Kalkstein, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dickschichtig bis dünnbankig, dunkelgrau; basal 0,20 m Mergelstein, beige

2. Schaumkalkbank (1,30–1,40 m)

0,00–0,50 m Schillkalkstein, sparitisch, sehr hart; laib- oder linsenartige, rundliche Körper von 1,6 m Länge und 0,3–0,5 m Höhe, von feinlaminieren Algenrasen (Stromatolithen) überzogener Sparitkern (Riffe auf Schaumkalkbank aufsitzend)

0,30–0,40 m Schillkalkstein, fein- bis grobsparitisch, sehr hart, grau, Horizontalstylolithen

0,01 m Mergelstein, tonig

0,60–0,70 m Kalkstein, feinsparitisch, teils oolithisch, beige-grau, hellbraun

0,40–0,50 m Schillkalkstein, fein- bis grobsparitisch, konglomeratisch, Mikritintraklasten, bräunlichgrau; basal Hartgrund

Wellenkalkfolge 8

5,00–5,30 m Kalkstein, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dickschichtig; 1,45–1,65 m über Basis tafelig schräggeschichtet

1. Schaumkalkbank (1,40 m)

0,01–0,02 m Hartgrund, verbohrt

0,20 m Schillkalkstein, konglomeratisch, sehr hart, grau

0,50 m Kalkstein, feinsparitisch, teils oolithisch, sehr hart, beige, bräunlich, Horizontalstylolithen

0,01–0,02 m Hartgrund

0,40 m Schillkalkstein, sparitisch, teils oolithisch, schaumig-porös, sehr hart, Gastropoden- und Terebratelschill

0,25 m Schillkalkstein, feinsparitisch, konglomeratisch, sehr hart

0,01–0,02 m Hartgrund

Wellenkalkfolge 7

circa 7–8 m Kalkstein, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, dunkelgrau

Spiriferinabank

0,30 m Kalkstein, basal konglomeratisch, mit Mikritintraklasten, sehr hart; zuoberst Schillkalkstein, sparitisch

Wellenkalkfolge 6 (16,20 m)

2,00 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, dickschichtig bis dünnbankig

7,20 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, knauerig

1,20 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, dünnplattig

3,50 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, sehr knauerig, entschichtet

0,30 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, wellig, Fältelung (Rutschhorizont)

2,00 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, wellig, flaserig

Obere Terebratelbank (0,60 m)

0,10 m Schillkalkstein, sehr hart; Terebrateln (*Coenothyris*)

0,20 m Kalkstein, knauerig; sehr viel Muscheln (Limen) und Terebrateln

0,30 m Schillkalkstein, sehr hart; Terebrateln

Wellenkalkfolge 5

0,65 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, wellig, flaserig

Untere Terebratelbank (1,30 m)

0,40 m Schillkalkstein, sparitisch, sehr hart; mit großen Terebrateln vor allem am Top

0,35 m Schillkalkstein, sparitisch, konglomeratisch

0,15 m Schillkalkstein, sparitisch

0,30 m Schillkalkstein, fein- bis grobsparitisch, basal konglomeratisch, sehr hart

0,05–0,10 m Hartgrund

Unterer Muschelkalk 2 (mu2) (circa 19 m)

Wellenkalkfolge 4

18,40 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, wellig, flaserig; Rutschhorizont: 0,3–0,6 m beziehungsweise 3,4–3,9 m über Basis

Oolithbank Beta 2

0,50–0,55 m Kalkstein, konglomeratisch, sparitisch, sehr hart
0,05 m Hartgrund

Unterer Muschelkalk 1 (mu1) (> 29 m)

Wellenkalkfolge 2–3

circa 15–17 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, wellig, flaserig

Oolithbank Alpha

0,10–0,20 m Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart,
intraformationelle Mikritgerölle, wellig

Wellenkalkfolge 1 (> 12,5 m)

4,50 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, flaserig, knauerig;
stark wellig 1,3–1,5 m über Basis; zuoberst (0,3 m)
auffällig schräggeschichtet

0,00–0,05 m Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart,
intraformationelle Mikritgerölle (Konglomeratbank)

3,15 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, knauerig, flaserig,
unten dünn- bis dickschichtig, oben knauerig, kaum geschichtet;
Rutschhorizont 0,5–1,2 m über Basis

0,00–0,10 m Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart,
intraformationelle Mikritgerölle (Konglomeratbank)

2,40 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, knauerig, flaserig,
teils dünn- bis dickschichtig

0,00–0,20 m Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart,
intraformationelle Mikritgerölle (Konglomeratbank)

2,20 m Kalkstein, im Wechsel mit Tonmergelstein, knauerig, flaserig,
teils dünn- bis dickschichtig

A 2 [6025GP000002]: Steinbruch N Kohlplatte (SSE Halsheim)

Lage: E 32 565.029, N 5.533.195 (nicht lagegenaues Sammelprofil)

Geologisches Profil (nach Wirsing 1981: 171):

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Orbicularisschichten

- | | |
|--------|--|
| 0,26 m | Kalkmergelstein, hellgrau, beige, unruhig wellige Schichtflächen, vereinzelt <i>Myophoria</i> |
| 0,15 m | Kalkstein, rostbraun, seitlich auskeilend, voll von Steinkernen von <i>Neoschizodus orbicularis</i> in grauer mikritischer Grundmasse |
| 0,14 m | Kalkstein, mikritisch, grau, fossilieer, stark gewellte Schichtflächen |
| 0,05 m | Kalkstein, sparitisch, blaugrau, fossilieer, seitlich auskeilend, zellig lückig, schwach oolithisch |
| 0,38 m | Kalkmergelstein, grau, fossilieer, gebankt, in der oberen Hälfte Sigmoidalklüftung |
| 0,03 m | Tonmergelstein, graugelb, fossilieer, feingeschichtet |
| 0,55 m | Mergelstein, graubraun, dünnblättrig, Schichtflächen schwach gewellt, auf vereinzelen Schichtflächen extreme Anhäufung von <i>Neoschizodus orbicularis</i> |

2. Schaumkalkbank

- | | |
|--------|--|
| 0,12 m | Kalkstein, sparitisch, grau, schwach wellig, fossilarm |
| 0,58 m | Kalkstein, sparitisch, rostrot, oolithisch, stark fossilführend, Styloolithen |
| 0,12 m | Kalkstein, mikritisch, schwach fossilführend |
| 0,12 m | Mergelstein mit Mergelkalkstein im Wechsel, graublau, fossilieer, dünnblättrig |
| 0,50 m | Kalkstein, sparitisch, rotviolett, oolithisch, schaumig-porös, fossilarm, Styloolithen |

A 3 [6025GP000003]: Steinbruch (E Binsfeld)

Lage: E 32 564.100, N 5.533.575 (nicht lagegenaues Sammelprofil)

Geologisches Profil (nach Wirsing 1981: 173):

Oberer Muschelkalk 1 (mo1)

Wulstkalkstein

1,65 m	Kalkstein, mikritisch, blaugrau, fossilführend, kompakte Bank
0,10 m	Kalkstein, mikritisch, dunkelgrau, gebankt
0,15 m	Kalkstein, mikritisch, hellgrau, flaserig
0,25 m	Kalkstein, mikritisch, blaugrau, flaserig, schwach fossilführend
0,40 m	Kalkstein, mikritisch, graublau, große Kalkknollen (bis 10 cm), Schalenbruchstücke selten

Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3)

0,83 m	Tonstein, olivfarben, kompakte Lage, bröckelig zerfallend
0,18 m	Mergelstein, gelbgrün, ungeschichtet
0,09 m	Tonstein, mergelig, olivgrün
0,18 m	Mergelstein, tonig, gelbgrün, porig, von rotbraunen Fe-haltigen Lagen durchzogen
0,11 m	Kalkstein, mikritisch mit Mergelsteinzwischenlagen, blaugrau, feinkörnig dicht, fossilleer, mit bis zu 4 cm langen Mergelsteinschmitzen
0,65 m	Mergelstein, tonig, in Wechsellagerung mit Mergelstein, kalkig
0,03 m	Tonstein, mergelig, gelbgrün, dünn geschichtet, flaserig, schwach glimmerhaltig
0,10 m	Tonmergelstein, olivgrün, ungeschichtet, mit rötlichen Fe-Flecken
0,03 m	Kalkstein, sparitisch, graubraun, feinschichtig
0,40 m	Mergelkalkstein, graugrün, ungeschichtet, homogen, mit schwach rotbraunen (? Fe-haltige) Einsprenglingen
0,50 m	Tonstein, mergelig, graugrün
0,02 m	Tonstein, olivgrün, ungeschichtet
0,07 m	Kalkstein, dolomitisch, gelbgrau, extrem feingeschichtet, mit Trockenrissen, überlagert von von System parallellaufender Risse (Synärese)
0,90 m	Mergelstein, graugelb, feingeschichtet, Trockenrisse 0,45 und 0,64 m über der Basis

0,18 m	Kalkmergelstein im Wechsel mit grau bis hellgrauem Schillkalkstein und mit beigen, schwach schillführenden Mergelkalksteinlagen; 0,13 m über der Basis: 0,05 m mächtige Hornsteinlage, dunkelgrau, fossilführend, Bankoberseite gewellt
0,08 m	Kalkmergelstein, graugelb, dünn geschichtet, flaserig
0,17 m	Mergelstein, fahlgrau, Basis dünn geschichtet, Top dickbankig kompakt
0,04 m	Kalkstein, mergelig, graugelb, Bankoberseite unruhig gewellt
0,14 m	Kalkstein, basal 2–3 cm feinkörniger grauer Mikrit, oben: graubrauner, schillführender ungeschichteter Kalkstein mit sporadisch auftretenden Hornsteinknollen
0,12 m	Mergelstein, olivgrün, fossilleer, dünn geschichtet, dünnblättrig zerfallend
0,10 m	Kalkstein, mikritisch, dunkelgrau, dünn geschichtet, mit Millimeter-dünnen linsenartigen Hornsteinschmitzen mit Längsachsen parallel zur Schichtung
0,20 m	Mergelstein, tonig, graugelb, feingeschichtet
0,20 m	Mergelstein, kalkig, graubraun, feingeschichtet
0,30 m	Mergelstein mit Tonzwischenlagen
0,60 m	Mergelstein, beige
0,30 m	Mergelstein, kalkig, gelbgrau, gebankt, von richtungslos verlaufenden rotgefärbten (? Fe-haltige) Calcitadern durchzogen, zum Teil Calcitdrusenbildung
0,12 m	Kalkstein, dolomitisch, gelbbraun bis gelb, grobkristallin, mit Mangandentrinen
0,65 m	Kalkstein, mergelig, graublau, feinkörnig, fossilleer, extrem feingeschichtet
0,50 m	Mergelkalkstein, gelbgrau, Fossilabdrücke, Calcitdrusen, rote (? Fe-haltige) Flecken
0,15 m	Kalkstein, mergelig
0,17 m	Kalkstein, dunkelgrau, scharfkantig brechend, kompakt, Fossilabdrücke
0,75 m	Kalkstein, dicht, fossilleer
1,27 m	Kalkstein, gebankt, rote (? Fe-haltige) Flecken, Stylolithen
0,46 m	Kalkstein, mergelig, gelbgrau, Stylolithen, Mergelsteinzwischenlagen
0,31 m	Kalkstein, dunkelgrau, dicht, gebankt, fossilleer

A 4 [6025GP000004]: ehemaliger Steinbruch S Espenloh

Lage: E 32 560.481, N 5.528.367 (W Retzstadt)

Geologisches Profil (nach Middendorf 1982: 116):

	Unterer Muschelkalk (mu3)
circa 11,00 m	Kalkstein, teils plattig, teils flaserig, teils knaurig (Wellenkalk); dünne Tonsteinzwischenlagen; Rutschungsgefüge
	Obere Terebratelbank
0,12 m	Schillkalksteinbank, graublau, verwittert rotbraun, mit <i>Terebratula vulgaris</i> , <i>Lima</i> sp., Stielgliedern von <i>Encrinurus liliiformis</i> , <i>Gervilleia</i> sp.
	Wellenkalkfolge 5
0,30 m	Kalkstein, flaserig-knaurig (Wellenkalk), dünne Tonsteinzwischenlagen
1,40 m	Kalkstein, plattig-flaserig (Wellenkalk)
	Untere Terebratelbank
0,60–0,70 m	Schillkalksteinbank, graublau; ockerfarben verwitternde Schalen von <i>Terebratula vulgaris</i>
1,50 m	Kalkstein, plattig-flaserig (Wellenkalk); ockerige Schalenfragmente

A 5 [6025GP000005]: ehemaliger Steinbruch SW Espenlohe

Lage: E 32 560.261, N 5.528.467 (W Retzstadt)

Geologisches Profil (nach Middendorf 1982: 117):

	Unterer Muschelkalk (mu3)
	Wellenkalksteinfolge 8
3,10 m	Kalkstein, flaserig-plattig (Wellenkalk); im unteren Bereich knaurig; fossilführende Linsen mit <i>Myophoria vulgaris</i> ; Rutschungsgefüge; Sigmoidalklüftung
	1. Schaumkalkbank (0,90 m)
0,04 m	Kalkstein, dicht, blaugrau, schillführend
0,86 m	Kalkstein, schaumig-porös, schillführend, rotbraun verwitternd, Stylolithen, Oberfläche leicht gewellt

Wellenkalksteinfole 7

circa 1,00 m	Schuttfuß
1,50 m	Kalkstein, teils flaserig, teils knauerig (Wellenkalk)
circa 6,50 m	Schuttfuß
1,05 m	Kalkstein, knauerig (Wellenkalk); dünne Tonsteinzwischenlagen

? Spriferinabank

0,07 m	Kalksteinbank, fossilreich, rostbraun verwitternd; in der unteren Hälfte eingeregelter Intraklasten
--------	--

Wellenkalksteinfole 6

2,40 m	Kalkstein, knauerig (Wellenkalk)
--------	----------------------------------

A 6 [6025GP000006]: ehemaliger Steinbruch SE Würzburg

Lage: E 32 562.190, N 5.528.177 (SW Retzstadt)

Schichtlagerung: 4° nach 230 (SW), gemessen 1999

Geologisches Profil (nach Middendorf 1982: 118):

[im Steinbruch:]

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Wellenkalksteinfole 9

0,02 m	Kalkstein, dicht, ockergelb, fossilführend
--------	--

2. Schaumkalkbank (0,96 m)

0,30 m	Schillkalk, schwach oolithisch
0,66 m	Kalkstein oolithisch, schillführend, circa 8–10 Stylolithenzüge
0,07 m	Kalkstein, dicht, plattig
0,08 m	Kalksteinbänkchen mit Intraklasten (bis 1 cm Länge)

Wellenkalksteinfole 8

1,55 m	Kalkstein, wellig, plattig (Wellenkalk)
--------	---

[in Straßennähe:]

Wellenkalksteinfole 8

circa 3,50 m	Kalkstein, dünnplattig bis flaserig, Rutschungsgefüge, Schrägschichtung
--------------	--

1. Schaumkalkbank (1,08 m)

Bemerkung: wenige Stylolithenzüge, stark zerklüftet, oolithische Partien rostbraun verwittert

0,02 m	Kalkstein, dicht, blaugrau, verwittert hellgrau
0,18 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend
0,40 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend, Intraklasten (Länge bis 5 cm)
0,03 m	Kalkstein, dicht, Verbohrungen
0,10 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend, Intraklasten
0,03 m	Kalkstein, dicht, Verbohrungen
0,17 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend, im unteren Bereich Intraklasten (Länge bis 1,5 cm)
0,04 m	Kalkstein, dicht, stellenweise ausdünnend
0,11 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend, massenhaft Intraklasten (Länge bis 3 cm)

Wellenkalksteinfolge 7

0,95 m	Wellenkalkstein, plattig bis flaserig
--------	---------------------------------------

A 7 [6025GP000008]: Schurf im Eberstal

Lage: E 32 562.200, N 5.529.447 (WNW Retzstadt)

Geologisches Profil (nach Middendorf 1982: 119):

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

2. Schaumkalkbank

1,28 m	Kalkstein, oolithisch, rostbraun verwitternd, Schill in Lagen angereichert, Stylolithen
--------	---

Wellenkalksteinfolge 8

4,70 m	Kalkstein plattig bis flaserig, Rutschungsgefüge
--------	--

1. Schaumkalkbank (0,80 m)

Bemerkung: Wechsellagerung von oolithischen und mikritischen Kalksteinen; oolithische Partien, rostbraun verwitternd

0,20 m	Kalkstein, oolithisch, Schillführung gering, Stylolithen
0,04 m	Kalkstein, dicht
0,25 m	Kalkstein, oolithisch, Schrägschichtungsgefüge, schillführend, Stylolithen

0,10 m	Kalkstein, oolithisch, Schillführung gering, Stylolithen
0,16 m	Kalkstein, dicht, Verbohrungen
0,05 m	Kalkstein, oolithisch

Wellenkalksteinfolge 7

0,00–0,10 m	Kalkstein, dicht, ockergelb, plattig bis flaserig
3,40 m	Kalkstein, überwiegend plattig bis flaserig, knauerige Einschaltungen; Schrägschichtungsgefüge, Rutschungsgefüge

A 8 [6025GP000009]: ehemaliger Steinbruch am Oberlangberg

Lage: E 32 562.600, N 5.529.487 (W Retzstadt)

Geologisches Profil (nach Middendorf 1982: 121):

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Wellenkalksteinfolge 9

0,40 m	Kalkstein
--------	-----------

1. Schaumkalkbank (0,81 m)

Bemerkung: Wechsellagerung von oolithischen und mikritischen Kalksteinen; oolithische Partien rostbraun verwitternd

0,03 m	Kalkstein, dicht
0,13 m	Kalkstein, oolithisch, schwach schillführend
0,02 m	Kalkstein, dicht mit wenigen Ooiden
0,33 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend
0,06 m	Kalkstein, dicht, ockerig ausgefüllte Verbohrungen
0,15 m	Kalkstein, oolithisch, schwach schillführend
0,04 m	Kalkstein, dicht
0,06 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend, Intraklasten
0,04 m	Kalkstein, oolithisch, schillführend

Wellenkalksteinfolge 8

0,03 m	Kalksteinbänkchen, dicht
0,10 m	Kalkstein, dicht, ockergelb, plattig
2,30 m	Wellenkalkstein, teils plattig bis flaserig, teils knauerig; geringmächtige schillführende Bänkchen eingeschaltet

