

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Blatt:

1011 Beggingen (Südhälfte)
mit SW-Anteil von Blatt **1012 Singen**

Topographie: Landeskarte der Schweiz 1:25 000

(Atlasblatt 97)

Erläuterungen

verfasst von

FRANZ HOFMANN, RUDOLF SCHLATTER und MARKUS WEH

Mit 17 Textfiguren und 8 Tabellen

2000

Herausgegeben vom Bundesamt für Wasser und Geologie
Landeshydrologie und -geologie

Publié par l'Office fédéral des eaux et de la géologie
Service hydrologique et géologique national

Empfehlung für das Zitieren im Literaturverzeichnis*Karte:*

HOFMANN, F. (1997): Blatt 1011 Beggingen (Südhälfte) mit SW-Anteil von Blatt 1012 Singen. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Karte 97.

Erläuterungen:

HOFMANN, F., SCHLATTER, R. & WEH, M. (2000): Blatt 1011 Beggingen (Südhälfte) mit SW-Anteil von Blatt 1012 Singen. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 97.

Vertrieb: Bundesamt für Landestopographie, CH-3084 Wabern

© 2000, Bundesamt für Wasser und Geologie, CH-3003 Bern. – Alle Rechte vorbehalten. Übersetzungen und analoge oder digitale Vervielfältigungen dieses Dokuments oder von Teilen davon, die nicht ausschliesslich dem privaten Eigengebrauch dienen, sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers gestattet.

ISSN 1420-2913

ISBN 3-906723-37-2

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---------------------------------|-----|
| Vorwort | 4 |
| Einleitung | 5 |
| Stratigraphie | 7 |
| Paläozoikum | 7 |
| Kristallin | 7 |
| Mesozoikum | 8 |
| Trias | 9 |
| Jura | 27 |
| Tertiär | 56 |
| Eozän (z. T. evtl. Kreide)..... | 56 |
| Oligozän–Miozän..... | 57 |
| Miozäne Vulkanite..... | 78 |
| Quartär..... | 80 |
| Pleistozän..... | 80 |
| Pleistozän–Holozän..... | 88 |
| Tektonik | 90 |
| Mineralische Rohstoffe | 94 |
| Grundwasser und Bohrungen | 97 |
| Literaturverzeichnis..... | 104 |
| Geologische Karten | 111 |

VORWORT

Der schweizerische Anteil am Gebiet der topographischen Kartenblätter Beggingen und Singen beschränkt sich auf die Südhälfte bzw. die äusserste Südwestecke, weshalb die beiden Ausschnitte für die geologische Karte zusammengefasst wurden. Mit dem Blatt Nr.97 Beggingen-Singen des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 ist der nördlichste Teil der Schweiz nun geologisch erfasst und der Kanton Schaffhausen – abgesehen von der Exklave von Buchberg/Rüdlingen auf Blatt Eglisau – vollständig durch geologische Karten im Massstab 1:25 000 abgedeckt.

Die geologischen Aufnahmen wurden vom Neuhauser Geologen Dr. Franz Hofmann durchgeführt. Von 1977 bis 1990 kartierte er als externer Mitarbeiter anfangs für die Schweizerische Geologische Kommission (SGK), dann für die Landeshydrologie und -geologie (LHG). Herr Dr. Hofmann hat schon das 1981 erschienene geologische Atlasblatt Nr.74 Neunkirch aufgenommen und anschliessend – mit Blatt Beggingen-Singen – den nördlichen Anschluss an die Blätter Neunkirch und Diessenhofen kartiert.

Die Herstellung dieser Karte hat sich sehr aufwendig gestaltet, da sie mit der Umstellung zur modernen EDV-Kartographie konfrontiert wurde; dies hatte auch grössere Verzögerungen zur Folge.

Für die aufwendige redaktionelle Bearbeitung des Manuskriptes von Herrn Dr. Hofmann, konnte die LHG die Mitarbeit von Herrn Dr. Markus Weh gewinnen, welcher dieses mit neuen Daten und stratigraphischen Profilen erweitern konnte. Ebenso stützte sich die LHG auf die Mithilfe von Herrn Dr. Rudolf Schlatter, als Kenner der Stratigraphie des Mesozoikums des Schwäbischen Juras. Die redaktionelle Verantwortung bei der LHG haben die Herren Werner Flück und Laurent Jemelin wahrgenommen.

Die Landeshydrologie und -geologie dankt den Autoren für ihre geleistete Arbeit, insbesondere Herrn Dr. Hofmann für seine sorgfältige Darstellung der detaillierten Stratigraphie und der in ihrer Komplexität oft unterschätzten tektonischen Verhältnisse und den beiden Mitautoren für ihre wertvollen Beiträge. Dank geht ebenfalls an die Privatpersonen, Geologenbüros sowie die kommunalen und kantonalen Behörden, welche durch die Weitergabe von Informationen die vorliegende Publikation unterstützt haben.