A 9 [6025GP015017]: ehemaliger Steinbruch am südlichen Neuenberg
E 32 561.381, N 5.528.987 (W Retzstadt) (nicht lagegenaues Sammelprofil)
Schichtlagerung: 6° nach 288 (WNW), beziehungsweise 7° nach 316 (NW)
Geologisches Profil:

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

2. Schaumkalkbank

- | | |
|--------|--|
| 1,40 m | Kalkstein, im unteren Drittel sparitisch, schillhaltig, darüber feinsparitisch oder oolithisch; im Hangenden 2 dm mächtiger, rundlicher Schillkalkstein mit Algenwachstumsringen, lamelliert |
|--------|--|

Wellenkalkfolge 8

- | | |
|--------|---|
| 4,00 m | Wellenkalk, dickschichtig, teils knauerig |
|--------|---|

1. Schaumkalkbank

- | | |
|--------|--|
| 0,06 m | Schillkalkstein, sparitisch, basal mit Hartgrund |
| 0,60 m | Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart; basal verbohrt (Hartgrund), teils mikritisch, knauerig |

Wellenkalkfolge 7

- | | |
|--------|---|
| 0,90 m | Wellenkalk, dünnbankig, dickschichtig |
| 0,60 m | Wellenkalk, flaserig, knauerig, mit Schrägschichtung (Rutschhorizont) |
| 3,20 m | Wellenkalk, knauerig |

A 10 [6025GP015018]: ehemalige Baugrube
E 32 563.390, N 5.529.347 (Retzstadt)
Geologisches Profil:

Unterer Muschelkalk 1 (mu1)

Wellenkalkfolge 1

- | | |
|--------|---------------------------------------|
| 2,00 m | Wellenkalk |
| 0,15 m | Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart |
| 0,90 m | Wellenkalk |

Grenzgelbkalkstein

- | | |
|--------|-------------------------|
| 0,40 m | Dolomitstein, ockergelb |
|--------|-------------------------|

A 11 [6025GP015019]: ehemaliger Steinbruch westlich Poppenhauser Ranken
 E 32 565.239, N 5.533.035 (ESE Binsfeld) (nicht lagegenaues Sammelprofil)
 Geologisches Profil:

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Orbicularisschichten

0,20 m Mergelstein, dolomitisch, beige-grau

3. Schaumkalkbank

0,0–0,25 m Kalkstein, feinsparitisch, oolithisch, schaumig-porös

Wellenkalkfolge 9

0,20 m Kalkstein, mikritisch, dunkelgrau, dünnbankig

1,10 m Aufschlusslücke

2. Schaumkalkbank

0,75 m Kalkstein, teils oolithisch, teils feinsparitisch, grobschillhaltig,
 bräunlich grau, rostporig, Horizontalstylolithen

0,20 m Kalkstein, feinsparitisch, mikritische Intraklaste, grobschillhaltig

0,10–0,20 m Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)

Wellenkalkfolge 8

2,90 m Wellenkalk, dick- bis dünn-schichtig, Horizontalstriemung;
 zuoberst (0,2–0,3 m) schräggeschichtet, wellig,
 mit Rutschungsdeformationen

1,80 m Aufschlusslücke

1. Schaumkalkbank

0,45 m Kalkstein, oolithisch, teils feinsparitisch, bräunlich grau,
 grobschillhaltig, Horizontalstylolithen

0,40 m Kalkstein, feinsparitisch, teils oolithisch, schillhaltig,
 grau, rostbraun gepunktet

0,25 m Kalkstein, feinsparitisch, teils oolithisch

0,02 m Kalkstein, mikritisch

Wellenkalkfolge 7

0,80 m Wellenkalk, dickschichtig

A 12 [6025GP015020]: ehemaliger Steinbruch im Bärenal

E 32 564.749, N 5.532.675 (SE Binsfeld) (nicht lagegenaues Sammelprofil)

Geologisches Profil:

	Unterer Muschelkalk 3 (mu3)
	Wellenkalkfolge 9
2,00 m	Wellenkalk
	2. Schaumkalkbank
1,00 m	Kalkstein, sparitisch, schillhaltig
	Wellenkalkfolge 8
circa 4,50 m	Wellenkalk
	1. Schaumkalkbank
0,90 m	Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, mittig mit 0,10 m dickem verbohrten Hartgrund; basal wellenförmig eingetieft
	Wellenkalkfolge 7
2,00 m	Wellenkalk
0,30 m	Wellenkalk, Fältelung (Rutschhorizont)
1,60 m	Wellenkalk
0,65 m	Wellenkalk, Fältelung, schräggeschichtet, Rinnen, Linsen (Rutschhorizont)
0,10 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)
0,40 m	Wellenkalk, Fältelung (Rutschhorizont)
0,20 m	Wellenkalk
	? Spiriferinabank
0,10 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt
	Wellenkalkfolge 6
10,60 m	Wellenkalk; 0,3 m unter Top Fältelung (Rutschhorizont, 0,4 m mächtig)

A 13 [6025GP015021]: Weganschnitt W Eichenloch

E 32 563.740, N 5.529.077 (E Retzstadt)

Geologisches Profil:

	Unterer Muschelkalk 3 (mu3)
	Wellenkalkfolge 8
0,30 m	Wellenkalk, knauerig
	1. Schaumkalkbank
0,45 m	Kalkstein, oolithisch, schaumig-porös; Horizontalstylolithe
0,06 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)
0,10 m	Kalkstein, oolithisch, schaumig-porös
0,09 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)
0,11 m	Kalkstein, oolithisch, schaumig-porös, Intraklaste, schillhaltig
0,05 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)
0,08 m	Kalkstein, oolithisch, schaumig-porös, schillhaltig
0,06 m	Kalkstein, mikritisch, verbohrt (Hartgrund)
	Wellenkalkfolge 7
0,30 m	Wellenkalk, dickschichtig, dünnplattig

A 14 [6025GP015022]: Weganschnitt W Eichenloch

E 32 563.800, N 5.529.087 (E Retzstadt)

Geologisches Profil:

	Unterer Muschelkalk 3 (mu3)
	Wellenkalkfolge 9
0,20 m	Wellenkalk
	2. Schaumkalkbank
0,90 m	Kalkstein, oolithisch, lagenweise grobschillhaltig, kompakt, sehr hart
	Wellenkalkfolge 8
0,30 m	Wellenkalk

A 15 [6025GP015023]: ehemalige Baugrube
 E 32 567.868, N 5.536.554 (W Heugrumbach)
 Geologisches Profil:

	Quartär
0,30 m	Muschelkalk-Kies (Hangschutt)
4,00 m	Löß

A 16 [6025GP015024]: temporärer Graben der Erdgas-Loopline Los 1
 circa 2,5 km NNE Heßlar
 Lage: Start E 32 561.173, N 5.538.397, Ende E 32 561.169, N 5.538.507
 Geologisches Profil (G. Geyer 2012):

	Unterer Keuper 1 (ku1)
	Dolomitische Mergelschiefer
0,95 m	Tonmergelstein, schluffig, grünlichgrau, blättrig bis kleinstückig zerfallend
	Blaubank
0,08 m	Dolomitmergelstein, ockerfarben oder braun verwitternd, teilweise schokoladenbraun zersetzt, bröckelig
0,08 m	Mergelstein, schluffig, grünlichgrau, stark zersetzt
0,76 m	Dolomitmergelstein, ockerfarben oder braun verwitternd, teilweise schokoladenbraun zersetzt, teils bröckelig, oft laminiert
0,28 m	Kalkstein, mergelig, verschieden stark dolomitisch, als weißlich überlaufene Mikritlage erhalten, teilweise knollig ausgebildet
0,46 m	Dolomitmergelstein, schluffig, gelbbraun verwittert
	Obere Vitriolschiefer
0,98 m	Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau
0,10 m	Mergelstein, schluffig, zum Teil feinsandig, ockerfarben, meist gelblich bis grünlich zersetzt
0,19 m	Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau
0,10 m	Mergelstein, schluffig, zum Teil feinsandig, ockerfarben, meist gelblich bis grünlich zersetzt

0,50 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

Wagners Plattenhorizont

0,52 m Schluffstein, feinsandig, weißlichgrau verwitternd, laminiert,
im Hangendbereich überwiegend deutlich toniger entwickelt als
an der Basis und mittelgrau verwitternd

Untere Vitriolschiefer

0,50 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun und Mergelstein,
schluffig, grünlichgrau

0,07 m Dolomitmergelstein, gelblichbraun verwittert,
fast vollständig zersetzt

0,14 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

0,07 m Mergelstein, ockergelb, schluffig, stark zersetzt

0,07 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

0,06 m Mergelstein, ockergelb, schluffig, stark zersetzt

0,09 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

0,07 m Mergelstein, ockergelb, schluffig, stark zersetzt

0,24 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

0,08 m Mergelstein, ockergelb, schluffig, stark zersetzt

0,07 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

0,07 m Mergelstein, ockergelb, schluffig, stark zersetzt

1,80 m Schluffstein, mergelig, hell grünlichgelbbraun
und Mergelstein, schluffig, grünlichgrau

Oberer Muschelkalk 3 (mo3)

Grenzglaukonitkalkstein

circa 0,25 m Kalkstein, mergelig, schwach dolomitisch, schlierig gelbbraun
und dunkelbraun verwitternd

bis 0,22 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, aus einzelnen dünnen Lagen zu-
sammengesetzt, mit Fossilien (Terebrateln, *Costatoria goldfussi*)

- 0,50 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, stark verwittert
- 0,67 m Kalkstein, mikritisch bis mikrosparitisch, im frischen Kern dunkelgrau, außen weißlich

Ostracodenton

- 0,05 m Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,03 m Kalkmergelstein, grünlichgrau, diskretes Bänkchen
- 0,05 m Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,03 m Kalkmergelstein, grünlichgrau, diskretes Bänkchen
- 0,15 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,67 m Kalkstein, mikritisch bis mikrosparitisch, im frischen Kern dunkelgrau, außen weißlich
- 0,19 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,04 m Kalkstein, mergelig, dunkelgrau, mikritisch
- 0,12 m Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,03 m Kalkstein-Lage, mergelig, dunkelgrau, mikritisch
- 0,24 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
- 0,04 m Kalkstein-Lage, mergelig, dunkelgrau, mikritisch
- 0,18 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend

Obere Terebratelbank

0,32 m Kalkstein, mikritisch, teilweise stark diagenetisch verändert, frisch mittelgrau, außen weißlich verwitternd

? Gelber Kipper

circa 0,10 m Kalkmergelstein, schluffig, grau, laminiert, zu kleinen plattigen Bröckeln zerfallend

Horizont der Knauerigen Bank

0,18 m Wechselfolge aus dünnen Kalkstein-Bänken; Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig und Mergelstein, grünbraun, tonig-schluffig, weich

0,25 m Mergelstein, variabel kalkig, bis zu Millimeter-dicken mikritischen Kalkstein-Lagen, im Wechsel mit Tonmergelstein, schluffig, grünlichgrau, Oberflächen schwärzlich gefärbt

0,38 m Wechselfolge aus dünnen Kalkstein-Bänken; Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig und Mergelstein, grünbraun, tonig-schluffig, weich

0,20 m Wechselfolge aus Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend

0,11 m Mergelstein, variabel kalkig, bis zu Millimeter-dicken mikritischen Kalkstein-Lagen, im Wechsel mit Tonmergelstein, schluffig, grünlichgrau, Oberflächen schwärzlich gefärbt

0,14 m Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend

0,40 m Mergelstein, variabel kalkig, bis zu Millimeter-dicken mikritischen Kalkstein-Lagen, im Wechsel mit Tonmergelstein, schluffig, grünlichgrau, Oberflächen schwärzlich gefärbt

0,22 m Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig, oft lehmig zersetzt und Mergelstein, tonig-schluffig, grünlichgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend

0,72 m Wechselfolge aus dünnen plattigen Kalkstein-Bänken (meist 5–7 cm dick); Kalkmergelstein-Lagen, ockergelbbraun, schluffig, teils feinsandig; Mergelstein, grünbraun, tonig-schluffig, weich

Horizont der Kiesbank

0,18 m	Mergelstein, tonig-schluffig, teils feinsandig, grünlich gelbbraun
0,08 m	Kalkmergelstein, schluffig bis feinsandig, ockergelbbraun, blättrig zerfallend
0,37 m	Mergelstein, tonig-schluffig, teils feinsandig, grünlich gelbbraun
0,25 m	Kalkstein, mikritisch, in 2–3 diskreten Bänken, schwach linsenförmig entwickelt
> 0,50 m	Mergelstein, tonig-schluffig, teils feinsandig, grünlich gelbbraun

A 17 [6025GP015025]: temporärer Graben der Erdgas-Loopline Los 1 NE Heßlar

Lage: um E 32 561.604, N 5.537.264

Geologisches Profil (G. Geyer 2012):

Oberer Muschelkalk 3 (mo3)

Horizont der Knauerigen Bank

> 0,60 m	Kalkstein, mittelgrau, Außenflächen weißlich verwittert, diagenetisch verändert, teilweise deutlich knollig bis wulstig und mit kleinen Laibstein-artigen Körpern, einzelne dünne Bänke (bis 5 cm Dicke) mikrosparitisch, zudem mit bis zu 8 cm dicken Mergelstein-Lagen, frisch grünlichgrau, hellgelbbraun verwitternd und dann blättrig zerfallend
circa 0,09 m	Dolomitstein, mergelig, knollig ausgebildete Bank, überwiegend zu ockergelbem Mulm zersetzt („Gelbkalk“), lateral in Laibstein-förmige Kalkstein-Bank übergehend
0,04 m	Dolomitmergelstein, hellgelblich zersetzt, blättrig zerfallend
0,42 m	Kalkstein, mittelgrau, Außenflächen weißlich verwittert, teilweise deutlich knollig bis wulstig und mit kleinen Laibstein-artigen Körpern, einzelne Lagen mikrosparitisch, zudem mit Mergelstein-Lagen, frisch grünlichgrau, hellgelbbraun verwitternd
0,16 m	Mergelstein, gelblich grüngrau, überwiegend stark tonig, blättrig zerfallend
0,11 m	Kalkmergelstein, schluffig, gelblichgrau, mit Zwischenlagen von Mergelstein, tonig, gelblichgrüngrau, blättrig zerfallend
0,04 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, plattige, durchhaltende Lage

Horizont der Kiesbank

0,26 m	Mergelstein, gelbgrau, variabel tonig und dadurch verschiedenartig bröckelig bis blättrig zerfallend
0,00–0,06 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, Außenseiten gelblich verwitternd, ein Band bildend aus diagenetisch erzeugten linsenförmigen Körpern
0,41 m	Mergelstein bis Tonmergelstein, teils schwach dolomitisch, gelblich verwitternd, stark zersetzt
0,17–0,20 m	Kalkstein, mikritisch bis mikrosparitisch, im frischen Kern mittelgrau mit schlieriger bis laminierter Schichtung, außen weißlich verwittert, diagenetisch überprägt, in der Mitte der Schicht meist mit dünner Schill-Lage
circa 0,95 m	Mergelstein bis Tonmergelstein, teils schwach dolomitisch, gelblich verwitternd, stark zersetzt

Hauptterebratelbank

0,21 m	Kalkstein, sparitisch bis mikritisch, hellgrau, bioklastisch, mit Massen von meist einklappigen erhaltenen Gehäusen von <i>Coenothyris vulgaris</i> , innen mit Mikrit gefüllt
0,08 m	Tonmergelstein, grünlichgelbgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
0,05 m	Kalkstein, sparitisch, rekristallisiert, mit Gehäusen von <i>Coenothyris vulgaris</i>
0,10 m	Mergelstein, schluffig bis tonig, grünlichgelbgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
0,18 m	Kalkstein, sparitisch bis mikritisch, hellgrau, bioklastisch, mit Massen von meist einklappigen erhaltenen Gehäusen von <i>Coenothyris vulgaris</i>

Schusters Mergelleitschicht

0,07 m	Mergelstein, dolomitisch, ockergelb zersetzt
0,11 m	Mergelstein, schluffig bis tonig, grünlichgelbgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend
0,00–0,05 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, als Reihe diagenetischer linsenförmiger Körper
0,14 m	Mergelstein, schluffig bis tonig, grünlichgelbgrau, blättrig bis bröckelig zerfallend

Plattenkalksteinfole 6

0,12 m	Kalkstein, mikritisch, frisch hellgrau bis mittelgrau, Außenseite weißlich verwitternd, oft deutlich diagenetisch überprägt und als linsenförmige Körper ausgebildet
0,34 m	Kalkstein, mikrosparitisch bis sparitisch, blaugrau, mit sehr kleinen Schalenresten
0,53 m	Wechselfolge aus Kalkstein, mikritisch, in Lagen bis 9 cm Dicke, frisch mittelgrau, außen hellgrau überlaufen, teilweise diagenetisch überprägt; Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, als durchhaltende dünne Lagen und Mergelstein-Zwischenlagen, schluffig, gelblichgrau, bröckelig zerfallend
0,08 m	Kalkstein, sparitisch, als durchhaltende Schillkalksteinbank (Biosparit/Wackestone), blaugrau mit Schalenresten und kleinen Calcit-Kristallen
0,00–0,07 m	Kalkstein, mikritisch, grünlichgrau
circa 0,65 m	Kalkstein, mikritisch, frisch mittelgrau, diagenetisch überprägt, teils deutlich linsenförmige Körper bildend, mit Zwischenlagen von Mergelstein, schluffig, gelblichgrau bis grünlichgrau, meist stark zersetzt
0,37 m	Kalkstein, sparitisch, mittelgrau, als diskrete Bank, teilweise mit eher mikritischen Lagen, mit fragmentierten Fossilischen, kleine, mehr oder weniger vollständige Terebrateln

A 18 [6025GP015026]: temporärer Graben der Erdgas-Loopline Los 1 circa 1,5 km NNW Binsfeld

Lage: um E 32 562.895, N 5.533.885 (Hangenteil) und südwärts bis E 32 562.985, N 5.533.639

Geologisches Profil (G. Geyer 2012):

Oberer Muschelkalk 3 (mo3)