März 2000

Bundesamt für Wasser und Geologie
Landeshydrologie und -geologie

EINLEITUNG

Das Gebiet von Beggingen-Singen liegt in der Südost fallenden Abdachung des Schwarzwaldes (durchschnittliches Einfallen: $\sim 3,2^\circ$). Im tief eingeschnittenen Wutachgebiet im Westen sind mit der Trias und den wenigen Kristallinaufschlüssen entlang der Talböden die tiefsten geologischen Einheiten zu erkennen. Gegen Südosten folgt zwischen Beggingen und Schleithelm ein schmaler Streifen mit runden Hügeln, untiefen Tälern und fetten oder sandigen Ackerböden. Der Untergrund wird hier vom Keuper, vom Lias und vom Dogger aufgebaut. Mit einer Steilstufe aus kalkigen Malm-sedimenten beginnt östlich von Beggingen die Hochfläche des Randens. Der Boden wird von wenigen, steinig und trockenen Äckern und von ausgedehnten Waldflächen eingenommen. Östlich der Durach, die sich in Nord-Süd-Richtung in das Randen-Plateau hineingefressen hat, überlagern tertiäre Sedimente den Malmkalk. Der einheitlich südostfallende Sedimentstapel wird an der Südost-Nordwest streichenden Randen-Verwerfung abrupt abgeschnitten. Nordöstlich dieser Abschiebung sind vorwiegend tertiäre Sedimente aufgeschlossen. Ihre Auflagerung auf den Jura ist nur entlang den Talböden im nordwestlichen Bereich zu erkennen. Im Osten reichen die tertiären Sedimente bis an den Westhang des Hohenstoffeln und enthalten einige Vorkommen von Vulkaniten (Deckentuff, Schlotte, Tuffitlagen).

Einen ausgezeichneten Überblick über die Geologie der weiteren Umgebung des Kartengebietes geben GEYER & GWINNER (1991) und MÜLLER et al. (1984). Daneben sei auch auf die grundlegenden Arbeiten von Schalch, Paul (Muschelkalk) und Hahn (Jura) verwiesen. Wesentliche Abschnitte der Erläuterungen zu Blatt Beggingen-Singen bauen auf der Kartierung und den Erläuterungen von SCHALCH (1912, 1916) auf. Die Sammlung Schalch, die durch die Bombardierung von Schaffhausen am 1. April 1944 stark in Mitleidenschaft gezogen worden war, wurde von R. Schlatter restauriert und gewürdigt (SCHLATTER 1979, 1980a). Sie wird im Museum zu Allerheiligen in Schaffhausen aufbewahrt und bildet für das Gebiet des vorliegenden Blattes Beggingen-Singen eine sehr wichtige Dokumentation.

Der erstgenannte Verfasser ist folgenden Herren und Stellen zu besonderem Dank verpflichtet

- Prof. Dr. K. Lemcke und Dr. H. K. Zöbelein (beide in München tätig) für den eingehenden und wichtigen Gedankenaustausch zur Oberen Meeresmolasse, zur Graupensandrinne und zur «Brackwassermolasse».
- Dipl. Geol. S. Adelman (Mannheim) für die zur Verfügung gestellte Diplomarbeit über das Gebiet der Randen-Verwerfung.
- Prof. Dr. R. Hantke (ETH Zürich), Dr. G. Rahm (Freiburg i. Br.) und Dr. A. Schreiner (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.)

- für den Gedankenaustausch, gemeinsame Feldbegehungen und die Erörterung der Quartärprobleme im Wutachgebiet.
- Dr. A. Schreiner für die gemeinsamen Begehungen an der Randen-Verwerfung und im Molassegebiet des Kartiergebietes und für den langjährigen Gedankenaustausch.
 - Dr. R. Wyss und dem Büro Büchi & Müller AG, Frauenfeld, für den Gedankenaustausch und die Informationen zu Bohrungen im Gebiet der Mergelgrube Biberegg, sowie der Direktion der Portland-Cementwerk Thayngen AG und im speziellen Herrn Richard für die gewährte, wertvolle Unterstützung.
 - Prof. Dr. Tj. Peters (Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern) für die Identifikation der Tongesteine aus der «Brackwassermolasse».
 - E. Krayss (St. Gallen) für die Diskussion von Problemen der Quartärgeologie.
 - Dr. B. Hofmann (Naturhistorisches Museum Bern) für die Informationen zum Kristallin und zur Trias im Wutachgebiet, für die Untersuchung von Probenmaterial und für die vielen gemeinsamen Exkursionen.
 - Dr. Hansruedi Graf für die kritische Durchsicht des Quartärabschnittes.

STRATIGRAPHIE

PALÄOZOIKUM

Kristallin

γ Granit

Zwischen Schwaningen und Weizen im Merenbachtal tritt an mehreren Stellen entlang dem Bachlauf und ebenso längs der Strasse zwischen Schwaningen und dem Ausgang des Rohrbachtals (Tal vom Lembach) Granit zutage. Dieser graurötliche Granit, der stellenweise von schmalen pegmatitischen Kluffüllungen durchsetzt ist, unterscheidet sich deutlich vom Granit von Wellendingen (Lenzkirch-Steina-Granit: mit grossen Kalifeldspat-Porphyrklasten) und ist von diesem durch eine rund 2,5 km breite Gneiszone getrennt.

Der noch nie beschriebene Granit von Schwaningen-Weizen wurde von Beda Hofmann (Bern) mit folgendem Ergebnis untersucht (Probe entnommen westlich von Weizen bei Koord. 675.580/292.260):

Gleichkörniger Granit, mittlere Korngrösse 1.0 bis 1.5 mm, Verhältnis Quarz:Kalifeldspat:Plagioklas ~ 1:1:1. *Plagioklas*: deutlicher Zonarbau, Kerne sind mit feinverteilter Hämatit durchsetzt und oft vollständig serizitisiert. Albitverzwillingungen sind häufig sichtbar, der mittlere An-Gehalt beträgt rund 30% (optisch), einzelne Einsprenglinge sind bis 6 mm gross (grösste Kristalle im Gestein). *Kalifeldspat*: frisch, wenig perthitisch, xenomorph (zwickelfüllend), bildet keine Porphyrkristalle. *Quarz*: undulöse und verzahnte Korngrenzen, z.T. deutlich rekristallisiert. *Biotit*: braun, nesterweise stark chloritisiert, bildet ca. 1 mm grosse tafelige Kristalle und enthält sehr viele pleochroitische Höfe um Zirkon. *Zirkon*, *Apatit*: Einschlüsse in Biotit, Apatit tritt auch in anderen Mineralien auf. *Muskovit/Serizit*: verdrängt Biotit, sekundäre (postmagmatische) Bildung.

Der Granit hat geringe tektonische Beanspruchung erfahren und ist mit dem Granit von St.-Blasien vergleichbar.

Zwischen dem Ausgang des Tals von Lembach und Weizen ist der Granit stellenweise oberflächlich vertont und vergrust (temporäre Aufschlüsse längs der Strasse, 1974).

π Rhyolith (Quarzporphyr)

Im Merenbachtal, an der Strasse 750 m östlich des westlichen Randes des Kartengebietes bei Schwaningen, durchsetzt ein etwa 30 m breiter Rhyolithgang den Granit. Das Gestein ist nur im Kontakt mit dem hangenden Buntsandstein leicht zersetzt und mit Chalcedon aus dem auflagernden Karneolhorizont imprägniert.

HOFMANN (1985) bestimmte für den Rhyolith folgende Zusammensetzung:

Tabelle 1 a: *Geochemie*

| | |
|--------------------------------|---------|
| SiO ₂ | 73,09 % |
| TiO ₂ | 0,14 % |
| Al ₂ O ₃ | 14,00 % |
| Fe ₂ O ₃ | 0,87 % |
| FeO | 0,31 % |
| MnO | 0,04 % |
| MgO | 0,25 % |
| CaO | 0,52 % |
| Na ₂ O | 3,25 % |
| K ₂ O | 4,72 % |
| P ₂ O ₅ | 0,24 % |
| H ₂ O | 1,35 % |
| CO ₂ | 0,11 % |
| Total | 98,89 % |

Tabelle 1 b: *Mineralbestand
(röntgenographisch bestimmt)*

| | |
|--------------|-------|
| Quarz | 38 % |
| Plagioklas | 25 % |
| Kalifeldspat | 25 % |
| Kalzit | 0,2 % |
| «Rest» | 8 % |

MESOZOIKUM

Bemerkungen zur paläontologischen Nomenklatur

Zu einem wesentlichen Teil des geologisch neu aufgenommenen Kartengebiets hat Schalch die grundlegende Vorarbeit geleistet (siehe die zu diesem Autor im Literaturverzeichnis aufgeführten Kartenerläuterungen). Die von Schalch darin publizierten, teils sehr umfangreichen Profilbeschreibungen mit den dazugehörigen Faunenlisten (insb. Trias und Jura) sind hier – wenn keine aktuelleren Daten aus der Fachliteratur greifbar waren – unverändert übernommen worden. Die paläontologische Überarbeitung der teils heute nicht mehr gebräuchlichen Fossilbezeichnungen hätte einen immensen Mehraufwand an Arbeit bedeutet. Zudem macht eine solche Revisionsarbeit nur dann Sinn, wenn die betreffenden Originalbelege vollständig vorliegen und zweifelsfrei den Profilen zugeordnet werden können. In vielen Fällen lassen sich die von Schalch gebräuchlichen Fossilbezeichnungen «übersetzen». Dazu sind in den letzten Jahren klassische Bestimmungswerke der Paläontologie, die Schalch teils selbst benutzte, einer kritischen nomenklatorischen Revision unterzogen worden. Die Benutzung dieser Quellen erleichtert die Lesbarkeit der vorliegenden Erläuterungen wesentlich:

- FRAAS, E.: Der Petrefaktensammler. – *Nachdruck der Erstausgabe 1910*, mit zusätzlichen Registern der Fossilnamen nach der geltenden Nomenklatur von H. Rieber, Ott, Thun und München, 1972.
- QUENSTEDT, F. A.: Der Jura. – *Nachdruck der Erstausgabe 1856/58*, erweitert und ergänzt durch die heutige gültigen Fossilnamen mit einem Register; überarbeitet von A. E. Richter, Goldschneck, Korb, 1990.
- QUENSTEDT, F. A.: Die Ammoniten des schwäbischen Jura. – *Nachdruck der Erstausgabe 1882/1888*, Text und Atlas. Revision der Gattungs- und Untergattungsnamen. Bearb. Deutsche Subkommission Jura-Stratigraphie. – Schweizerbart, Stuttgart, 1973.

In einigen Fällen ist im Text der heute gebräuchliche Name in eckigen Klammern beigefügt worden. Wo neuere Arbeiten vorliegen – wie beispielsweise zur Paläontologie des Lotharingen und Carixien oder Aalénien – sind diese zitiert.