Ostracodenton

> 1,00 m	Mergelstein, schluffig, grünlich gelbgrau bis dunkelgrau, mit Kalkmergelstein-Zwischenlagen, schluffig, laminiert
0,29 m	Kalkstein, mergelig, dunkelgrau, in dünnen Lagen, mit Zwischenlagen von Mergelstein, schluffig, gelbgrau
1,12 m	Mergelstein, schluffig, grünlich gelbgrau, laminiert, mit Kalkmergelstein-Zwischenlagen, laminiert

? Obere Terebratelbank

0,55 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
1,12 m	Mergelstein, schluffig, grünlich gelbgrau, laminiert, mit wenigen Kalkstein-Zwischenlagen, mikritisch, bis 3 cm Dicke
0,06–0,08 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, als durchgehende Lage

? Gelber Kipper

0,03 m	Mergelstein, schluffig, grünlich gelbgrau
0,03 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
0,16 m	Tonstein, mergelig, grünlichgrau, blättrig zerfallend

Horizont der Knauerigen Bank

0,29 m	Wechselfolge aus Mergelstein, tonig bis schluffig, grünlich gelbgrau, mit Kalkmergelstein-Lagen, bis 4 cm Dicke, hell- grau bis grünlichgrau
0,07–0,11 m	Kalkmergelstein, hellgrau bis grünlichgrau
0,11 m	Mergelstein, tonig bis schluffig, hellgrau bis grünlichgrau
0,04 m	Kalkstein, blaugrau, partienweise mikrosparitisch rekristallisiert
0,40 m	Wechselfolge aus Mergelstein, schluffig, partienweise tonig, grünlich gelbgrau, laminiert, mit Kalkmergelstein-Lagen, schluffig und einzelne Lagen von Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
0,78 m	Wechselfolge aus Mergelstein, schluffig, partienweise tonig, grünlich gelbgrau, laminiert, mit Kalkstein, mikritisch, gelblichgrau bis hellgrau und Kalkstein, sparitisch, blaugrau, hart
0,11 m	Kalkstein-Bank, sparitisch, blaugrau, Dachbereich mikritisch, hellgrau
0,33 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, oft knollig ausgebildet, mit dünnen sparitischen Lagen, dunkelgrau
0,18 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
0,05 m	Kalkmergelstein, gelblichgrau, durchhaltende, plattige Lage

Horizont der Kiesbank

0,97 m	Mergelstein, grünlichgrau bis gelbockerfarben verwitternd, schluffig, mit Kalkmergelstein-Zwischenlagen, gelblichgrau, schluffig
0,18 m	Kalkstein, sparitisch, bläulichgrau, mit kleinem Fossildetritus und Rostflecken, Dach aus diagenetischem Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
0,77 m	Wechselfolge aus Mergelstein, schluffig, gelblichgrau, teilweise laminiert, mit Kalkmergelstein-Lagen, gelbockerig zersetzt

Hauptterebratelbank

- 0,46 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, in mehrere knauerige bis flaserige Lagen zerfallen, Fossilreste meist Klappen von *Coenothyris vulgaris*
- 0,18 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit Rostflecken, massig erscheinend, mit fragmentierten Schalen

Schusters Mergelleitschicht

- 0,33 m Wechselfolge aus Mergelstein, schluffig, gelblichgrau, teilweise laminiert, mit Kalkmergelstein-Lagen, gelbockerig zersetzt

Plattenkalksteinfole 6

- 0,22 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit Rostflecken, mit fragmentierten Schalen
- 0,09 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit einzelnen dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, mittelgrau
- 0,41 m Mergelstein, schluffig, gelblichgrau, teilweise laminiert, mit dünnen Kalkstein-Lagen, mikritisch, mittelgrau, knollig bis linsenförmig
- 0,12–0,14 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit viel feinem Fossildetritus, erkennbar Klappen von *Coenothyris vulgaris*, rostfleckig, Basis mit deutlichem Relief
- 0,58 m Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
- 0,06 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit Rostflecken

Plattenkalksteinfole 6, „Obere Tonlage“

- 0,38 m Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt und Tonstein, schwach mergelig, grünlichgrau, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
- 0,04–0,05 m Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, durchhaltende Lage
- 0,35 m Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt und Tonstein, schwach mergelig, grünlichgrau, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
- 0,05 m Kalkstein, sparitisch, blaugrau, mit Rostflecken

0,10 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,21 m	Kalkstein-Bank, unregelmäßig ausgebildet, meist rotfleckig, sparitisch, mittelgrau, an der Basis große gelbgraue Intraklasten, zum Hangenden schlierig, mikritisch, mittelgrau, mit kleinen Bohrgängen
0,25 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,87 m	Mergelstein, schluffig und tonig, meist zu schmierig gelbgrauem Lehm verwittert, mit einzelnen Kalkstein-Linsen, mittelgrau, mikritisch, mit einzelnen schluffigen Schlieren
0,18 m	Kalkstein-Bank, sparitisch, blaugrau, Dach eine diagenetische Kalkstein-Lage, mikritisch, mittelgrau; Basis unregelmäßig geformt
Plattenkalksteinfole 6, „Untere Tonlage“	
0,95 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt und Tonstein, schwach mergelig, grünlichgrau, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,06–0,08 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, außen weiß verwitternd, diagenetisch verändert, aber ziemlich durchhaltende Lage
0,17 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,33 m	Mergelstein, schluffig und tonig, meist zu schmierig gelbgrauem Lehm verwittert, mit einzelnen Kalkstein-Linsen, mittelgrau, mikritisch, mit einzelnen schluffigen Schlieren

Tonsteinhorizont 5

0,45 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,28 m	Mergelstein, schluffig und tonig, meist zu schmierig gelbgrauem Lehm verwittert, mit einzelnen Kalkstein-Linsen, mittelgrau, mikritisch, mit einzelnen schluffigen Schlieren
0,13 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,63 m	Mergelstein, schluffig und tonig, meist zu schmierig gelbgrauem Lehm verwittert, mit einzelnen Kalkstein-Linsen, mittelgrau, mikritisch, mit einzelnen schluffigen Schlieren
0,58 m	Tonmergelstein, schluffig, laminiert, gelbbraun bis gelbockerig zersetzt, mit dünnen Lagen von Kalkstein, mikritisch, hellgrau, aus diagenetischen Knollen und Linsen
0,14 m	Kalkstein, sparitisch, bläulichgrau, mit Rostflecken, lagenweise große Schalenreste von <i>Coenothyris vulgaris</i>

A 19 [6025GP015027]: temporärer Graben der Erdgas-Loopline

Los 1 circa 2,3 km S Binsfeld;

zusammengesetztes Profil aus tektonisch versetzten Profilstücken

Lage: Profilstück 1: Startpunkt E 32 564.391, N 5.531.245,

Endpunkt E 32 564.371, N 5.531.244;

Profilstück 2 unmittelbar nördlich angrenzend;

Profilstück 3 [6025GP015028]: Startpunkt E 32 564.284, N 5.531.416, Endpunkt E 32 564.320, N 5.531.387

Geologisches Profil (G. Geyer 2012):

Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)

- 1) > 1,20 m Residuallehme und Residualtone, grünlichgrau, vermengt zu einer relativ homogenen Masse, mit einzelnen eckigen Brocken von Dolomitstein
- 2) 0,00–0,07 m Kalkstein, dolomitisch, mikritisch, mittelgrau bis hellgrau, mit vielen, teilweise dicht gepackten und wirr angeordneten Einzelklappen von *Neoschizodus orbicularis*, deren Schalenmaterial gelöst ist [6025-GGG-EF-009]

- | | | |
|--|--------------|--|
| 3) | 0,85 m | Kalkstein, dolomitisch, dunkelgrau bis mittelgrau, plattig, in ebenflächigen Lagen von 1,5 bis 9 cm Dicke |
| 4) | 0,00–0,19 m | Kalkstein, dolomitisch, mikritisch, mittelgrau bis dunkelgrau, in linsenförmigen Körpern, auffällig von nun gelösten Schalenfragmenten durchsetzt |
| 5) | circa 0,75 m | Kalkstein, dolomitisch, mittelgrau, plattig, in ebenflächigen Lagen von 1 bis 6 cm Dicke |
| 6) | 0,35–0,48 m | Kalkstein, schwach dolomitisch, mittelgrau, partienweise in krümeliger Textur, mit sehr kleinen Schalenzerreißeln, diese meist gelöst, partienweise rostfleckig, auffällige homogen wirkende Bank bildend |
| 7) | 0,18–0,25 m | Dolomitstein, mergelig, grünlichgrau, plattig, ebenflächigen, laminiert |
|
Unterer Muschelkalk 3 (mu3) | | |
| 8) | 0,35–0,48 m | Kalkstein, schwach dolomitisch, hellgrau bis mittelgrau, in krümeliger Textur oder ohne erkennbares Gefüge, kaum Schichtung erkennbar, viele sehr kleine, gelöste Partikel, partienweise rostfleckig, sehr kleine Calcitkristalle diffus verteilt; auffällige, homogen wirkende Bank, am Hang als Härtling morphologisch wirksam |
| 9) | > 0,80 m | Kalkstein, dolomitisch, hellgrau bis mittelgrau, dünnplattig, laminiert, in Lagen von 1 bis 4 cm Dicke, Schichtflächen eben bis leicht wellig nach Art der Wellenkalk-Fazies |

Fortsetzung in Profilstück 3:

- | | | |
|-----|--------|--|
| 8a) | | Kalkstein, schwach dolomitisch, hellgrau bis mittelgrau, in krümeliger Textur oder ohne erkennbares Gefüge, kaum Schichtung erkennbar, viele sehr kleine, gelöste Partikel, partienweise rostfleckig, sehr kleine Calcitkristalle diffus verteilt; auffällige, homogen wirkende Bank, am Hang als Härtling morphologisch wirksam |
| 9a) | 2,80 m | Kalkstein, partienweise schwach dolomitisch, vorwiegend mittelgrau, dünnplattig, laminiert, in Lagen von 0,8 bis 8 cm Dicke, Schichtflächen eben bis leicht wellig nach Art der Wellenkalk-Fazies |

10a)	0,15–0,17 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, als kleine, aufspaltende Bank entwickelt
11a)	0,90 m	Kalkstein, vorwiegend mittelgrau, dünnplattig, laminiert, in Lagen von 1 bis 6 cm Dicke, Schichtflächen eben bis leicht wellig nach Art der Wellenkalk-Fazies
12a)	circa 0,40 m	Kalkstein, mikritisch, mittelgrau, als dünne Lagen mit stark welligen Dach- und Basisflächen, in knollige aufgelöste mergelige Kalksteine mit mergeligen Zwischenlagen übergehend
13a)	0,00–0,17 m	Kalkstein, dolomitisch, mikritisch, mittelgrau bis hellgrau, etwas mergelig, lateral in (12a) übergehend
14a)	1,35 m	Kalkstein, mikritisch, teilweise mergelig, mittelgrau, als dünne Lagen mit stark welligen Dach- und Basisflächen, Schichtung meist stark aufgelöst

2. Schaumkalkbank

15a)	0,45 m	Kalkstein, schwach dolomitisch, mittelgrau bis hellgrau, vorwiegend mit krümeliger Textur (clotted fabric), teilweise mikroolithische Lagen, lokal mit auffälliger Schalenakkumulation in einer circa 4–6 cm dicken Lage circa 10 cm unter der Dachfläche (meist Muschelschalen, bestimmbar <i>Neoschizodus orbicularis</i>), sehr kleine sekundäre Calcitkristalle, stellenweise rostfleckig, harte Bank bildend
16a)	0,10–0,12 m	Kalkstein, dolomitisch, hellgrau, vorwiegend mit krümeliger Textur, sehr kleine sekundäre Calcitkristalle
17a)	0,65 m	Kalkstein, schwach dolomitisch, mittelgrau, vorwiegend mit krümeliger Textur, teilweise mikroolithische Lagen, stellenweise rostfleckig und mit einzelnen Stylolithenzügen; harte Bank bildend im Verein mit (15a)

A 20 [6025AG015015]: ehemaliger Steinbruch am Oberholz, WNW Retzstadt
Lage: E 32 560.231, N 5.530.077

Geologisches Profil (nach schriftl. Mitt. R. Ernst 2020):

	Oberer Muschelkalk (mo)
0,20 m	Schillkalkstein, sparitisch
0,10 m	Mergelstein mit Kalkstein, mikritisch
0,40 m	Kalkstein, sparitisch, zweigeteilt

0,60 m	Kalkstein, Mergelstein, mit wenigen dünnen Siltsteinlagen; unten mit <i>Ceratites compressus</i>
0,12 m	Kalkstein, feinkristallin, ebenflächig
0,25 m	Kalkstein, feinkristallin mit viel Mergelstein; mittig 3 cm dick; im unteren Teil Mergelstein weißlich „knorzig linsig“; oben „knorzig kalkig“; <i>Hoernesia socialis</i>
0,17 m	Kalkstein, feinkristallin, schräggeschichtet
0,20 m	Kalkstein, feinkristallin, schräggeschichtet
0,50 m	Tonmergelstein
0,14 m	Kalkstein, feinkristallin, schräggeschichtet
0,20 m	Tonstein, mergelig, gelblich
0,92 m	Tonmergelstein, stark bioturbat; obere 12 cm teils mit Tonstein, sonst siltiger und gebankter und auch etwas kalkiger
0,30 m	Kalkstein, knollig auflösend, mit wenig Tonmergelstein; im Liegenden scharf abgegrenzt; ins Hangende übergehend in Tonmergelstein
0,11 m	Tonmergelstein mit 3 cm Kalksteinlage, mikritisch, linsig
0,19 m	Kalkstein, mikritisch, unregelmäßig, 3 bis 5 cm dick, mit 4 cm Tonmergelstein
0,30 m	Kalkstein, mikritisch; mit Liegendem verbunden
0,12 m	Schillkalkstein, sparitisch
0,15 m	Tonmergelstein, unten auffallend gelblich-weißlich absondernd
0,17 m	Kalkstein, mikritisch, dreigeteilt
0,10 m	Tonmergelstein im Wechsel mit Kalkstein mikritisch, 3 cm dick
2,43 m	Kalkstein, mikritisch, unregelmäßig begrenzt, meist 6 cm dick; bei 150 cm von unten 2 cm Tonmergelstein; oberste 8 cm Kalkstein, feinkristallin
0,34 m	Kalkstein, mikritisch, knollig ausgebildet (bioturbat), teils auch Mer- gelstein; oben mit 6 cm Kalkstein, feinkristallin, ebenflächig
0,15 m	Kalkstein, mikritisch, meist 2 Bänke
0,23–0,30 m	Kalkstein, mikritisch, wulstig und Tonstein, plattig bis 5 cm, relativ tonig
0,70 m	Kalkstein, feinkristallin, nur linsig ausgebildet, auskeilend
0,40 m	Mergelstein, weißlich, weich; teils Siltstein, dann plattig; teils Kalksteinrinnen bis 6 cm
0,20 m	Kalkstein, mikritisch
0,22 m	Tonstein, dolomitsch, auffallend gelb; oben 5 cm stückiger Mergelstein

0,33 m	Kalkstein, mikritisch, unterste 8 cm meist Tonmergelstein, blättrig
0,14 m	Kalkstein, feinkristallin, sehr hart
0,16 m	Kalkstein, mikritisch, Bänke bis 6 cm; nach oben knollig auflösend
0,70 m	Tonmergelstein mit 4 cm knolligem Kalkstein, mikritisch
0,60 m	Kalkstein, mikritisch, uneben
0,50 m	Kalkstein, feinkristallin, oberer Bereich wulstig auflösend
0,15 m	Tonmergelstein, unterste 5 cm sehr tonig, mit Kalkstein, selten knollig, wulstig
0,54 m	Kalkstein, feinkristallin, sparitisch, schräggeschichtet, unterste 9 cm abspaltend, darüber 4 cm Kalkstein unregelmäßig, bioturbat
0,41 m	Tonmergelstein, zuunterst 4 cm Kalkstein, feinkristallin; zwischen 0,27 und 0,32 m von unten Mergelstein, hell, markant schichtungslos, mürbe; oberste 6 cm Kalkstein, feinkristallin (2 Bänke)
0,31 m	Kalkstein, feinkristallin, 3-geteilt; unten 7 cm, mittig 11 cm, oben 9 cm
0,49 m	Kalkstein, mikritisch, etwas knolli-/wulstiger und toniger als das Liegende; oben 4 cm Tonmergelstein mit Kalksteinknollen, mikritisch; 30 cm über Basis Schillkalkstein mit <i>Ceratites robustus</i> , <i>Myophoria vulgaris</i> , <i>Antalis laevis</i>
0,50 m	Kalkstein, mikritisch und feinkristallin, unebenflächig; 5–8 cm dicke Bänke, mit Tonmergelstein 2 bis 4 cm dick; teils scherbzig; ins Hangende übergehend
0,51 m	Schillkalkstein, sparitisch, teils oberste 10 cm abspaltend, ebene Oberfläche
0,15 m	Schillkalkstein, sparitisch
0,60 m	Tonmergelstein, oben 2 cm Kalkstein, mikritisch
0,60 m	Kalkstein, feinkristallin
0,60 m	Kalkstein, feinkristallin
0,10 m	Kalkstein, feinkristallin
0,90 m	Kalkstein, feinkristallin
0,20 m	Tonmergelstein
0,10 m	Kalkstein, mikritisch, ebene Oberfläche
0,18 m	Tonmergelstein, oben 5 cm Kalkstein, feinkristallin
0,60 m	Kalkstein, feinkristallin
0,11 m	Kalkstein, feinkristallin, 2-lagig
0,60 m	Kalkstein, mikritisch
0,60 m	Kalkstein, feinkristallin
0,50 m	Tonmergelstein

A 21 [6025AG015007]: ehemaliger Steinbruch Schwab, Eduard und Sohn, E Thüngen

Lage: E 32 562.818, N 5.532.312

Geologisches Profil (nach schriftl. Mitt. R. Ernst 2020):

	Oberer Muschelkalk (mo)
2,00 m	Kalkstein, mikritisch, teils feinkristallin mit Tonmergelstein; ganz oben drei Kalksteine, feinkristallin bis sparitisch, ebenflächig; insgesamt toniger als das Liegende
0,97 m	Kalkstein, mikritisch bis feinkristallin; unterste 33 cm mit Schilllagen, dreifach gespaltet, mit Tonmergelsteinlagen; Kalksteine bis 6 cm dick, knauerig, bioturbat
0,23 m	Kalkstein, mikritisch, knollig, mergelig; bis 8 cm dicke Bänke
0,24 m	Kalkstein, feinkristallin und sparitisch, 2 Bänke, teils mit Schill, mit Tonmergelsteinfuge
0,62 m	Tonmergelstein mit Kalkstein, feinkristallin
0,13 m	Kalkstein, sparitisch
0,35 m	Kalkstein, feinkristallin bis sparitisch, dreigeteilt, Tonmergelsteinfuge
0,55 m	Kalkstein mit wenig Mergelsteinfugen, „knorzig“; Ceratites robustus
0,50 m	Schillkalkstein, sparitisch