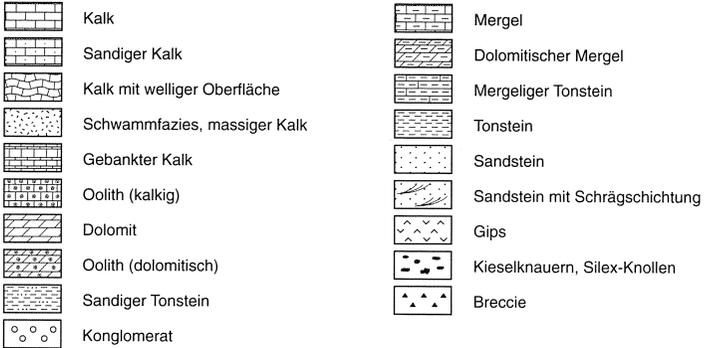
Ein zusätzlicher wichtiger Grund, die Fossilbezeichnungen von Schalch unverändert zu übernehmen, leitet sich aus dem Umstand ab, dass die Fossilien der Belegsammlung Schalch im Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen, ebenfalls noch die veralteten Bezeichnungen von Schalch tragen. Sie können dadurch einwandfrei den beschriebenen Fossilien in den Profilen zugeordnet werden. Die fachliche Aussage ist damit jederzeit mit Hilfe der Belege reproduzierbar.

Trias

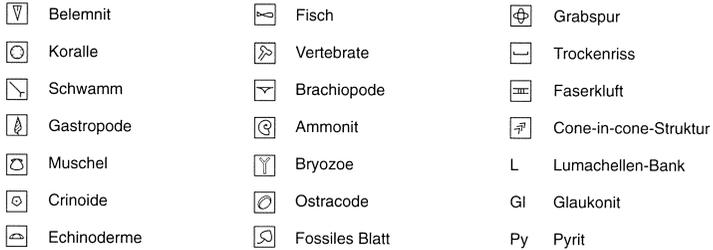
Auf Blatt Beggingen-Singen zeigt die Trias das folgende typische Profil (In Klammern Mächtigkeitsangaben der Bohrung Siblingen, 3 km südlich des Kartenblattes Beggingen-Singen; NAGRA 1992):

| | | |
|--|--------------------|-------------------|
| ?«Rhät»-Tone | ob. Mittelkeuper? | 0–6 m (6,27 m) |
| Sandsteinkeuper und bunte Keupermergel | mittl. Keuper | (30,86 m) |
| Gipskeuper | mittl. Keuper | (82,88 m) |
| «Lettenkohle» | unt. Keuper | (8,24 m) |
| Trigonodus-Dolomit | ob. Muschelkalk | 21 m (30,74 m) |
| Hauptmuschelkalk | ob. Muschelkalk | 46 m (25,93 m) |
| Anhydritgruppe | mittl. Muschelkalk | (64,72 m) |
| Orbicularis-Mergel | unt. Muschelkalk | 11,5 m (6,87 m) |
| «Wellenkalk» | unt. Muschelkalk | 28 m (25,74 m) |
| Wellendolomit | unt. Muschelkalk | 10 m (8,47 m) |
| Buntsandstein und Röt | ob. Buntsandstein | 9–32,5 m (9,12 m) |

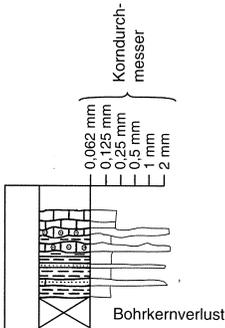
Lithologie



Zeichen



Bohrprofil



Feldprofil

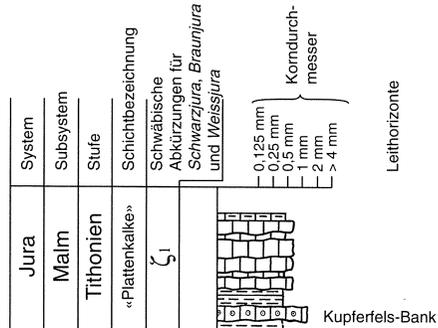
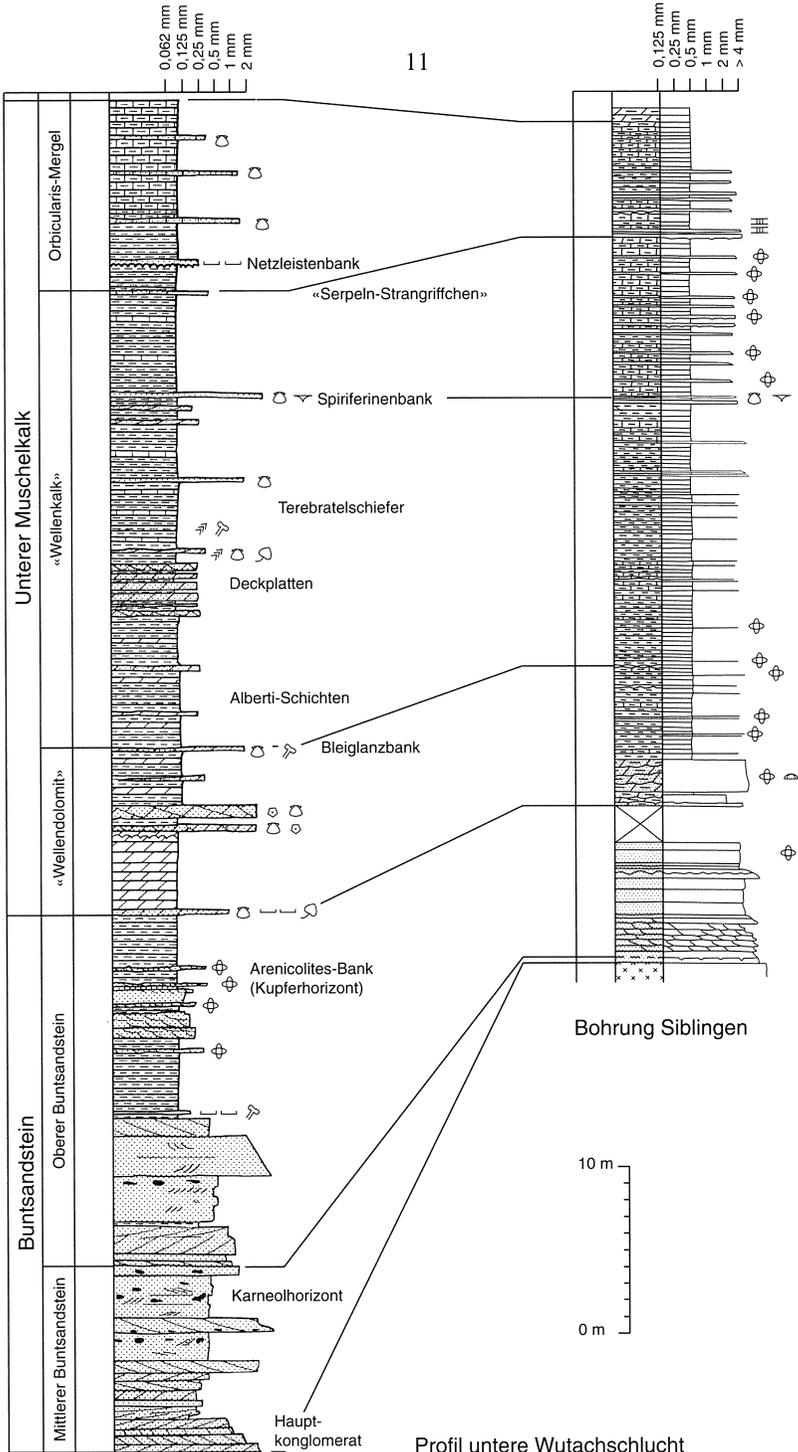