A 22 [6025AG015040]: ehemaliger Steinbruch SW Gramschatz

Lage: E 32 569.397, N 5.530.616

Geologisches Profil kombiniert (nach Wagner 1913: 381):

	Oberer Muschelkalk (mo3)
	Grenzglaukonitkalkstein
	Kalkstein („Blaukalk“) verstrützt
	Ostracodenton
1,70 m	Mergelstein, schiefrig, graubraun
0,05 m	Kalkstein
0,60 m	Mergelstein, schiefrig, gelbgrau
0,05–0,10 m	Kalkstein, plattig, glatt, septarianartig zerspringend, grau
0,65 m	Tonstein, schiefrig, gelbgrau

„Terebratel-Schichten“

0,20 m	Kalkstein, 4–6 dünne Bänkchen, „Blau- und Splitterkalk“, oben schwaches Bonebed
0,60 m	Mergelstein, schiefrig, mit Kalksteinknollen und schwachwelligen „Blaukalken“
0,75 m	Mergelstein, schiefrig, gelb, oben wenig, unten mehr kalkig
0,25 m	Kalkstein, splittrig, oben Aufwühlung
0,25 m	Mergelstein, senkrecht klüftender „Blaukalk“
0,20 m	Kalkstein, splittrig, Brachipodenreste, Muscheln
0,25 m	Kalkstein („Blaukalk“) und Mergelstein
0,30 m	Kalkstein, „Kornstein mit Blaukalkschmitzen“; Terebrateln, Muscheln, ? Glaukonit
0,05–0,10 m	Kalkstein („Blaukalk“)
0,75 m	Mergelstein, schiefrig, gelb, wenig Kalksteinknollen und -lagen

? Obere Terebratelbank

0,35–0,40 m	Kalksteinbank, oben mehr blau und knauerig, unten fester; Terebrateln, <i>Lima</i>
1,00 m	Mergelstein, gelb (= Kiesbank)

Hauptterebratelbank

0,40 m	Kalkstein, ungewöhnlich reich an Terebrateln, „Kornstein“, rötlich
--------	--

„Oberer Gervillienkalk“

0,25 m	Mergelstein, gelb
0,25 m	Kalkstein, splittrig; <i>Gervillia</i>
0,60 m	Kalkstein, wulstig und Mergelstein
0,15–0,20 m	Kalkstein, splittrig, rötlich
0,70 m	Kalkstein, wulstig und Mergelstein
0,30 m	Kalkstein („Blaukalk“) teils splittrig

A 23 [6025AG015039]: ehemaliger Steinbruch, N Arnstein

Lage: E 32 570.443, N 5.537.993

Geologisches Profil (nach Büttner & Stürmer 2006: 406 f.):

Oberer Muschelkalk 1 (mo1)

Plattenkalksteinfole 3 mit ? Grobspätiger Bank

1,40 m	Kalkstein, mikritisch, bankig, im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 5 : 1
0,08–0,10 m	Kalkstein, mikritisch mit Grabgängen
0,80 m	Kalkstein, mikritisch, bankig (0,06–0,07 m), im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 3 : 1
0,18 m	Kalkstein, sparitisch/mikritisch, bankig, mit intraformationellen Geröllen, ? Grobspätige Bank
1,00 m	Kalkstein mikritisch, untergeordnet sparitisch, im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 4 : 1
0,10 m	Kalkstein, sparitisch, unten mikritisch
0,85 m	Kalkstein mikritisch, wulstig, im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 3 : 1

Dicke Bank mit Franconicus-Platte

0,45 m	Kalkstein, sparitisch, oben Grabspuren
--------	--

Plattenkalksteinfole 2 mit Schillkalkbänken

1,10 m	Kalkstein, sparitisch, untergeordnet mikritisch, im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 1 : 3
0,18 m	Kalkstein, sparitisch, aufspaltend mit Tonstein-Zwischenlage
0,06 m	Tonstein
0,05 m	Kalkstein, mikritisch
0,42 m	Kalkstein, sparitisch, knauring, linsig, im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 10 : 1
0,26 m	Kalkstein, mikritisch, flasrig, knauring
0,28 m	Kalkstein, sparitisch, bankig (0,07–0,12 m), im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 2 : 1
0,23 m	Kalkstein, mikritisch, bankig (0,03–0,08 m), im Wechsel mit Tonstein, Verhältnis K : T = 1 : 1
0,06 m	Kalkstein, sparitisch
0,03 m	Tonstein
0,10 m	Kalkstein, sparitisch, sehr feinkörnig

0,37 m	Kalkstein, mikritisch, im Wechsel mit Tonmergelstein, Verhältnis K : T = 1 : 1
0,08 m	Kalkstein, sparitisch, sehr feinkörnig
0,20 m	Tonmergelstein

9.2 Geotope

Die vorangestellte Nummer des Geotopes ist auch in der Geologischen Karte wiedergegeben. In eckigen Klammern steht der Identifikationscode der im Geotopkataster Bayern dokumentierten Geotope (www.geotope.bayern.de). Dort sind – abhängig vom jeweiligen Datenschutzzustand – gegebenenfalls zusätzliche Informationen erhältlich.

G 1 [677A011] Muschelkalkbruch am Steigkreuz SE Retzstadt (nicht öffentlich)
Lage: E 32 564.656, N 5.528.490

Der aktive Muschelkalk-Steinbruch der Firma Schraud erschließt den größten Teil der Schichtenfolge des Unteren Muschelkalks (Wellenkalk) sowie die basalen Schichten des Mittleren Muschelkalks. Folgende Leitbänke, teils gelb gefärbt, sind innerhalb der Wellenkalkfolgen 1 bis 9 zu erkennen (Profilaufnahme: A 1):

mm1: Unterer Dolomit

mu3: Orbicularisschichten
3 Schaumkalbänke
Spiriferinabank
2 Terebratelbänke

mu2: Oolithbank Beta 2

mu1: Oolithbank Alpha
3 Konglomeratbänke

10 Bohrungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Bohrungen im Blattgebiet aufgeführt. Die vorangestellten Nummern (B 1 usw.) sind in der Geologischen Karte wiedergegeben. In eckigen Klammern steht die Identifikationsnummer aus dem Bayerischen Bodeninformationssystem (BIS, www.umweltatlas.bayern.de). Dort sind – abhängig vom jeweiligen Datenschutzstatus – gegebenenfalls zusätzliche Informationen erhältlich. Lage und Zweck der Bohrung sind aus datenschutzrechtlichen Gründen mit reduzierter Genauigkeit wiedergegeben und nicht erwähnt. Von solchen Einschränkungen ausgenommen sind z. B. staatlich finanzierte Forschungsbohrungen.

Eine Gesamtabfrage der im BIS verzeichneten Bohrungen ergab am 27. Januar 2022 insgesamt 366 Bohrungen. Die in der Karte eingetragenen Forschungsbohrungen B1, B 2 und B 3 erschließen die gesamte Schichtenfolge. Daher wird auf die Darstellung der übrigen Bohrungen in der GK 25 verzichtet und auf die Darstellung im BIS verwiesen.

B 1 [6025BG015001]: Forschungsbohrung Arnstein 1 (2001)

Lage: E 32 566.769, N 5.538.673 (NW Arnstein)

Ansatzhöhe: 287 m ü. NN (TK 25 entnommen)

Ausführung: Bohrgesellschaft Roßla m. b. H.

Detaillierte Kernbeschreibung in Freudenberger (2009)

Stratigraphie im Überblick:

- | | |
|------------|--|
| – 0,40 m | Quartär
Unterer Keuper/Erfurt-Formation |
| – 18,20 m | Obere Tonstein-Gelbkalkschichten (ku2) |
| – 27,30 m | Werksandstein-Bereich (kuW) |
| – 44,25 m | Untere Tonstein-Gelbkalkschichten (ku1) |
| | Muschelkalk/Jena-Formation bis Meißner-Formation |
| – 74,20 m | Oberer Muschelkalk 3 (mo3) |
| – 92,30 m | Oberer Muschelkalk 2 (mo2) |
| – 125,80 m | Oberer Muschelkalk 1 (mo1) |

- 140,00 m Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3)
- 170,10 m Mittlerer Muschelkalk 2 (mm2)
- 196,40 m Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)
- 203,00 m Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Geologisches Profil:

Quartär

- 0,40 m Bodenbildung, Lösslehm, braun

Obere Tonstein-Gelbkalkschichten (ku2)

Gelbkalkstein-Gelbmergelhorizont

- 1,60 m Tonstein, verwittert, braun, unten grau
- 3,00 m Mergelstein, teils tonig, teils zellig, verwittert, ockergelb
- 4,20 m Dolomitstein, mergelig, kalkig, brockig, mäßig hart, ockergelb

Bunte Lettenmergel

- 6,20 m Tonstein, siltig, bröckelig, zerbohrt, grüngrau

Anoplophorahorizont + Sandige Pflanzenschiefer

- 6,40 m Mergelstein, tonig, mäßig hart, ockergelb
- 6,60 m Tonstein, siltig, dünnsschichtig, weich, grüngrau
- 7,20 m Mergelstein, von dünnen Calcitäderchen durchzogen, ockergrau
- 7,30 m Mergelstein, tonig, weich, ockergelb
- 8,50 m Mergelstein, teils tonig, mäßig hart, ockergelb
- 9,10 m Mergelstein, stark tonig, weich, ockergrau
- 9,40 m Dolomitstein, sehr hart, hellgrau, basal ockergelb
- 10,50 m Tonstein, siltig, basal Siltstein tonig, dünnsschichtig, bröckelig, weich, schwarzgrau; Pyrit-Nester bei 10,40 m
- 11,10 m Sandstein, feinkörnig, mäßig hart, tonig gebunden, Wühlgefüge vor allem oben, grau
- 11,25 m Tonstein, siltig, dunkelgrau, im feinschichtigen Wechsel mit Sandstein, feinkörnig, grau
- 11,70 m Tonstein, siltig, dünnsschichtig, schwarzgrau
- 12,40 m Sandstein, feinkörnig, tonig, gebunden, stark siltig, grau bis dunkelgrau; Bioturbation, kohlige Lage mit Pflanzenresten („Wurzelhorizont“)
- 13,00 m Siltstein, tonig, schwach feinsandig, dunkelgrau

- 13,20 m Sandstein, stark siltig und tonig, dunkelgrau;
steile Kluft zwischen 12,70–13,20 m
- 13,90 m Tonstein, siltig, dünnsschichtig, schwarzgrau
- 14,40 m Siltstein, tonig, im feinschichtigen Wechsel mit Sandstein,
feinkörnig, siltig, dunkelgrau
- 15,10 m Sandstein, feinkörnig, tonig, mäßig hart, grüngrau;
mit einzelnen dünnen Tonsteinlagen, schwarzgrau
- 15,50 m Siltstein, tonig, dunkelgrau, im Wechsel mit Sandstein,
feinkörnig, grüngrau
- 15,80 m Sandstein, feinkörnig, tonig, mäßig hart, rostbraun
- 17,40 m Siltstein, tonig, im feinschichtigen Wechsel mit Tonstein,
siltig; Sandstein,
feinkörnig, tonig, bei 17,00–17,20 m
- 18,10 m Tonstein, siltig, lagenweise feinsandig, dunkelgrau, grau,
Pflanzenreste

Albertibank

- 18,20 m Sandstein, feinkörnig, karbonatisch, sehr hart, mit sehr viel
phosphatischen Resten, Knochenfischschuppen, *Acrodus*-Zähne;
Pyrit- und Glaukonitreste

Werksandstein-Bereich (kuW)

- 20,00 m Siltstein, tonig, im feinschichtigen Wechsel mit Tonstein,
schwarzgrau und
Sandstein, feinkörnig, grau; Pflanzenreste
- 21,00 m Tonstein, siltig, dünnsschichtig, weich, schwarzgrau; Pflanzenreste
- 22,20 m Sandstein, feinkörnig, tonig, gebunden, siltig, dünn-
bis mittelbankig, mäßig hart bis hart, horizontal geschichtet,
teils Wühlgefüge, dunkelgrau, grau; Pflanzenreste
- 22,50 m Tonstein siltig, dünnsschichtig, grüngrau
- 22,60 m Dolomitstein, siltig, sehr hart, schillhaltig,
grau (? Laibstein-Horizont)
- 23,60 m Sandstein, feinkörnig, siltig, mäßig hart bis hart,
flaserschichtig, grüngrau, bräunlich anwitternd, Bioturbation
- 24,60 m Tonstein, siltig, dunkelgrau; Pflanzenreste,
Wurzelhorizont bei 23,80 m
- 25,30 m Sandstein, feinkörnig, siltig, tonig, schräg geschichtet, grau; mit
Tonsteinlagen, siltig, feinsandig, dunkelgrau, Bioturbation

- 25,70 m Tonstein, siltig, feinschichtig, dunkelgrau, mit dünnen Sandsteinlagen, feinkörnig, grau
- 26,80 m Tonstein, siltig, dunkelgrau
- 27,30 m Siltstein, mit Sandsteinlagen, feinkörnig, grau

Untere Tonstein-Gelbkalkschichten (ku1)

Obere Estherienschiefer + Zelliger Mergelkalkstein + Mittlere Estherienschiefer

- 28,30 m Tonstein, siltig, dunkelgrau, blaugrau, weich
- 30,00 m Tonstein, siltig, lagenweise schwach dolomitisch, grau; Entwässerungsstruktur bei 29,85–29,90 m

Hauptquarzitschieferplatten

- 30,30 m Siltstein, feinsandig, feinschichtig, hellgrau, mit dünnen Tonsteinlagen, dunkelgrau

Untere Estherienschiefer mit Unterem Sandstein

- 31,40 m Tonstein, siltig, weich, schwarzgrau, kohlig, Pflanzenreste, Pyritgehalt
- 32,10 m Siltstein, feinsandig, hellgrau, im Wechsel mit Tonstein, siltig, dünnsschichtig, dunkelgrau; Bioturbation bei 31,80 m
- 33,20 m Sandstein, feinkörnig, siltig, mäßig hart bis hart, teils flaserschichtig, grau; mit Siltsteinlagen, tonig, dunkelgrau; Bioturbation bei 32,40 m
- 33,60 m Siltstein, tonig, grau, mit Tonsteinlagen, im Wechsel dunkelgrau
- 35,90 m Tonstein, siltig, feinschichtig, dunkelgrau bis schwarzgrau; Estherien bei 34,60–34,80 m

Untere Dolomitsteine

- 36,10 m Dolomitstein, sehr hart, grau
- 36,30 m Tonstein, schwach dolomitisch, grau
- 36,90 m Dolomitstein, sehr hart, hellgrau

Dolomitische Mergelschiefer

- 38,00 m Tonstein, siltig, feinschichtig, weich, schwarzgrau
- 38,60 m Tonstein, schwach dolomitisch, mäßig hart, grau

Blaubankbereich

- 38,70 m Dolomitstein, sehr hart, hellgrau
- 39,00 m Tonstein, schwach dolomitisch, grau
- 39,10 m Dolomitstein, sehr hart, hellgrau

Obere Vitriolschiefer

- 40,50 m Tonstein, dunkelgrau, mit Siltsteinlagen, dünnsschichtig, grau

Wagners Plattenhorizont

- 41,10 m Siltstein, lagenweise feinsandig, tonig, dünnsschichtig, grau; Spurenfossilien bei 40,90m

Untere Vitriolschiefer

- 43,30 m Tonstein, siltig, dunkelgrau, mit einzelnen Siltsteinlagen, grau; Spurenfossilien bei 42,00–42,60 m; *Unionites* bei 43,00 m
- 43,80 m Siltstein, grau, mit Tonsteinlagen, feinschichtig, dunkelgrau, Spurenfossilien
- 44,25 m Tonstein, siltig, dunkelgrau; „*Lingula*“ bei 43,85 m

Oberer Muschelkalk 3 (mo3)**Grenzbonebed**

- 44,30 m Tonstein, dolomitisch; mit 3 Bonebedlagen, 1–3 mm mächtig, mit sehr viel Glaukonit und sehr viel phosphatischen Resten, Kopolith, Knochen- und Knorpelfischreste, *Saurichthys*-Zahn

Grenzglaukonitkalkstein

- 44,60 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, stark glaukonithaltig, grau
- 45,50 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau, mit Tonsteinlagen, dunkelgrau; bei 45,50 m sehr viel Glaukonit auf Schichtfläche

Ostracodenton

- 46,50 m Tonstein, dunkelgrau
- 46,70 m Kalkstein, mikritisch, grau, hart
- 49,80 m Tonstein, dünnsschichtig, dunkelgrau; Kalkstein, mikritisch, bei 49,20–49,30 m

Obere Terebratelbank + Knauerige Bank + Kiesbank

- 52,70 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau, im Wechsel mit dm-mächtigen Tonsteinlagen, dunkelgrau; Muschelreste bei 52,60 m
- 53,50 m Tonstein, schwarzgrau

Hauptterebratelbank

- 54,00 m Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart, grau, mit Terebrateln (*Coenothyris vulgaris*)
- 54,20 m Tonstein, dunkelgrau
- 54,40 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig

Plattenkalksteinfole 6

- 56,40 m Kalkstein, mikritisch, grau, mit Tonsteinlagen, sparitisch bei 56,00–56,15 m
- 60,60 m Tonstein, dunkelgrau, mit einzelnen, bis 1 dm mächtigen Kalksteinlagen, mikritisch
- 61,10 m Kalkstein, mikritisch, grau; Terebrateln bei 60,90 m

Tonsteinhorizont 5

- 62,60 m Tonstein, Tonmergelstein, dunkelgrau

Dickbankzone

- 62,90 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, viele Muschelreste
- 63,70 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, mit Kalksteinlagen
- 63,90 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau
- 65,70 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, mit Kalksteinlagen
- 65,80 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau, *Coenothyris vulgaris*, Gastropode
- 67,30 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau
- 67,50 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau, *Coenothyris vulgaris*
- 68,00 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau
- 68,40 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau
- 70,60 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, mit einzelnen Kalksteinlagen; Terebrateln und Muscheln
- 70,80 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, teils sparitisch, Terebrateln