Fig. 1: Legende zu den stratigraphischen Profilen.

Fig. 2: Stratigraphische Profile der Unteren und Mittleren Trias: Linkes Profil: Obere Wutachschlucht, wenige Kilometer nördlich Atlasblatt Beggingen-Singen (HOFMANN & HOFMANN 1985). Rechtes Profil: Bohrung Siblingen, ca. 3 km südlich Atlasblatt Beggingen-Singen (NAGRA 1992). ⇒



Profil untere Wutachsenschicht

Buntsandstein

t₁ Röt, Arkosen und Quarzsandsteine

Buntsandstein tritt auf dem Kartengebiet nur im Merenbachtal zwischen Schwaningen und Weizen zutage. Im Jahr 1974 war er vor allem zwischen dem Ausgang des Tals von Lembach (Rohrbachtal) und Weizen bei Strassenkorrektionsarbeiten gut aufgeschlossen. Einblick erlaubt derzeit noch die Strassenböschung zwischen Rohrbachtal und Schwaningen.

Die Mächtigkeit des Buntsandsteins im genannten Gebiet beträgt maximal etwa 8 m. Der direkt auf dem Kristallin auflagernde Schichtkomplex besteht aus bis zu vier Bänken von hartem, weisslichem, quarzartig und kieselig zementiertem, meist feinkörnigem Sandstein von 0,7 bis 1,8 m Mächtigkeit, der mit weichen, tonigen und weissen bis violetten Sandlagen von etwa 0,8 bis 1,2 m Mächtigkeit wechsellagert. Letztere führen Quarzgrauen und Kalifeldspatkörner von bis zu 10 mm Grösse. Östlich des Ausgangs des Tals vom Lembach ist die Schichtmächtigkeit stark reduziert.

Am Kontakt mit der Kristallinunterlage tritt teilweise knollenartig etwas Karneol auf. Dies deutet darauf hin, dass im genannten Abschnitt des Merenbachtals nur Oberer Buntsandstein vorhanden ist (vgl. ORTLAM 1970, 1971), während im oberen Wutachtal auch noch das Hauptkonglomerat des Mittleren Buntsandsteins vorkommt (PAUL 1971 a, HOFMANN 1985). Vergleiche hierzu die beiden stratigraphischen Profile in Figur 2, die südlich und nördlich des Kartenblattes aufgenommen wurden.

Über den erwähnten Sandsteinen liegen sandige, rote Pelite des Röt von nur 1 bis 2 m Mächtigkeit mit einer tonigen, weissgrauen Sandsteinbank, die Malachit und Azurit enthält und die vermutlich der Arenicolites-Bank entspricht.

Eine Schwermineralzählung an einer Probe, die einer weiss-violetten, tonigen, arkoseartigen, karbonatfreien Sandlage ca. 2 m über der Kristallinoberfläche an der Strasse östlich von Schwaningen entnommen wurde, ergab den Befund nach Tabelle 2. Bemerkenswert ist der deutliche Gehalt an Monazit, der auch im Schilf- und im Stubensandstein gefunden wurde.

Tabelle 2: *Schwermineralbestand von tonigem Buntsandstein. Probelokalität: Strasse Weizen–Schwaningen, 200 m westlich der Einmündung des Rohrbaches (Tal von Lembach) in den Merenbach, 2 m über der Kristallinobergrenze.*

| | | | |
|--------|------|----------|------|
| Granat | 9 % | Titanit | + |
| Zirkon | 65 % | Monazit | 20 % |
| Rutil | 3 % | Turmalin | 12 % |

Granat in % aller Schwerminerale, die übrigen in % aller Schwerminerale ohne Granat.

Muschelkalk

UNTERER MUSCHELKALK (WELLENGEBIRGE)

Das Wellengebirge ist im Kartengebiet meist nur spärlich aufgeschlossen. Die Befunde erlauben aber den Schluss, dass diese Schichtserie im unteren Wutachtal gleichartig und gleich mächtig (ca. 50 m) ausgebildet ist, wie weiter westlich des Wutachgebietes. Die nachfolgende Darstellung stützt sich deshalb stark auf die Befunde von PAUL (1971a) und HOFMANN (1985). Das linke Profil in Figur 2 und die Beschreibung wurden (leicht gekürzt) von HOFMANN (1985) übernommen.

Der Übergang von der kontinentalen Fazies des Buntsandsteins zu den marinen Ablagerungen des Wellengebirges ist im Feld durch einen scharfen Farbumschlag von rot (Röt) nach gelb bis grau markiert.

Die Abgrenzung gegen den Mittleren Muschelkalk ist willkürlich festgelegt.

t_{IIad} «Wellendolomit»

Das Untere Wellengebirge ist rund 10 m mächtig und besteht vom Liegenden zum Hangenden aus drei deutlich unterscheidbaren Einheiten:

- Dünnebankte, laminierte Dolomite
- Sandige Dolomite mit Schrägschichtung
- Tonschiefer

An der Basis der laminierten Dolomite tritt eine massige Dolomitbank mit Quarzsandlinsen auf, die Trockenrisse zeigt und Muschelschalen, Knochenreste, Gastropoden und Pflanzenreste enthält. Das Dach des «Wellendolomites» bildet die 5 bis 20 cm mächtige Bleiglanzbank, eine biotritische Karbonatbank, die vollständig dolomitisiert ist. Im Kartengebiet ist sie derzeit nicht aufgeschlossen, wohl aber unmittelbar nördlich davon, 740 m östlich von Lausheim, bei Koord. 676.740/296.080. Sie erreicht dort etwa 10 cm Mächtigkeit und führt rund 3 % Galenit (Bleiglanz). Daneben kommen nach HOFMANN (1985) auch Sphalerit (Zinkblende), Chalkopyrit (Kupferkies), Bornit, Tennantit, Pyrit, Markasit, Brauvit, Molybdänit und Covellin vor. Mineralien, die überall im Wellengebirge zu finden sind.

Eine Bleiglanzbank kam 1974 bei der Strassenkorrektur rund 800 m westlich von Weizen im Merenbachtal zum Vorschein. Sie war 10 cm mächtig, relativ schwach mineralisiert und lag 6 m über der Basis des Wellengebirges. Diese Bank lässt sich mit der Bleiglanzbank s. str. von SCHALCH (1873) korrelieren, wenn man annimmt, dass die Mächtigkeit des Unteren Wellengebirges in diesem Gebiet reduziert vorliegt. Das ist möglicherweise der Fall, kann aber im Feld nicht bewiesen werden.

t_{11ak} «Wellenkalk»

Das Mittlere Wellengebirge macht mit 28 m über die Hälfte der Gesamtmächtigkeit des Unteren Muschelkalkes aus. Die rund 10 m mächtigen und tonigen Alberti-Schichten sind genau gleich ausgebildet wie die Pelite unterhalb der Bleiglanzbank (an der Basis des «Wellenkalkes»). Die Abfolge grauer Tone und Mergel wird nur durch vereinzelte Siltsteinbänke unterbrochen. Eine ähnliche Fazies stellen die darüberliegenden Deckplatten dar. Im Unterschied zu den Alberti-Schichten zeigen sie einen wesentlich höheren Anteil an Siltsteinbänken. Charakteristisch für die Fazies der Deckplatten ist eine Siltsteinbank mit röllchenartigen Gebilden an der Unterseite («Wurstelbank», PAUL 1971 a). Es folgen die dunklen Tonsteine der Terebratelschiefer, die von HOFMANN (1985) auch als Arsenzone bezeichnet werden. Es handelt sich um einen Horizont, in welchem weitverbreitet gediegenes Arsen auftritt. Neben der dunklen Farbe sind sie durch das häufige Vorkommen von «Nagelkalk» (Cone-in-cone-Strukturen) gekennzeichnet. Gegen oben gehen die Terebratelschiefer graduell in graue Tonsteine, Mergel und knollige Kalke über. Diese vorwiegend pelitischen Gesteine, die sich bis zu den Orbicularis-Mergeln fortsetzen, werden von einigen auffälligen Karbonatbänken unterbrochen. Die bis zu 40 cm dicke Spiriferinenbank zum Beispiel ist aus mehreren Teilbänken aufgebaut. Anhand des Biodetritus und des häufigen Auftretens der Spiriferinen ist sie einfach zu identifizieren und bildet einen wichtigen Leithorizont 9 m unterhalb der Obergrenze des «Wellenkalkes».

t_{11a0} Orbicularis-Mergel

Die untere Abgrenzung der Orbicularis-Mergel ist willkürlich. PAUL (1971 a) setzt sie an die Basis der «Serpeln-Strangriffchen», einem diskontinuierlichen Biolithit. Erst einige Meter höher, mit dem Beginn des bituminösen Charakters und dem Einsetzen von Feinlamination in den Mergeln, ist eine wesentliche Änderung der Sedimentationsverhältnisse zu erkennen. An der oberen Wutach tritt zudem die Netzleistenbank auf. Es handelt sich dabei um eine kleinmasstäblich kreuzgeschichtete Siltsteinbank. Ihre Unterseite zeigt neben wahrscheinlichen Trockenrissen und Schleifmarken Steinsalz-Pseudomorphosen. Letztere und die Trockenrisse sind deutliche Indizien einer Emersion. Schillbänke treten bis in den Top der Orbicularis-Mergel auf.