- 71,50 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau
- 72,00 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, knollige Struktur, grau, mit kleinen Terebrateln, *Coenothyris*

Tonsteinhorizont 4

- 74,20 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, mit einzelnen Kalksteinlagen

Oberer Muschelkalk 2 (mo2)

Cycloidesbank

- 75,20 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau, mit *Coenothyris cycloides*, basal mit Intraklasten

Tonsteinhorizont 3

- 75,80 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, *Coenothyris vulgaris*, massenhaft Ostracoden (Probenahme)

Plattenkalksteinfole 5 + Tonsteinhorizont 2

- 78,00 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; sparitisch bei 75,80–75,90 m, 76,00–76,10 m, 76,50–76,60 m, 76,80–76,90 m, 77,60–77,70 m; Tempestit bei 76,80–76,90 m

Plattenkalksteinfole 4

- 78,30 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; *Entolium discites* bei 78,30 m
- 84,70 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Sparit bei 78,70–78,80 m, 79,30–79,40 m, 80,00–80,10 m, 80,30–80,40 m, 81,10–81,40 m, 82,30–82,40 m, 83,70–83,90 m; *Entolium discites* bei: 78,60; 79,30; 81,80; 83,90; 89,70 m; Muschel-Schill bei 78,70 m
- 85,10 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau
- 88,10 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Sparit bei 85,90–86,20 m, 87,00–87,10 m; Intraklasten und *Entolium discites* bei: 86,20; 87,10 m
- 90,40 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, im Wechsel mit Tonstein; Sparit bei 88,20–88,40 m, 90,10–90,40 m; Intraklasten bei 90,20 m; *Entolium discites* bei 88,30 m

Tonsteinfoolge 1 + Plattenkalksteinfoolge 3

- 92,30 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Sparit bei 90,90–91,00 m, 91,10–91,20 m, 91,60–91,70 m, 92,00–92,10 m; Intraklasten; *Entolium discites* bei: 90,90; 91,20; 92,10 m

Oberer Muschelkalk 1 (mo1)

Spiriferinabank

- 93,00 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; Kalkstein, mikritisch bei 92,70–92,90 m; Intraklasten bei 92,50 m; *Entolium discites* bei 92,95 m

Plattenkalksteinfoolge 2

- 94,20 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, *Entolium discites*
- 94,50 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau
- 98,80 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, teils sparitisch, flaserig bei 95,80–96,00 m; Tonstein bei 94,70–94,80 m, 95,20–95,40 m; Sparit bei 96,00–96,10 m; *Entolium discites* bei: 96,10; 98,60 m
- 100,50 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Kalkstein bei 99,00–99,10 m, 99,30–99,50 m, 100,00–100,10 m
- 101,30 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; Kalkstein, mikritisch bei 100,80–100,90 m; Intraklasten bei 100,60–100,80 m; *Entolium discites* bei 101,10 m; *Leptochondria albertii*
- 102,20 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau; Tonstein bei 101,50–101,60 m, 101,90–102,00 m; Sparit bei 102,00–102,20 m
- 103,30 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Kalkstein bei 102,50–102,60 m, 102,80–103,10 m
- 103,90 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; Kalkstein, mikritisch bei 103,40–103,50 m; Intraklasten bei 103,80 m
- 106,30 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, im Wechsel mit Tonstein; Sparit bei 104,80–104,90 m, 105,20–105,25 m
- 110,50 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, mit Tonsteinlagen, 2–5 cm mächtig; Sparit bei 108,90–108,95 m, 110,15–110,20 m; *Entolium discites* bei 108,95 m

Obere Hauptencrinitenbank

- 110,70 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau

Plattenkalksteinfole 1

- 111,90 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, im Wechsel mit Kalkstein; *Entolium discites* bei 110,90 m
- 113,70 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, mit Tonsteinlagen; Sparit bei 112,20–112,30 m

Terebrateldickbank

- 114,70 m Kalkstein, sparitisch, teils Mergelstein, hart, grau; Kalkstein, mikritisch bei 114,30–114,40 m; basal Intraklasten; *Entolium discites* bei: 113,90; 114,00 m; *Leptochondria albertii* bei 114,60 m

Zeller Tonsteinhorizont

- 119,60 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau, mit Kalksteinlagen; Sparit bei 117,60–117,80 m, 117,90–118,00 m, 118,20–118,30 m

Untere Hauptencrinitenbank

- 120,20 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau, Intraklasten, *Encrinus*, *Plagiostoma striatum*, *Coenothyris*, Austern

Zeller Tonsteinhorizont

- 121,70 m Tonstein, mergelig, teils Mergeltonstein, mäßig hart, dunkelgrau; Kalkstein bei 120,80–120,90 m; *Leptochondria albertii* bei 121,70 m

Wulstkalkstein

- 122,00 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau; Intraklasten bei 122,00 m
- 125,75 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, wulstig, grau; Zwergfaunen bei 122,20 m; *Leptochondria albertii* bei 123,80 m
- 125,80 m Kalkstein, mikritisch, teils Mergelstein, hart, grau, „brecciöses“ Aussehen (Transgressionslage auf erosiver Basis mit eckigen bis gerundeten Klasten der Größe bis 3 cm, mit Fining-upward-Gradierung)

Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3)

Oberer Dolomit

- 130,30 m Dolomitstein, mergelig, hart, beige-grau, teils feinlaminiert mit einzelnen dünnen Tonsteinlagen
- 130,70 m Dolomitstein, mergelig, hart, beige-grau, mit Hornsteinkomponenten, kieselig, Intraklasten, Schillgehalt, phosphatische Reste
- 131,50 m Mergelstein, dolomitisch, beige-grau; steile Klüfte, mit Calcit verheilt bei 126,00–126,30 m, 128,30–128,90 m, 131,60–133,60 m
- 137,40 m Dolomitstein, hart bis sehr hart, beige-grau, teils brockig zerbohrt bei 134,20–135,00 m; Tonsteinlagen bei 132,00–132,10 m; Stylolithen bei 134,30 und 135,80 m
- 138,80 m Dolomitstein, ockerfarben, basal beige-grau; Mergelstein, weich bei 138,20–138,30 m
- 140,00 m Breccie (Versturzbreccie, Hohlraumfüllung) aus Dolomitsteinbrocken, brockig zerbohrt

Mittlerer Muschelkalk 2 (mm2)

Oberes Sulfat mit Residualton

- 141,70 m Ton, beige-grau, mit Dolomitsteinbrocken (Hohlraumfüllung)
- 142,10 m Dolomitstein, hart beige-grau
- 153,90 m Ton (Residualton), schwarzgrau, teils brecciös, mit Dolomitsteinkies, weich; mit einzelnen Dolomitsteinlagen, beige-grau, brockig zerbohrt z. B. bei 142,40–142,50 m, 142,70–143,20 m, 147,50–147,60 m, 148,90–149,00 m; Gips-Anhydritstein, dunkelgrau bei 152,20–152,80 m
- 155,10 m Dolomitstein, mergelig, mäßig hart, beige-grau
- 155,20 m Ton, weich, schwarzgrau
- 161,10 m Gips-/Anhydritstein, dunkelgrau, hellgrau, horizontal gebändert, hart, dünn- bis mittelbankig; mit mm-dicken Tonsteinlagen, dunkelgrau; Fältelung bei 160,30–161,10 m
- 162,30 m Gips zum Teil gelaugt und Hohlräume mit Rückstandston verfüllt, mit Dolomitsteinlagen, teils schräggestellt, beige-grau
- 162,80 m Ton, dunkelgrau, weich (Hohlraumfüllung)

Mittlerer Dolomit

- 162,90 m Gips-/Anhydritstein, mit Dolomitsteinlagen
- 170,10 m Dolomitstein, hart bis sehr hart, beige-grau, bei 169,50–170,10 m ockergrau, verwittert; einzelne mm-dicke Gips-lagen bei 162,90–163,50 m; oolithisch bei 169,50–170,00 m

Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)**Residualton (Äquivalent Oberes Steinsalz-lager) + Unteres Sulfat**

- 170,20 m Ton, ockerbraun, weich (Laugungs-rückstand)
- 187,60 m Gips-/Anhydritstein, mäßig hart bis hart, dünn- bis mittelbankig, teils horizontal geschichtet, teils unregelmäßig brecciös, meist von cm-breiten Gipsbändern (Fasergips) unregelmäßig durchzogen; mit dolomitischen Tonsteinlagen, < 1 cm mächtig, meist nur wenige mm dick, durchzogen

Residualton (Äquivalent Unteres Steinsalz-lager + Basissulfat)

- 189,30 m Ton, weich, schwarzgrau, brecciös (Residualton)

Unterer Dolomit

- 189,40 m Dolomitstein, hart, beige-grau
- 189,50 m Ton, schwarzgrau, weich, (Residualton) ungeschichtet, brecciös
- 189,90 m Dolomitstein, dunkelgrau, hart, mit Tonsteinlagen, dolomitisch, im feinschichtigen Wechsel
- 196,40 m Dolomitstein, hart bis sehr hart, dünn- bis mittelbankig, grau; bei 194,50–194,55 m Dolomitstein ungeschichtet, sehr porös, mit Calcit-erfüllten Poren, zahlreiche „Gipsknoten“

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)**Orbicularis-schichten + Wellen-kalkfolge 9**

- 196,60 m Kalkstein, mikritisch, schwach dolomitisch, hart bis sehr hart
- 198,40 m Kalkstein, mikritisch, hart bis sehr hart, flaserig, grau, fein geschichtet bei 196,90–197,30 m, 198,10–198,40 m
- 198,50 m Kalkstein, mikritisch, ungeschichtet, porös, hart, grau
- 200,70 m Kalkstein, mikritisch, hart bis sehr hart, flaserig, grau, feingeschichtet bei 199,50–199,60 m, 200,20–200,60 m; synsedimentäre Falte, sigmoidal geklüftet bei 200,00–200,20 m; vertikale Stylolithen bei 198,80–199,00 m

2. Schaumkalkbank

- 201,20 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, dunkelgrau, schillhaltig

Wellenkalkfolge 8

- 201,45 m Kalkstein, teils mikritisch, teils feinsparitisch, hart bis sehr hart, grau
- 203,00 m Kalkstein, mikritisch, hart, flaserig, grau

B 2 [6025BN0007]: Forschungsbohrung Gramschatz 1 (2001)

Lage: E 32 568.848, N 5.533.485 (NW Gramschatz)

Ansatzhöhe: 367 m ü. NN (TK 25 entnommen)

Ausführung: Geomechanik, Woringen

Detaillierte Kernbeschreibung und Profilzeichnung in Freudenberger (2009)

Stratigraphie im Überblick:

- 0,80 m Quartär

Unterer Keuper/Erfurt-Formation

- 11,40 m Unterer Tonstein-Gelbkalkschichten (ku1)

Muschelkalk/Jena-Formation bis Meißner-Formation

- 41,05 m Oberer Muschelkalk 3 (mo3)
- 58,70 m Oberer Muschelkalk 2 (mo2)
- 96,70 m Oberer Muschelkalk 1 (mo1)
- 107,20 m Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3)
- 130,90 m Mittlerer Muschelkalk 2 (mm2)
- 153,60 m Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)
- 192,20 m Unterer Muschelkalk 3 (mu3)
- 212,50 m Unterer Muschelkalk 2 (mu2)
- 246,50 m Unterer Muschelkalk 1 (mu1)

Röt-Formation: Oberer Buntsandstein 4 (so4)

- 250,75 m Myophorienschichten (so4TM)
- 283,55 m Obere Röttonsteine (so4T)
- 291,05 m Rötquarzit (so4Q)

- 301,00 m Oberer Buntsandstein 3 (so3)
Untere Röttonsteine (so3T)

Geologisches Profil (Dr. W. Freudenberger, Dr. S. Wagner):

- 0,80 m Quartär
Löß, zum Teil verlehmt, hellbraun
- 1,60 m Erfurt-Formation: Unterer Tonstein-Gelbkalkschichten (ku1)
Untere Estherienschiefer
Tonstein, weich, grüngrau, beige-grau
- 2,80 m Untere Dolomitsteine
Mergelstein, verwittert, weich, hellbraun
- 3,10 m Dolomitische Mergelschiefer
Tonstein, mergelig, verwittert, weich, braungrau
- 3,70 m Tonstein, weich, dunkelgrau
- 5,20 m Blaubank-Bereich
Mergelstein, verwittert, beige-braun, teils dunkelbraun
- 6,40 m Vitriolschiefer mit Wagners Plattenhorizont
Tonstein, weich, beige-grau
- 7,00 m Tonstein, beige-grau, lagenweise mergelig, weich, bräunlich
- 7,40 m Tonstein, fein- bis dickschichtig, beige-grau
- 7,70 m Siltstein, beige-grau
- 8,50 m Tonstein, weich, beige-grau
- 8,80 m Mergelstein, braunbeige
- 11,40 m Tonstein, beige-grau; Dolomitstein, mergelig, bei 9,30–9,40 m,
verwittert, braun
- 11,45 m Oberer Muschelkalk 3 (mo3)
Grenzbonebed
Kalkstein, mikritisch, grau, sehr viel Glaukonit,
mit phosphatischen Resten

Grenzglaukonitkalkstein

- 11,70 m Kalkstein, mikritisch, sehr hart, grau, stark zerbohrt (klüftig)
- 13,30 m Mergelstein, angewittert (klüftig), beige-grau, hellbraun; mit Kalksteinlagen, mikritisch, grau, bei 11,70–11,80 m, 12,10–12,20 m, 12,40–12,50 m, 12,70–12,75 m, 12,85–12,90 m, 13,10–13,15 m, 13,20–13,30 m

Ostracodenton

- 18,00 m Tonstein, weich, beige-grau, teils braun-grau; mit Kalksteinlagen, mikritisch, grau, bei 15,50–15,55 m, 15,70–15,80 m, 16,70–16,85 m, 16,95–17,00 m, 17,05–17,10 m, 17,35–17,40 m, 17,70–17,75 m
- 18,80 m Kalkstein, mikritisch, grau; mit Mergelsteinlagen, brockig zerbohrt, beige-grau

Obere Terebratelbank

- 19,00 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau

Knauerige Bank + Kiesbank

- 19,90 m Mergelstein, Mergeltonstein, beige-grau; mit einzelnen cm-starken Kalksteinlagen, grau
- 20,00 m Kalkstein, mikritisch, knauerig, bräunlich-grau, grau
- 20,10 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau
- 21,10 m Mergelstein und Mergeltonstein, beige-grau; mit einzelnen cm-starken Kalksteinlagen, mikritisch

Hauptterebratelbank

- 21,50 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, Terebrateln
- 21,70 m Mergeltonstein, beige-grau
- 21,95 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig, grau

Plattenkalksteinfohle 6

- 26,10 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; im Wechsel mit Mergel- und Tonstein, beige-grau
- 26,50 m Mergelstein; mit Tonsteinlagen, mergelig, beige-grau
- 27,50 m Kalkstein, mikritisch, grau; mit Mergel- und Tonsteinlagen, beige-grau

Tonsteinhorizont 5

- 28,05 m Tonstein, mergelig; mit Mergelsteinlagen, beige-grau

Dickbankzone

- 30,80 m Kalkstein, mikritisch, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig und Mergelstein, beige-grau; Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart bei 28,70–28,80 m
- 31,30 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, schillhaltig
- 32,50 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig und Mergelsteinlagen; Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart bei 31,80–31,95 m, 32,30–32,40 m
- 34,30 m Tonstein, mergelig, beige-grau; mit Mergelsteinlagen
- 34,50 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau
- 35,70 m Mergelstein; im Wechsel mit Tonstein, mergelig und Kalkstein, mikritisch
- 36,10 m Kalkstein, mikritisch, teils feinsparitisch, sehr hart, grau
- 36,50 m Tonstein, mergelig, beige-grau
- 38,00 m Kalkstein, mikritisch, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig, beige-grau; Kalkstein, feinsparitisch bei 36,90–36,95 m

Tonsteinhorizont 4

- 39,80 m Tonstein, schwarzgrau, dicht; mergelig, bräunlich bei 38,70–38,90 m, 39,00–39,05 m; Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart bei 38,90–39,00 m; mikritisch bei 39,00–39,05 m, 39,60–39,70 m
- 40,15 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau, von Tonsteinlagen, mergelig, durchflasert
- 41,05 m Tonstein, mergelig, schwarzgrau, beige-braun bei 40,80–49,05 m; mit Kalksteinlagen, mikritisch bei 40,45–40,50 m, 40,60–40,70 m, 40,75–40,80 m

Oberer Muschelkalk 2 (mo2)

Cycloidesbank

- 41,30 m Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart, grau, mit massenhaft *Coenothyris cycloides*, violettbräunlich, perlmutfarben

Tonsteinhorizont 3

- 42,80 m Tonstein, mergelig, schwarzgrau, beigebraun bei 41,30–41,50 m; Kalkstein, mikritisch bei 42,20–42,25 m, 42,40–42,50 m

Plattenkalksteinfoolge 5

- 42,90 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau
- 43,90 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; im Wechsel mit Kalkstein, mikritisch, grau; Kalkstein, feinsparitisch bei 43,40–43,45 m
- 44,80 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig bei 44,60–44,70 m
- 45,05 m Mergelstein, braungrau; mit Kalksteinlagen, mikritisch

Tonsteinhorizont 2

- 45,55 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit Kalksteinlagen, mikritisch

Plattenkalksteinfoolge 4

- 46,10 m Kalkstein, mikritisch, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau
- 46,45 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig bei 46,40–46,45 m
- 47,60 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig, dunkelgrau
- 47,90 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, klüftig, grau
- 48,25 m Kalkstein, mikritisch, grau; mit Tonsteinlagen, dunkelgrau, basal beige
- 48,40 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, klüftig, grau
- 50,40 m Tonstein, dunkelgrau; Kalksteinlagen, mikritisch bei 48,50–48,55 m, 48,75–48,80 m, 49,05–49,10 m, 49,15–49,20 m, 49,25–49,30 m, 49,50–49,55 m, 49,75–49,80 m, 50,20–50,25 m, 50,30–50,35 m, feinsparitisch, sehr hart bei 49,70–49,75 m
- 51,00 m Kalkstein, mikritisch, grau; im Wechsel mit Tonsteinlagen, dunkelgrau
- 51,15 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau
- 52,30 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; im Wechsel mit Kalkstein, mikritisch, hart, grau; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 51,29–51,31 m, 51,60–51,62 m