Die Orbicularis-Mergel liegen heute vor allem im Bett der Wutach an der Erdoberfläche. Aufschlüsse finden sich unmittelbar oberhalb der Brücke Grimelshofen, 300 bis 700 m unterhalb davon und oberhalb der Einmündung des Seldengrabens (Landesgrenze). An diesen Stellen führen die Orbicularis-Mergel Erzminerale, vor allem Galenit (Bleiglanz) und Sphalerit (Zinkblende).

MITTLERER MUSCHELKALK

t_{IIIb} Anhydritgruppe

Die nachstehende Beschreibung folgt vorwiegend den Darstellungen von HOFMANN (1985):

Der Mittlere Muschelkalk (Anhydritgruppe) ist im Kartengebiet schlecht aufgeschlossen. Gips löst sich unter dem Einfluss von Oberflächenwasser schnell auf und der tonige Rest bildet ein ideales Schmiermittel für Quartärdrutschungen des darüber liegenden Oberen Muschelkalkes. Infolgedessen ist der Mittlere Muschelkalk an Talhängen meist von einer mächtigen Schicht von Hangschutt und versackten Schollen des Oberen Muschelkalkes bedeckt. Öfters aufgeschlossen ist nur der oberste, dolomitische Teil, der Anhydritdolomit.

Die primäre Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalkes ist wegen mangelhafter Aufschlussverhältnisse nur ungenau zu erfassen. In den in der Nähe abgeteufte Bohrungen Siblingen (1913) und Wilchingen (1921) beträgt die Mächtigkeit 57,5 bzw. 62,5 m (nach SCHALCH 1916 und Aufzeichnungen von C. Schmidt) und in Böttstein 64 m (MÜLLER et al. 1984). Bei Siblingen, 3 km südlich des Kartenblattes erbohrte die NAGRA (1992) eine Mächtigkeit von 64,7 m. In dieser Bohrung (Koord. 680.090/286.693/574,35) wurde nachstehende Schichtfolge angetroffen:

| | |
|--|-----------------|
| Dolomit der Anhydritgruppe: | 233,7–249,39 m |
| – Hellbeige, laminierte Dolomite mit intraformationellen Breccien (8,12 m) | bis 241,82 m |
| – Hellbeige und laminierte Dolomite mit Drusen von Kalzit- und Quarzkristallen (7,57 m) | bis 249,39 m |
| Sulfatschichten der Anhydritgruppe: | 249,39–298,42 m |
| – Wechsellagerung von Ton, Dolomitmergel und Dolomit; gegen unten mit Gipsknollen und Anhydritlagen (7,46 m) | bis 256,8 m |
| – Gebänderter und geschichtet-massiver Anhydrit; zwischen 259,4 und 260,3 m Wechsellagerung von Dolomit und Ton (6,53 m) | bis 263,38 m |
| – Feingeschichtete Wechsellagerung von schwarzem Ton, milchig-weißem Anhydrit und Dolomit; 266,3–273,73 m: Einfallen des Anhydrits mit 10–50°; 273,73–275,85 m: 10–50 cm dicke Breccien (16,07 m) | bis 279,45 m |
| – Bläulicher bis weißer, geschichteter oder massiger Anhydrit (3,51 m) | bis 282,96 m |
| – Breccienserie: 20–180 cm mächtige Breccien mit Dolomit- und Anhydritkomponenten, wechsellagernd mit Tonschiefern und Anhydritlagen; 288,18–289,80 m: Tone und glimmerreiche Sandsteine (11,62 m) | bis 294,58 m |
| – Dolomitmergel mit Gips- und Anhydritlagen; Basis: mergelige Dolomitbank (3,84 m) | bis 298,42 m |

In der Bohrung Schleithem (1823, vgl. HOFMANN 1981) betrug die Mächtigkeit der Anhydritgruppe nur etwas mehr als 30 m. Die Reduktion der Mächtigkeit ist auf Sulfatlösung, auf Lösung ursprünglich vorhandener Salzlager oder auf

tektonische Ausquetschung zurückzuführen. Die Anhydritgruppe dürfte die lokale Bruchtektonik deutlich beeinflusst haben.

Ein kleiner Oberflächenaufschluss der Anhydritgruppe findet sich derzeit am linken Ufer der Wutach bei Koord. 678.190/291.360 an der Seldenhalde auf schweizerischem Gebiet, ein weiterer Aufschluss liegt SW von Blumegg bei Koord. 678.790/294.740.

Der Dolomit im obersten Teil der Anhydritgruppe ist mindestens 5 m mächtig. Im Aufschluss fallen vor allem die weissen, dichten oder laminierten Dolomite auf, in die häufig bis zu mehrere Zentimeter dicke graue, blaue oder braune Hornsteinbänder eingelagert sind. In drusigen Partien können diese Bänder bis 5 mm grosse, klare Quarzkristalle enthalten, so bei Koord. 677.450/290.000 am südlichen Blattrand SW von Baggenbrunnen. Quarzkristallführende Gerölle der Hornsteine finden sich nicht selten in den Wutachschottern.

OBERER MUSCHELKALK

Der Obere Muschelkalk, im Wutachgebiet bestehend aus dem Hauptmuschelkalk und dem Trigonodus-Dolomit, wurde von PAUL (1936, 1971 a) umfassend bearbeitet und beschrieben. Er ist im westlichen Teil des Kartengebietes das wichtigste landschaftsgestaltende Element. Der Hauptmuschelkalk bildet die Flanken der grösseren Täler und insbesondere die steilen Wände in der jungen Wutachschlucht SE von Blumegg (Flühe), während die Hochflächen zwischen den Tälern meistens vom Trigonodus-Dolomit aufgebaut werden.