- 56,50 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig, dunkelgrau; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 52,80–52,90 m, 53,60–53,70 m, 53,80–54,00 m, 55,55–55,65 m, 55,70–55,80 m, 56,00–56,10 m, 56,30–56,45 m

Tonsteinfoolge 1

- 58,10 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit einzelnen Kalksteinlagen, mikritisch, hart, grau; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 57,30–57,40 m

Plattenkalksteinfoolge 3

- 58,70 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, teils dunkelgrau, basal überwiegend beigebräun; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 58,25–58,30 m, 58,50–58,60 m

Oberer Muschelkalk 1 (mo1)

Spiriferinabank

- 58,80 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig, *Coenothyris*-Klappen

Plattenkalksteinfoolge 2

- 63,50 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, teils dunkelgrau, basal überwiegend beigebräun; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 60,50–60,55 m, 60,60–60,70 m, 61,20–61,35 m, 62,40–62,45 m, 62,80–62,90 m, 63,25–63,30 m
- 63,90 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit einzelnen dünnen Kalksteinlagen, mikritisch, hart, grau
- 76,00 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit 1–2 cm dicken Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau, teils beigebräun; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 64,25–64,30 m, 64,60–64,70 m, 65,45–65,50 m, 66,50–66,60 m, 66,90–67,00 m, 69,25–69,35 m, 71,05–71,10 m, 73,10–73,20 m, 74,85–74,95 m, 75,00–75,10 m; Tonsteinlagen bei 65,20–65,30 m, 71,85–71,95 m, 74,40–74,50 m
- 76,40 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 80,10 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, cm-dick, beigebräun, teils dunkelgrau

Obere Hauptencrinitenbank

- 80,25 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig

Plattenkalksteinfole 1

- 81,10 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig, dunkelgrau
- 81,70 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit cm-dicken Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau
- 82,05 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig
- 84,55 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 82,45–82,55 m, 82,75–82,85 m, 83,20–83,30 m

Terebrateldickbank

- 85,25 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig, stark zerklüftet, Karsterscheinungen, sehr viel Terebrateln

Zeller Tonsteinhorizont

- 85,90 m Tonstein, mergelig, schwarzgrau; Kalkstein, mikritisch, hart, grau, teils feinsparitisch bei 85,55–85,70 m
- 86,05 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau
- 86,15 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 86,85 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; im Wechsel mit Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau
- 87,00 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 87,80 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; mit Kalksteinlagen, mikritisch, hart, grau
- 90,30 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; Kalkstein, mikritisch, hart, grau bei 87,90–88,05 m, 88,20–88,25 m, 89,90–90,00 m, 90,05–90,25 m; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 88,35–88,45 m, 89,35–89,50 m, 89,70–89,80 m

Untere Hauptencrinitenbank

- 91,00 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig, massive Bank

Zeller Tonsteinhorizont

- 92,55 m Tonstein, mergelig, dunkelgrau; Kalkstein, mikritisch, hart, grau bei 91,35–91,40 m, 91,60–91,65 m, teils feinsparitisch bei 92,00–92,15 m, 92,35–92,00 m; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 91,80–91,85 m, 91,90–91,95 m

Wulstkalkstein

- 92,70 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig
- 93,60 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau; mit cm-dicken Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau; Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig bei 92,83–92,85 m, 92,98–93,02 m
- 93,80 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 96,60 m Kalkstein, mikritisch, hart, grau, teils feinsparitisch, wulstig, von Tonsteinhäutchen unregelmäßig durchzogen, klüftig
- 96,70 m Kalkstein, mit rundlichen Intraklasten

Mittlerer Muschelkalk 3 (mm3)

Oberer Dolomit

- 102,60 m Dolomitstein, beige-grau, hart; mit Tonstein, dolomitisch, dunkelgrau bei 97,50–97,70 m, 98,30–98,50 m, 99,10–99,50 m, 100,90–101,00 m, 101,30–101,40 m, 102,00–102,20 m; Hornstein-haltig, kieselig (Hornsteinbank), bei 100,80–100,85 m Stromatolithen
- 103,90 m Tonstein, mergelig, beige-grau, weich (? Residualton); mit Dolomitsteinlagen, beige-grau, hart, brockig zerbohrt
- 107,20 m Dolomitstein, sehr hart, brockig zerbohrt, grau; Mergelstein, dolomitisch, bei 106,60–106,80 m

Mittlerer Muschelkalk 2 (mm2)

Residualton (Äquivalent Oberes Sulfat)

- 111,30 m Tonstein, teils schwach dolomitisch, weich, zuoberst teils mäßig hart, hellbraun, beige; Dolomitstein, hart, grau, porös bei 109,00–109,10 m; Tonstein, schwarzgrau, weich (Residualton), teils mit eckigen Tonstein-Splittern, dolomitisch (brecciös) bei 113,60–113,70 m, 114,10–114,20 m, 117,60–118,10 m, bei 121,60–121,80 m; einzelne dünne Gips-/Anhydritlagen, eingeschaltet zwischen 118,10–119,20 m

- 122,60 m Dolomitstein, sehr hart, klüftig, teils zerbohrt, grau
- 124,30 m Tonstein, oben beige-grau, unten beige, hellbraun, weich bis teils mäßig hart, teils brecciös bei 122,80–123,30 m

Mittlerer Dolomit

- 127,30 m Dolomitstein, mergelig, hart, beige, klüftig, brockig zerbohrt bei 124,30–124,80 m, 126,40–126,50 m
- 130,10 m Dolomitstein, sehr hart, grau; mit Tonsteinlagen, dolomitisch bei 128,90–129,15 m; klüftig, stark zerbohrt bei 129,50–130,10 m; Stylolithen bei 128,15–128,70 m
- 130,90 m Mergelstein, dolomitisch, weich, ockerbraun-grau; mit Dolomitsteinlagen, hart, mergelig, beige, bei 130,45–130,50 m, 130,85–130,95 m

Mittlerer Muschelkalk 1 (mm1)

Residualton (Äquivalent Oberes Steinsalzager)

- 131,65 m Tonstein, weich, schwarzgrau

Unteres Sulfat

- 147,40 m Gips-/Anhydritstein, grau-weiß gebändert, mit dünnen Tonsteinlagen, dunkelgrau durchflasert, teils horizontal, teils schräggeschichtet, von 1 cm dicken, weißen Gipsbändern unregelmäßig durchzogen

Residualton (Äquivalent Unteres Steinsalzager + Basissulfat)

- 148,75 m Tonstein, schwarzgrau, weich

Unterer Dolomit

- 149,90 m Dolomitstein, mergelig, hart, beige-grau
- 153,60 m Dolomitstein, sehr hart, grau, dünn- bis mittelbankig; Kluft, steil, bei 149,50–149,90 m, 151,80–152,20 m

Unterer Muschelkalk 3 (mu3)

Orbicularissschichten + Wellenkalkfolge 9

- 153,65 m Dolomitstein, dunkelgrau, ? feinschillhaltig
- 158,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau; mit dünnen Tonsteinlagen, mergelig, dunkelgrau, horizontal feingeschichtet; 3 steile Klüfte bei 154,90–156,30 m

- 158,30 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau
- 158,45 m Kalkstein, mikritisch, grau; im Wechsel mit Tonstein, mergelig, dunkelgrau

2. Schaumkalkbank

- 159,75 m Kalkstein, feinsparitisch, schwach grobschillhaltig, sehr hart, grau; von zahlreichen Horizontalstylolithen durchzogen; mit intraformationeller Konglomeratlage bei 158,83–158,90 m; steile, teils verheilte Klüfte bei 156,10–156,70 m, 157,10–157,50 m, 158,00–158,80 m

Wellenkalkfolge 8

- 165,55 m Kalkstein, mikritisch, teils fein- bis dickschichtig, teils flaserig, teils knauerig, steile Klüfte zwischen 161,00–163,60 m

1. Schaumkalkbank

- 166,05 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, mit Horizontalstylolithen; bei 165,95–166,05 m intraformationelle Konglomeratlage

Wellenkalkfolge 7

- 167,00 m Kalkstein, mikritisch, fein- bis dickschichtig, teils flaserig, grau
- 172,60 m Kalkstein, mikritisch, fein- bis dickschichtig, vorwiegend flaserig, grau

Spiriferinabank

- 173,00 m Kalkstein, feinsparitisch, konglomeratisch, mit mikritischen Intraklasten, Encriniten-Reste, *Punctospirella* („*Spiriferina*“) *fragilis* bei 172,7 m, *Hirsutina*, *Plagiostoma lineata*

Wellenkalkfolge 6

- 178,70 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, knauerig, grau
- 189,90 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau, überwiegend flaserig bei 182,90–183,50 m, 186,10–186,40 m, 187,40–188,90 m, überwiegend knauerig bei 183,50–186,10 m, 186,40–187,40 m, 188,90–189,90 m

Obere Terebratelbank

- 190,40 m Kalkstein, sparitisch, grobschillhaltig, sehr hart, mit dünnen Tonsteinlagen

Wellenkalkfolge 5

- 190,90 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, dünn- bis mittelschichtig, grau
- 191,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau

Untere Terebratelbank

- 192,20 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, schillhaltig; Trochiten bei 191,92

Unterer Muschelkalk 2 (mu2)

Wellenkalkfolge 4

- 212,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, teils knauerig, grau

Oolithbank Beta 2

- 212,50 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig

Unterer Muschelkalk 1 (mu1)

Wellenkalkfolge 3

- 215,80 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, mittel- bis dickschichtig, teils flaserig, grau
- 223,00 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 223,55 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau

Oolithbank Beta 1

- 224,05 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig

Wellenkalkfolge 2

- 224,55 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, grau
- 224,60 m Kalkstein, konglomeratisch
- 227,00 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 228,60 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 229,35 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau

Oolithbank Alpha

- 229,45 m Kalkstein, konglomeratisch, grau

Wellenkalkfolge 1

- 231,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 233,20 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 233,70 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 236,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau; feinsparitisch
bei 233,80–233,90 m, 234,00–234,05 m
- 237,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, teils knauerig, grau
- 237,40 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 237,50 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 238,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 238,40 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 239,25 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 239,30 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, grobschillhaltig
- 239,65 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 240,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 240,60 m Tonstein, mergelig, mit Kalksteinknauern, dunkelgrau
- 240,62 m Kalkstein, konglomeratisch, sehr hart
- 241,00 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 241,70 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 242,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, mittelschichtig, grau
- 242,80 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 242,90 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, teils schillhaltig
- 243,90 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, feinschichtig, grau
- 244,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig, grau
- 244,20 m Kalkstein, teils feinsparitisch, mit Intraklasten, sehr hart
- 244,30 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, feinschichtig, grau
- 245,10 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, knauerig im Wechsel
mit flaserig und feinschichtig, grau
- 245,20 m Kalkstein, mikritisch, mergelig; feinsparitisch, grobschillhaltig
bei 244,90–244,95 m
- 245,75 m Kalkstein, mikritisch, teils mergelig, flaserig, grau
- 245,85 m Kalkstein, sparitisch, schillhaltig, sehr hart

Grenzgelbkalkstein

- 246,50 m Dolomitstein, hart, grau

Röt-Formation: Oberer Buntsandstein 4 (so4)

Myophorienschichten (so4TM)

- 247,15 m Gips-/Anhydritstein, weißgrau, teils dunkelgrau gebändert mit dünnen Tonsteinlagen ($< 1\text{ cm}$), dunkelgrau
- 247,80 m Tonstein, dunkelgrau, mit zahlreichen Gips-/Anhydritsteinlagen ($\varnothing < 1\text{ cm}$)
- 248,50 m Gips-/Anhydritstein, weißgrau, basal auch dunkelgrau; mit Tonsteinlagen, dunkelgrau, gebändert
- 249,40 m Tonstein, dunkelgrau, hart, teils dolomitisch; mit einzelnen Gipsbändchen
- 250,00 m Tonstein, dunkelgrau, olivgrau; mit zahlreichen Gips-/Anhydritsteinlagen und -knauern
- 250,30 m Tonstein, dunkelgrau, olivgrau
- 250,33 m Gipsstein, weißgrau (Fasergips)
- 250,75 m Tonstein, olivgrau, mit zahlreichen Gipsknauern

Obere Röttonsteine (so4T)

- 251,10 m Tonstein, rotviolettbraun, mit zahlreichen Gipsknauern
- 255,50 m Tonstein, rotbraun, mit zahlreichen Gipsknauern und 1–10 mm dicken Gipslagen (10–20 % der Kernstrecke = Gips)
- 256,70 m Tonstein, rotbraun, olivgrün bei 256,30–256,50 m; mit einzelnen Gipslagen ($\varnothing 1\text{ cm}$) und -knauern
- 257,90 m Tonstein, rotbraun
- 258,10 m Tonstein, rotbraun, olivgrün gesprenkelt; kleine Gipskörner bei 258,08–258,10 m
- 258,45 m Tonstein, olivgrüngrau
- 259,10 m Tonstein, olivgrüngrau, teils flaserig; Gipskörner bei 258,50–258,60 m
- 259,70 m Tonstein, olivgrüngrau
- 261,00 m Tonstein, olivgrüngrau, teils violettbraun gesprenkelt; Gipsadern auf Kluft bei 260,50–260,70 m
- 261,70 m Tonstein, violettbraun, olivgrüngrau; mit zahlreichen Gipsknauern
- 264,00 m Tonstein, rotbraun; mit einzelnen dünnen Gipslagen und -knauern; Gipslage bei 263,50–263,52 m (Fasergips)
- 264,70 m Tonstein, olivgrüngrau; mit zahlreichen Gipslagen ($\varnothing < 1\text{ cm}$)
- 266,40 m Tonstein, rotbraun; mit einzelnen Gipsadern, teils vertikal auf Kluft, teils schräg durchzogen
- 267,00 m Tonstein, rotbraun; mit zahlreichen Gipsknauern- und adern
- 268,20 m Tonstein, rotbraun, teils olivgrau; mit einzelnen Gipsadern auf Kluft

- 280,90 m Tonstein, rotbraun, olivgrau bei 280,00–280,20 m, weich bis mäßig hart; mit einzelnen kleineren Gipskörnern; zahlreiche Gipsknauern bei 269,35–269,40 m, 272,50–273,25 m, 280,50–280,70 m
- 283,55 m Siltstein, tonig, mäßig hart bis hart, rotbraun, olivgrau bei 280,90–281,25 m; einzelne Gipsknauern bei 280,90–281,10 m, 281,45–281,55 m, 281,90–282,00 m

Rötquarzit (so4Q)

- 284,50 m Sandstein, feinkörnig, tonig gebunden, rotbraun, olivgrau; teils weißgrau bei 283,50–283,95 m; 3 mm dicke Gipsader bei 284,25 m
- 289,60 m Sandstein, feinkörnig, tonig, teils kieselig gebunden, hart bis sehr hart, rotbraun, teils violettrotbraun, teils oliv- bis weißgrau, Spurenfossilien bei 284,8 m
- 290,10 m Siltstein, tonig, schwach feinsandig, rotbraun, hart
- 291,05 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, kieselig gebunden, sehr hart, weißgrau, teils olivgrüngrau

Oberer Buntsandstein 3 (so3)

Untere Röttonsteine (so3T)

- 297,40 m Siltstein, tonig, rotbraun, olivgrüngrau bei 291,05–291,20 m, 297,30–297,40 m; Gipsknauern bei 291,40–291,45 m, 291,90–291,95 m, 294,80–294,85 m, 295,00–295,10 m, 295,30–295,35 m, 296,40–296,50 m, 297,35–297,40 m; einzelne 2–3 mm dicke Gipsadern; vertikale Gipsader (1–2 mm breit) zwischen 287,20–289,30 m
- 297,60 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, tonig gebunden, hart
- 298,45 m Tonstein, rotbraun, mäßig hart; einzelne Gipskörner bei 297,90–297,95 m
- 299,20 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, tonig gebunden, rotbraun, teils olivgrau, teils weißgrau; unregelmäßiges Gefüge (? durchwühlt) bei 298,55–298,75 m
- 301,00 m Tonstein, stark siltig, beziehungsweise Siltstein, tonig, schwach feinsandig, rotbraun; 6 Gipsadern ($\varnothing$ 2–3 mm); zahlreiche Gipsknauern bei 299,25–299,40 m, 299,55–299,95 m

B 3 [6025BG015002]: Forschungsbohrung Retzstadt 1 (2001)

Lage: E 32 564.615, N 5.528.516 (SE Retzstadt)

Ansatzhöhe: circa 294 m ü. NN (im Steinbruch der Firma Schraud)

Bemerkung: Bohransatz 6,30 m unter Unterer Terebratelbank

Ausführung: Bohrgesellschaft Roßla m. b. H.

Detaillierte Kernbeschreibung in Freudenberger (2009)

Stratigraphie im Überblick:

Unterer Muschelkalk/Jena-Formation
– 45,80 m Unterer Muschelkalk 1 (mu1)

Oberer Buntsandstein/Röt-Formation
– 48,80 m Myophorienschichten (so4TM)
– 52,00 m Obere Röttonsteine (so4T)

Geologisches Profil:

Unterer Muschelkalk 2 (mu2)
Wellenkalkfolge 4
– 13,15 m Kalkstein, mergelig, flaserig, knauerig, wellige Lagerung, grau;
mit Tonmergelsteinlagen $\varnothing < 1$ cm, dunkelgrau

Oolithbank Beta 2
– 13,70 m Kalkstein, sparitisch, sehr hart, teils konglomeratisch
(intraformationelle Gerölle), teils schillhaltig, grau;
2 Horizontalstylolithen, steilstehende Kluft bei 18,00–18,60 m

Unterer Muschelkalk 1 (mu1)
Wellenkalkfolge 3
– 23,95 m Kalkstein, überwiegend flaserig, grau; mit dünnen Tonmergelstein-
zwischenlagen, dunkelgrau, besonders bei 22,00–23,95 m

Oolithbank Beta 1
– 24,20 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart, grau, steile Kluft bei
28,60–28,90 m, bei 33,60–34,70 m

Wellenkalkfolge 2

- 33,65 m Kalkstein, flaserig, grau; mikritisch bei 29,60–29,70 m, sehr hart

Oolithbank Alpha

- 34,00 m Kalkstein, feinsparitisch, sehr hart

Wellenkalkfolge 1

- 39,60 m Kalkstein, mergelig, flaserig, teils knauerig
- 40,20 m Tonstein, mergelig, mit Tonmergelsteinlagen, dunkelgrau, feinschichtig
- 41,60 m Kalkstein, mergelig, knauerig, flaserig
- 42,30 m Tonmergelstein, feinschichtig, dunkelgrau
- 42,40 m Kalkstein, grau, feinsparitisch, sehr hart
- 42,95 m Kalkstein, mergelig, flaserig, grau
- 43,40 m Tonmergelstein, feinschichtig, dunkelgrau
- 43,70 m Kalkstein, sehr hart, feinsparitisch, basal knauerig, konglomeratisch (intraformationelle Gerölle)
- 44,10 m Tonmergelstein, mit Kalksteinlagen, mergelig, feinschichtig
- 44,35 m Kalkstein, mergelig, flaserig, knauerig

Grenzgelbkalkstein

- 45,80 m Dolomitstein, sehr hart, grau bis beige, ockergelb anwitternd auf Klüfte; Glaukonitgehalt bei 45,20 m

Oberer Buntsandstein/Röt-Formation

Myophorienschichten (so4TM)

- 46,10 m Tonmergelstein, mäßig hart, beige-grau, steile Kluft bei 41,90–42,40 m
- 46,60 m Tonstein, mergelig, siltig, weich, grau
- 47,50 m Tonmergelstein, grau
- 48,80 m Tonstein, mergelig, grüngrau, weich

Obere Röttonsteine (so4T)

- 52,00 m Tonstein, siltig, rotbraun, violettbraun; mit zahlreichen 1–3 cm mächtigen Gips-lagen und bis zu 10 cm durchmessenden Gips-knuern, teils horizontal, teils schräg oder auf Klüfte durchziehend

11 Literatur

- Aigner, T. (1984): Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M.-Triassic), South German Basin. – N. Jb. Geol. Pläont., Abh. **169**: 127–159, Stuttgart.
- Aigner, T. (1999): Dynamische Stratigraphie des Oberen Muschelkalks am Beispiel Süddeutschlands. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 115–128, München (Pfeil).
- Aigner, T. & Bachmann, G. H. (1993): Sequence Stratigraphy of the German Muschelkalk. – In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. [Hrsg.]: Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. – Sonderbde. Ges. Naturkde. Württemberg, **2**: 15–18, Korb, Stuttgart (Goldschneck).
- Aigner, T., Bachmann, G. H. & Hagdorn, H. (1990): Zyklische Stratigraphie und Ablagerungsbedingungen von Hauptmuschelkalk, Lettenkeuper und Gipskeuper in Nordost-Württemberg. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **72**: 125–143, Stuttgart.
- Albert, W. (2015): Steinbrüche in Gänheim. – Über die Entstehung, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und einige Gänheimer Besonderheiten. – In: Arnsteiner Heimatkunde-Verein [Hrsg.]: Jb. 2015: 84–115, Arnstein (Eigenverlag).
- Aust, H. (1969): Lithologie, Geochemie und Paläontologie des Grenzbereiches Muschelkalk-Keuper in Franken. – Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg, **10**: 3–155, Würzburg.
- Bachmann, G., Beutler, G., Hagdorn, H. & Hauschke, N. (1999): Stratigraphie der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 81–104, München (Pfeil).
- Bader, E. (1936): Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Unteren Keupers zwischen Ostwürttemberg und Unterfranken. – Abh. geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt, **24**: 72 S., München.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2010 a): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6026 Werneck. – Bearbeitung: W. Freudenberger. – Augsburg.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2010 b): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6026 Werneck. – Bearbeitung: W. Freudenberger, 136 S. – Augsburg.

- Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2011): Gips-Anhydrit-Erkundung im Raum Coburg-Bayreuth. Neue Rohstoffpotenziale im Mittleren Muschelkalk. – Bearbeitung: G. Büttner & E. Linhardt, 55 S., Augsburg.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2022): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6025 Arnstein. – Bearbeitung: W. Freudenberger. – Augsburg.
- Beutler, G., Hauschke, N. & Nitsch, E. (1999): Faziesentwicklung des Keupers im Germanischen Becken. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 129–174, München (Pfeil).
- Brunner, H. (1973): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen am Unteren Keuper (Lettenkeuper, Trias) im nördlichen Baden-Württemberg. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, N. F. **70**: 1–85, Stuttgart.
- Büdel, J. (1957): Grundzüge der klimamorphologischen Entwicklung Frankens. – Würzburger Geogr. Arb., **4–5**: 5–46, Würzburg.
- Büttner, G. (1989): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5928 Obertheres. – 164 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Büttner, G. (2010): Hydrogeologische Aspekte. – In: Freudenberger, W.: Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6026 Werneck. – 10–13, Augsburg (Bayer. LfU).
- Büttner, G. & Freudenberger, W. (1994): Tektonische Strukturen im Landschaftsraum Bad Kissingen–Schweinfurt–Haßfurt (Exkursion E am 7. und 8. April 1994). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **76**: 147–170, Stuttgart.
- Büttner, G. & Pürner, T. (1998): Die Forschungsbohrung Gädheim GLA 1994/1. – Geol. Bl. NO-Bayern, **48**(4): 221–244, Erlangen.
- Büttner, G. & Stürmer, G. (1997): Der Obere Muschelkalk im nördlichen Unterfranken; Leithorizonte und ihre Bedeutung für die Korrelation von Schichtprofilen und für die Lesesteinkartierung. – Naturwiss. Jb. Schweinfurt, **15**: 1–46, Schweinfurt.
- Büttner, G. & Stürmer, G. (2006): Geologische Profilaufnahmen im Oberen Muschelkalk entlang des Autobahn-Neubaus A71 von Schweinfurt bis zur bayerischen Landesgrenze im Vergleich mit den Profilaufnahmen Büttner und Stürmer (1984, 1994 und 2006) und der Forschungsbohrung Ebenhausen Hoffmann (2000). – Naturwiss. Jb. Schweinfurt, **21/22/23**: 399–464, Schweinfurt.
- Carlé, W. (1955): Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. – Beih. Geol. Jb., **16**: 272 S., Hannover.

- Dede, E. (1959): Der Bau des Muschelkalks und Keupers im Bereich der Volkacher Störungszone auf der Westseite des Maintales/Ufr. – Dipl.-Arb. TU München: 57 S., München.
- DSK [Deutsche Stratigraphische Kommission] [Hrsg.] (2005): Stratigraphie von Deutschland IV – Keuper. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **253**: 296 S., Frankfurt a. M.
- DSK (2020): [Deutsche Stratigraphische Kommission] [Hrsg.; Koordination und Redaktion: Hagdorn, H., Simon, T., für die Subkommission Perm-Trias]: Stratigraphie von Deutschland XIII. Muschelkalk. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 1256 S., Berlin.
- Dobner, A. (1984): Tone und Mergel des Mesozoikums. – In: Weinig, H., Dobner, A., Lagally, U., Stephan, W., Streit, R. & Weinelt, W.: Oberflächennahe Mineralische Rohstoffe von Bayern. – Geologica Bavarica, **86**: 447–462, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Eisenmann, J. A. (1819): Topographisches Lexicon von dem Königreiche Baiern, oder alphabetisches Verzeichniß aller in dem Königreiche Baiern enthaltenen Städte, Märkte, Dörfer, Weiler, Schlösser, Höfe, Einöden, Mühlen, vorzüglichen Gebirge, Berge, Flüsse, Seen, Wälder und der Gerichtsbehörden, in deren Bezirke dieselben begriffen sind: mit einem Verzeichniße der Kreise und sämmtlicher darinn enthaltenen Land- Herrschafts- und Untergerichte und Kantone nebst Angabe der Entfernungen ihrer Sitze von den Hauptstädten ihrer Kreise. Erster Theil von A–L. – 550 S., München (Fleischmann).
- Emmert, U. (1964): Muschelkalk. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000. – 2. Aufl.: 81–90, München.
- Emmert, U. (1965): Ist der Schilfsandstein des Mittleren Keupers eine Flußablagerung? – Geologica Bavarica, **55**: 141–168, München.
- Emmert, U. (1981): Muschelkalk. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 500 000. – 3. Aufl.: 46–49, München.
- European Science Foundation (1992): A continent revealed, the European Geotraverse. – Atlas map 1, Tectonics, South Sheet. – http://www.oberrheingraben.de/Tektonik/Tektonische_Karte_von_Deutschland.htm (15. Januar.2020).
- Freudenberger, W. (1991): Die Kernbohrungen Westheim 1 und Kaltensondheim 1 westlich Kitzingen/Unterfranken. – Naturwiss. Jb. Schweinfurt, **9**: 67–81, Schweinfurt.

- Freudenberger, W. (1994): Geologische Übersichtskarte 1:200 000, CC 6326 Bamberg. – Hannover (B.-Anst. Geowiss. Rohst.).
- Freudenberger, W. (1996): Perm. Trias. Tektonik. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Geologische Karte von Bayern 1 : 500 000, Erläuterungen. – 4. Aufl.: 55–89, 259–265, München.
- Freudenberger, W. (2000): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6226 Kitzingen. – 210 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Freudenberger, W. (2003 a): Das fränkische Schichtstufenland auf dem SAR-interferometrischen Höhenmodell. – *Geologica Bavarica*, **107**: 249–260, München.
- Freudenberger, W. (2003 b): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Beiträge zum Blatt Nr. 6126 Dettelbach. – 148 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Freudenberger, W. (2003 c): Bohrkernbeschreibung. Schichtenfolge. – In: Freudenberger, W., Linhardt, E., Wagner, S., Weinig, H. & Zarbok, P.: Die Kernbohrungen Waigolshausen 1 und Werneck 1 südwestlich Schweinfurt/Unterfranken. – *Geologica Bavarica*, **108**: 133–140, München.
- Freudenberger, W. (2005): Der Keuper in Franken und der Oberpfalz (Bayern). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.]: Stratigraphie von Deutschland IV – Keuper. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **253**: 203–213, Frankfurt a. M.
- Freudenberger, W. (2009): Die Forschungsbohrungen Arnstein 1, Retzstadt 1 und Gramschatz 1 nördlich Würzburg/Unterfranken. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, **59**: 135–172, Erlangen.
- Freudenberger, W., Geyer, G. & Schröder, B. (2013): Der Buntsandstein in Bayern (nordwestliches Franken, Bruchschollenland und Randfazies im Untergrund). – In: Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H.-G. Röhlings für die Subkommission Perm-Trias]: Stratigraphie von Deutschland XI. Buntsandstein. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., **69**: 547–582, Hannover (Schweizerbart).
- Freudenberger, W., Linhardt, E., Wagner, S., Weinig, H. & Zarbok, P. (2003): Die Kernbohrungen Waigolshausen 1 und Werneck 1 südwestlich Schweinfurt/Unterfranken. – *Geologica Bavarica*, **108**: 119–158, München.
- Geissler, H. (1967): Erläuterungen zur geologischen Kartierung auf der Süd-Hälfte des Gradabteilungsblattes Kitzingen der topographischen Karte 1 : 25 000. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 85 S., Würzburg.

- Geisler, R. (1938): Zur Stratigraphie des Hauptmuschelkalks in der Umgebung von Würzburg mit besonderer Berücksichtigung der Ceratiten. – Jb. preuß. geol. L.-Amt., **59**: 197–248, Berlin.
- Genser, C. (1930): Zur Stratigraphie und Chemie des Mittleren Muschelkalks in Franken. – Geol. Paläont. Abh., N. F. **17**(4): 383–451, Jena.
- Geyer, G. (1980): Geologische Bestandsaufnahme des SW-Quadranten von Blatt 5928 Obertheres der Topographischen Karte von Bayern 1 : 25 000. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 124 S., Würzburg.
- Geyer, G. (2002): Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. – 588 S., Stuttgart (Klett-Perthes).
- Geyer, G., Ernst, R., Freudenberger, W., Hagdorn, H., Kramm, E., Ockert, W., Schmid, O. & Wilmsen, M. (2020): Der Muschelkalk im westlichen Franken (Bayern) und Südhüringen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.; Koordination und Redaktion: Hagdorn, H., Simon, T., für die Subkommission Perm-Trias]: Stratigraphie von Deutschland XIII. Muschelkalk. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., **91**: 800–853, Berlin.
- Geyer, G. & Kelber, K.-P. (1987): Flügelreste und Lebensspuren von Insekten aus dem Unteren Keuper Mainfrankens. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **174**: 331–355, Stuttgart.
- Geyer, G. & Schmidt-Kaler, H. (2009): Den Main entlang durch das Fränkische Schichtstufenland. – Wanderungen in die Erdgeschichte, **23**: 208 S., München (Pfeil).
- Grimm, W.-D. [Hrsg.] mit Beiträgen von Ballerstädt, N., Clemens, K., Erfle, E., Grimm, W.-D., Lukas, R., Niehaus, F., Poschlod, K., Schürmeister, R., Schwarz, U., Simper, M. & Weiss, G. (2018): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. – Teil I: Textband 440 S. und Teil II: Bildband 550 S., Ulm (Ebner).
- Gudden, H. (1981): Der Untere Keuper in Bohrungen zwischen Eltmann und Rodach. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 448–462, Erlangen.
- Hack, P. (1980): Geologische Kartierung auf dem Südstreifen des Kartenblattes Nr. 6426 Aub der topographischen Karte 1 : 25 000 mit Erläuterungen und mit speziellen Untersuchungen des Grenzbonebeds im Arbeitsgebiet. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 135 S., Würzburg.
- Hagdorn, H. & Seilacher, A. (1993): Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. – Sonderbde. Ges. Naturkde. in Württemberg, **2**: 288 S., Korb, Stuttgart (Goldschneck).

- Hagdorn, H. & Simon, T. (1985): Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes. – 186 S., Sigmaringen (Thorbecke).
- Hagdorn, H. & Simon, T. (1993): Ökostratigraphische Leitbänke im Oberen Muschelkalk. – In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. [Hrsg.]: Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. – Sonderbde. Ges. Naturkde. Württemberg, **2**: 193–208, Korb, Stuttgart (Goldschneck).
- Hagdorn, H., Horn, M. & Simon, T. (1998): Muschelkalk. – Hallesches Jb., B, **6**: 35–44, Halle.
- Hagdorn, H., Schoch, R. & Schweigert, G. [Hrsg.] (2015): Der Lettenkeuper – Ein Fenster in die Zeit vor den Dinosauriern. – 438 S., Ingelfingen (Schmidt).
- Hagdorn, H. & Hickethier, H., Horn, M. & Simon, T. (1987): Profile durch den hessischen, unterfränkischen und baden-württembergischen Muschelkalk. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 131–160, Wiesbaden.
- Hahn, P. (1986): Biogeochemische, geochemische und sedimentpetrographische Untersuchungen an Gesteinen des Unteren Keupers (Trias) in Franken, S-Deutschland. – Diss. Univ. Würzburg: 192 S., Würzburg.
- Haltenhof, M. (1962): Lithologische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk von Unterfranken (Stratinomie und Geochemie). – Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg, **3**(1): 1–124, Würzburg.
- Haunschild, H. (1981): Ein Beitrag zur Lithologie und zur Stratigraphie des Unteren Gipskeupers im südlichen Franken sowie zur Mächtigkeitsentwicklung des gesamten Gipskeupers. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **63**: 293–313, Stuttgart.
- Haunschild, H. (1986): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6326 Ochsenfurt. – 152 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Haunschild, H. (1993): Die Trias auf Blatt Wackersdorf. – In: Meyer, R. K. F. & Mielke, H.: Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6639 Wackersdorf. – 36–47, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Haunschild, H. (1997): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6426 Aub. – 137 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Haunschild, H. (2000): Die Trias. – In: Groiss, J., Haunschild, H. & Zeiss, A.: Das Ries und sein Vorland. – Slg. geol. Führer, **92**: 18–54, Berlin (Borntraeger).

- Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.] (1999): Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 647 S., München (Pfeil).
- Hegenberger, W. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 5926 Geldersheim. – 127 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Heimbach, W. (1962): Gravitative Deformation im Muschelkalk Unterfrankens. – Geol. Jb., **79**: 527–536, Hannover.
- Henz, M., Mahler, H., Neubig, B. & Sell, J. (1986): Ceratites (Discoceratites) meissnerianus PENNDORF aus dem mittelfränkischen Oberen Muschelkalk. – Geol. Bl. NO-Bayern, **36**: 149–156, Erlangen.
- Heunisch, C. (1984): Zur Palynologie des Unteren Keupers in Franken, S-Deutschland. – Diss. Univ. Würzburg: 162 S., Würzburg.
- Heunisch, C. (1986): Gliederung und Milieuinterpretation des fränkischen Unteren Keupers aus palynologischer Sicht. – Geologica Bavarica, **89**: 151–159, München.
- Heunisch, C. (1999): Die Bedeutung der Palynologie für Biostratigraphie und Fazies in der Germanischen Trias. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 207–220, München (Pfeil).
- Hoffmann, U. (1967 a): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6225 Würzburg Süd. – 134 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Hoffmann, U. (1967 b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6125 Würzburg Nord. – 94 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Hofmann, R. (1952): Erläuterung zur geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Nordhälfte von Blatt Werneck (6026). – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 67 S., Würzburg.
- Hofmann, R. (1955): Geologische Untersuchungen auf Blatt Werneck in Unterfranken. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **37**: 1–11, Stuttgart.
- Hohn, K. F. (1833): Beschreibung des Königreichs Bayern nach den neuesten Bestimmungen. – 658 S., München (Literarisch-Artistische Anstalt).
- Issi (2018): Binsbacher erforschten ihre Dorfgrenzen. – In: <https://www.mainpost.de/regional/main-spessart/Binsbacher-erforschten-ihre-Dorfgrenzen;art772,10039210> (30. März 2020).
- Jerz, H. (1988): Zum Quartär in der Umgebung von Ochsenfurt. – Führer zur Exkursion E. – Deuqua 24. Tagung, 14 S., Hannover.

- Jerz, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern. – 243 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- Jerz, H. & Schwarzmeier, J. (1981): Periglazialer Bereich. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000. – 3. Aufl.: 142–149, München.
- Katzung, G. & Ehmke, G. (1993): Das Prätertiär in Ostdeutschland. Strukturstockwerke und ihre regionale Gliederung. – 139 S., Köln (Loga).
- Kelber, K.-P. (1983): *Schizoneura paradoxa* Schimp. & Moug. aus dem Unteren Keuper Frankens. – Naturwiss. Jb. Schweinfurt, **1**: 19–33, Schweinfurt.
- Kelber, K.-P. (1990): Die versunkene Pflanzenwelt aus den Deltasümpfen Mainfrankens vor 230 Millionen Jahren. Makrofloren aus dem Germanischen Unterkeuper. – *Beringeria*, Sonderheft **1**: 67 S., Würzburg.
- Kelber, K.-P. (2015): Die Makroflora des Lettenkeupers. – In: Hagdorn, H., Schoch, R. & Schweigert, G. [Hrsg.]: *Der Lettenkeuper – Ein Fenster in die Zeit vor den Dinosauriern*. – 51–100, Ingelfingen (Schmidt).
- Kelber, K.-P. & Geyer, G. (1989): Lebensspuren von Insekten an Pflanzen des Unteren Keupers. – *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg* **109**: 165–174, Frankfurt a. M.
- Kemnitzer, B. (1993): Geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Oberen Muschelkalk und Unteren Keuper bei Gramschatz, 15 km nördlich von Würzburg. – *Dipl.-Arb. Univ. Würzburg*: 134 S., Würzburg.
- Kirchner, A. (1934): Die saxonische Tektonik Unterfrankens und ihre Einwirkung auf die Morphologie und Flußgeschichte des Mains. – *Abh. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt*, **12**: 48 S., München.
- Klein, D. (1985): Sedimentationszyklen im oberen Hauptmuschelkalk (Trias) von Südwestdeutschland. – *Arb. Inst. Geol. Pal. Univ. Stuttgart*, N. F. **81**: 115–150, Stuttgart.
- Köhler, A.-V. (1986): Erläuterungen zu einer geologische Kartierung auf dem Blatt Nr. 6025 Arnstein (NE-Quadrant) der Topographischen Karte 1 : 25 000 und stratigraphische Untersuchungen des Mittleren Muschelkalkes anhand zweier Kernbohrungen. – *Dipl.-Arb. Univ. Würzburg*: 157 S., Würzburg.
- Körber, H. (1962): Die Entwicklung des Maintales. – *Würzburger Geogr. Arb.*, **10**: 170 S., Würzburg.

- Köster, H. & Schnitzer, W. A. (1984): Lithologische und geochemische Untersuchungen im Unteren Keuper bei Ochsenfurt (Unterfranken). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **66**: 273–292, Stuttgart.
- Krebs, N. (1919): Morphologische Probleme in Unterfranken. – Z. Ges. Erdkunde, **1919**: 307–335, Berlin.
- Kus, G. (2020): Quellschüttungsmessungen; Spezifische Ergiebigkeiten; maximale Förderleistungen – In: Bodeninformationssystem Bayern (Abfrage 6. Februar 2021).
- Menning, M. (2000): Stratigraphische Nomenklatur für die Germanische Trias (von Alberti 1834) und Dyas (Marcou 1859, Geinitz 1861). – Z. geol. Wiss., **28**(1/2): 281–290, Berlin.
- Meynen, E. & Schmithüsen, J. [Hrsg.] (1953–1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. – 9 Lieferungen in 8 Büchern, aktualisierte Karte 1 : 1 000 000 mit Haupteinheiten 1960, Remagen/Bad Godesberg (Bundesanstalt für Landeskunde).
- Middendorf, E. (1982): Erläuterungen zu einer geologischen Kartierung auf dem Blatt Nr. 6025 Arnstein (SW-Quadrant) der Topographischen Karte 1 : 25 000 mit speziellen geophysikalischen Untersuchungen zur Tektonik. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 128 S., Würzburg.
- Müller, J. (1996): Grundzüge der Naturgeographie von Unterfranken. Landschaftsökologie – Landschaftsgenese – Landschaftsräumlicher Vergleich. – Fränkische Landschaft, **1**: 324 S., Gotha (Justus Perthes).
- Nitsch, E. (2005): Sequenzstratigraphie. – In: DSK [Deutsche Stratigraphische Kommission] [Hrsg.]: Stratigraphie von Deutschland IV – Keuper. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **253**: 127–133, Frankfurt a. M.
- Nolte, J. (1989): Die Stratigraphie und Palökologie des Unteren Hauptmuschelkalks (mo1, Mittl. Trias) von Unterfranken. – Berliner geowiss. Abh. (A), **106**: 303–341, Berlin.
- Patzelt, W. J. (1964): Lithologische und paläogeographische Untersuchungen im Unteren Keuper Süddeutschlands. – Erlanger geol. Abh., **52**: 30 S., Erlangen.
- Paul, J. (1982): Der Untere Buntsandstein des Germanischen Beckens. – Geol. Rdsch., **71**(3): 795–812, Stuttgart.

- Pfaff, F. (o. J.): Geologische Uraufnahmen des Geländes um die Wern zwischen Zeuzleben und Reuchelheim bei Arnstein 1 : 25 000. – Im Archiv der Zweigstelle München. – [zitiert in Schuster (1943)].
- Regierung von Unterfranken (1949): Verzeichnis der baustoffherzeugenden Industrie Unterfrankens. – 30 S., Würzburg (Eigenverlag).
- Rein, S. & Ockert, W. (2000): Die enodis-/posseckeri-Zone im Oberen Muschelkalk Thüringens – Ausbildung und Fossilführung. – Veröff. Naturkundemuseum Erfurt, **19**: 43–67, Erfurt.
- Reineck, H. E. & Singh, J. B. (1980): Depositional Sedimentary Environments. With Reference to Terigenous Clastics. – 2. Aufl.: 549 S., Berlin-Heidelberg-New York (Springer).
- Röhl, U. (1990): Parallelisierung des norddeutschen oberen Muschelkalks mit dem süddeutschen Hauptmuschelkalk anhand von Sedimentationszyklen. – Geol. Rdsch., **79**(1): 13–26, Stuttgart.
- Röhl, U. (1993): Sequenzstratigraphie im zyklisch gegliederten Oberen Muschelkalk Norddeutschlands. – In: Hagdorn, H. & Seilacher, A. [Hrsg.]: Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. – Sonderbde. Ges. Naturkde. Württemberg, **2**: 29–36, Stuttgart (Goldschneck).
- Rösner, U. (1990): Die Mainfränkische Lößprovinz. – Erlanger Geogr. Arb., **51**: 306 S., Erlangen.
- Rottmayer, A. (1830): Statistisch-topographisches Handbuch für den Unter-Mainkreis des Königreichs Bayern. – 604 S., Würzburg (Sartorius).
- Rutte, E. (1957): Einführung in die Geologie von Unterfranken. – 168 S., Würzburg (Laborarzt-Verlag).
- Rutte, E. (1971): Pliopleistozäne Daten zur Änderung der Hauptabdachung im Maingebiet, Süddeutschland. – Z. Geomorph., N. F., Suppl., **12**: 51–72, Berlin.
- Rutte, E. & Wilczewski, N. (1995): Mainfranken und Rhön. – Slg. geol. Führer, 3. Aufl., **74**: 232 S., Stuttgart (Borntraeger).
- Sabbagh, N. (1982): Erläuterungen zur geologischen Kartierung auf dem NE-Quadranten des Gradabteilungsblattes 6025 Arnstein der Topographischen Karte von Bayern 1 : 25 000. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 88 S., Würzburg.

- Schenk (1852): Geognostische Karte der Umgegend von Würzburg. – [zitiert in Vossmerbäumer 1983].
- Schirmer, W. (2013): Moenodanubius – Flussweg quer durch Franken. – Naturhist. Ges. Nürnberg, Jahresmitt. 2013 (Nürnberg 2014): 89–146, Nürnberg.
- Schmidt, M. (1928): Die Lebewelt unserer Trias. – 461 S., Öhringen (Rau).
- Schmidt, M. (1938): Die Lebewelt unserer Trias – Nachtrag. – 143 S., Öhringen (Rau).
- Schnitzer, W. A. & Vossmerbäumer, H. (1984): Über quartäre Flugsande in Franken. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **66**: 263–272, Stuttgart.
- Schödlbauer, S. & Hoffmann, U. (1991): Untersuchungsgebiet Salz des Mittleren Muschelkalk in Franken, Geologische Karte 1 : 100 000 (Quartär abgedeckt). – München (Bayer. Geol. L.-Amt). – [unveröff.]
- Schön, G. (2014): Ehemaliges Kalkwerk in Reuchelheim am Brückenberg. – 1 S., Reuchelheim (unveröff. Msk.).
- Schuster, M. (1925): Aufbau und Geschichte der Landschaft um den mittleren Main (Maindreieck). – Veröff. Ges. Bayer. Landeskd., **2**: 1–17, Nürnberg.
- Schuster, M. (1928): Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. – VI. Abt.: 119 S., München (Oldenbourg u. Piloty & Loehle).
- Schuster, M. (1943): Geologische Studien im Maindreieck. – Jb. R.-Amt Bodendforsch., **63**: 134–175, Berlin.
- Schuster, M. & Nathan, H. (1937): Erläuterungen zum Blatt Windsheim (Nr. XXII) der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000, Teilblatt Kitzingen. – 128 S., München. – [Geol. Kt. 1934]
- Schwarzmeier, J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6024 Karlstadt und zum Blatt Nr. 6124 Remlingen. – 155 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Schwarzmeier, J. (1980): Geologische Karte des Maintales 1 : 200 000. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Donau und Main (Hydrogeologie): Beil. 1 u. 2 zur Arbeit Dobner, München 1980.
- Schwarzmeier, J. (1982): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5927 Schweinfurt. – 139 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).

- Schwarzmeier, J. (1983): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6127 Volkach. – 132 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Schwarzmeier, J., Zitzmann, A., Hergesell, G. & Hüttner, R. (1985): Geologische Übersichtskarte 1:200 000, CC 6318 Frankfurt a. M.-Ost. – Hannover (B.-Anst. Geowiss. Rohst.).
- Seegis, D. (1999): Die Wirbellosen-Fauna des Keupers: Zusammensetzung und ökologische Aussagemöglichkeiten. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 371–382, München (Pfeil).
- Siebenhüner, M. (1968): Zur jüngeren Tektonik Frankens. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **131**: 98–118, Stuttgart.
- Spilling, W. (1952): Zur Situation der fränkischen Volksmusik. – In: http://frankenland.franconica.uni-wuerzburg.de/login/data/19523_2.pdf (30. März 2020).
- Ssymank, A. (1994): Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebiet Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU. – Natur und Landschaft, **69**(9): 395–406, Bonn (Bundesamt für Naturschutz).
- Thorwarth, F. (1924): Das Maindreieck. – Landschaftskde. Franken, **1**: 136 S., Würzburg.
- Tietze, K.-W. (1982): Zur Geometrie einiger Flüsse im Mittleren und Oberen Buntsandstein Süddeutschlands. – Geol. Rdsch., **71**(3): 813–828, Stuttgart.
- Ulbrich, R. (1956): Tektonik und Grundwasserführung in ihren Beziehungen zueinander auf Grund geologischer Aufnahmen in der Umgebung von Würzburg. – Geologica Bavarica, **25**: 51–89, München.
- Vereinsring Gänheim [Hrsg.] (1991): Geschichte eines Dorfes im Werntal. Gänheim 1250 Jahre. 550 Jahre Pfarrei. – 155 S., Würzburg (Triltsch).
- Voßmerbäumer, H. (1970): Germanonutilus (Cephalopoda, Nautilida) im Würzburger oberen Wellenkalk. – Geol. Bl. NO-Bayern, **20**(1/2): 46–51, Erlangen.
- Vossmerbäumer, H. (1972/74): Versuch einer kommentierten Bibliographie zum Germanischen Muschelkalk, Trias. – Zbl. Geol. Paläont. I, **1972**(9/10): 629–692; II, **1974**(5–6): 365–386; III, **1974**(9/10): 629–742, Stuttgart.
- Vossmerbäumer, H. (1973): Quartäre Flugsande in Nordbayern. – Geol. Bl. NO-Bayern, **23**(1): 1–20, Erlangen.

- Vossmerbäumer, H. (1983): Geologische Karten. – 274 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- Vossmerbäumer, H. (1985): Strukturgeologische Untersuchungen in Mainfranken: Bestandsaufnahme und Versuch einer Interpretation. – Z. dt. geol. Ges., **136**: 69–92, Hannover.
- Wagner, G. (1913): Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalks und der unteren Lettenkohle in Franken. – Geol. Paläont. Abh., N. F., **12**: 1–180 (273–452), Jena.
- Weinig, H. (1984 a): Sandsteine des Keupers. – In: Weinig, H., Dobner, A., Lagally, U., Stephan, W., Streit, R. & Weinelt, W.: Oberflächennahe Mineralische Rohstoffe von Bayern. – Geologica Bavarica, **86**: 249–266, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Weinig, H. (1984 b): Normalfazies des Oberen Muschelkalks. – In: Weinig, H., Dobner, A., Lagally, U., Stephan, W., Streit, R. & Weinelt, W.: Oberflächennahe Mineralische Rohstoffe von Bayern. – Geologica Bavarica, **86**: 169–171, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Weinig, H. (2000): Rohstoffe. – In: Freudenberger, W.: Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6226 Kitzingen. – 109–126, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Weinig, H. (2003): Werksandsteine des Unteren Keupers. – In: Freudenberger, W., Linhardt, E., Wagner, S., Weinig, H. & Zarbok, P.: Die Kernbohrungen Waigolshausen 1 und Werneck 1 südwestlich Schweinfurt/Unterfranken. – Geologica Bavarica, **108**: 146–149, München.
- Wierer, J. F. (1999): Megasporen, ein Teilaspekt triassischer Palynologie. – In: Hauschke, N. & Wilde, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. – 207–220, München (Pfeil).
- Wilczewski, N. (1967): Mikropaläontologische Untersuchungen im Muschelkalk Unterfrankens. – Diss. Univ. Würzburg: 111 S.; Würzburg.
- Wirsing, G. (1981): Geologische Kartierung auf dem NW-Quadranten des Kartenblattes Nr. 6025 Arnstein der Topographischen Karte 1 : 25 000 mit Erläuterungen und mit Untersuchungen eines Übergangsprofils im Grenzbereich Mittlerer/Oberer Muschelkalk. – Dipl.-Arb. Univ. Würzburg: 187 S., Würzburg.
- Wittmann, O. (1982): Paläoböden in Nordbayern und im Tertiärhügelland. – Geol. Jb., **F 14**: 45–62, Hannover.

- Wittmann, O. (1991): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern. Übersichtskarte 1 : 100 000. – GLA-Fachberichte, **5**: 5–47, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- Wurm, A. (1956): Beiträge zur Flußgeschichte des Mains und zur diluvialen Tektonik des Maingebietes. – *Geologica Bavarica*, **25**: 1–21, München.
- Wurster, P. (1965): Krustenbewegungen, Meeresspiegelschwankungen und Klimaänderungen der deutschen Trias. – *Geol. Rdsch.*, **54**: 224–240, Stuttgart.
- Wurster, P. (1968): Paläogeographie der deutschen Trias und die paläogeographische Orientierung der Lettenkohle in Südwestdeutschland. – *Eclogae geol. Helv.*, **61**(1): 157–166, Basel.
- Ziegler, P. A. (1987 a): Compressional intra-plate deformations in the Alpine foreland – an introduction. – *Tectonophysics*, **137**: 1–5, Amsterdam (Elsevier).
- Ziegler, P. A. (1987 b): Late Cretaceous and Cenozoic intra-plate compressional deformations in the Alpine foreland – a geodynamic model. – *Tectonophysics*, **137**: 389–420, Amsterdam (Elsevier).
- Ziegler, P. A. (1990): Collision related intra-plate compression deformations in Western and Central Europe. – *Journal of Geodynamics*, **11**: 357–388, Amsterdam (Elsevier).

Das Kartenblatt 6025 Arnstein liegt im Fränkischen Schichtstufenland und wird entsprechend der naturräumlichen Gliederung den Maindreieck-Gäuplatten zugerechnet. Das Landschaftsbild wird im Wesentlichen durch die flachwellige Gäufläche geprägt. Die steilen Hänge im Tal der Wern sowie deren Nebentäler werden von den harten Kalk- und Kalkmergelsteinen des Muschelkalks gebildet. Im Retzbachtal sowie in dessen steilen Nebentälchen steht der Untere Muschelkalk (Wellenkalk) an. Oberhalb der markanten Hangkante folgen die flachen Hänge des weichen Mittleren Muschelkalks. Im Werntal und dessen Nebentälchen hingegen streicht zwischen Stetten und Arnstein, tektonisch eingemuldet, im unteren Talbereich der Mittlere Muschelkalk aus. Der Obere Muschelkalk versteilt den Talhang und leitet mit deutlicher Kante über zur Verebnung der Gäufläche. Hangend folgen über dem Muschelkalk leicht verwitternde Tonsteine, Gelbkalksteine und wenig härtere Sandsteine des Unteren Keupers. Diese wenig verwitterungsresistente Schichtenfolge formt eine flachwellige Landschaft. Die teilweise mächtige Lößbedeckung, vor allem im Gramschatzer Wald, wirkt zusätzlich reliefunterdrückend und -ausgleichend.

Drei Forschungsbohrungen sowie einige Steinbrüche geben vorzüglich Auskunft über den Schichtenaufbau des Kartenblattes. Die Schichtenerlagerung ist geprägt durch zwei SW–NE-streichende großräumige Verbiegungen: der Arnsteiner Sattel und die Thüngener Mulde.

Die Trinkwasserversorgung erfolgt über kommunale Brunnen aus den wasserführenden Schichten des Mittleren Muschelkalks, vor allem aus der Thüngener Mulde.

Die Gewinnung oberflächennaher Baurohstoffe im Blattgebiet erfolgt bei Retzstadt aus dem Unteren Muschelkalk. Ehemalige Steinbrüche und Sandgruben sind zum überwiegenden Teil aufgelassen.

Intensiver Ackerbau findet vor allem auf der lößbedeckten Gäufläche statt. Vorzügliche Frankenweine gedeihen insbesondere an den Hängen des Retzbach- und des Werntales. Den zentralen Blattbereich prägen ausgedehnte Mischwaldflächen, besonders der Gramschatzer Wald.