Die Profile in Figur 3 zeigen den Aufbau des Oberen Muschelkalkes.

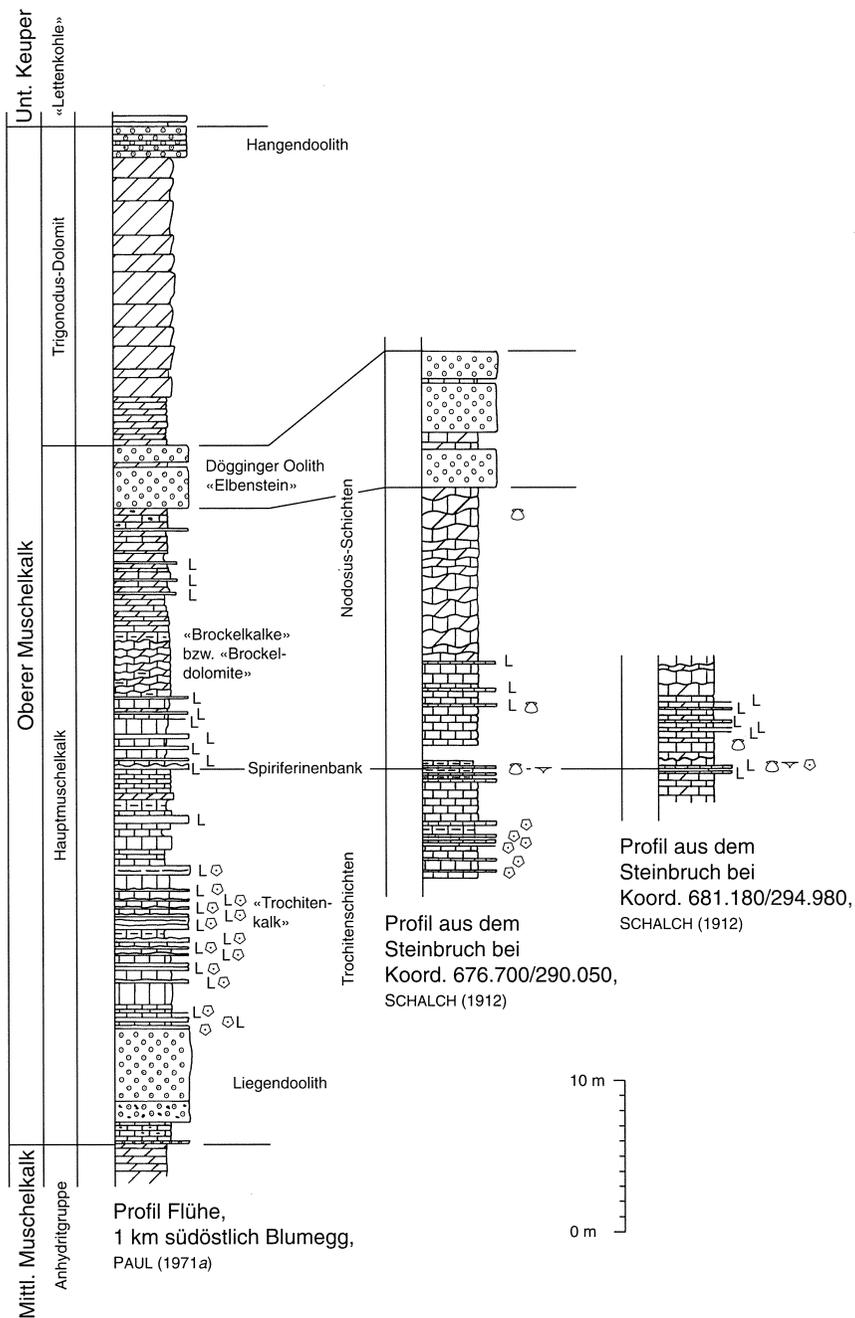
t_{11c} Hauptmuschelkalk

Den besten Einblick in den Hauptmuschelkalk bieten die Flühe über der Wutachschlucht gegenüber Blumegg. In den übrigen Gebieten ist meistens nur der obere Teil der Schichtserie zugänglich, während die unteren Partien zusammen mit der Anhydritgruppe vom Hangschutt des Oberen Muschelkalkes bedeckt sind.

Der Hauptmuschelkalk lässt sich vom Liegenden zum Hangenden in folgende Einheiten unterteilen:

1. Trochitenschichten
2. Nodosus-Schichten; Tonplattenregion von PAUL (1936)

Fig. 3: Stratigraphische Profile aus dem Oberen Muschelkalk an der mittleren Wutach von SCHALCH (1912) und PAUL (1971 a). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Als Leithorizont tritt an der Basis der Trochitenschichten der Liegendoolith auf. Dieser Oolith (Koord. 679.650/295.110, gegenüber Blumegg) ist kalkig ausgebildet und führt in den basalen Lagen Silexknollen. Seine Oolithkörner sind mit einem maximalen Durchmesser von 0,5 mm wesentlich kleiner (im Feld nur mit der Lupe zu erkennen) als die Ooide im Dögginger Oolith («Elbenstein») in den Nodosus-Schichten (max. Durchmesser der Ooide: 1 mm). Charakteristisch für den Liegendoolith ist zudem die schlechte Bankung und das zahlreiche Auftreten von Stylolithen. Über dem Liegendoolith folgen die fossilreichen «Trochitenkalke», die in SCHALCH (1912, p. 41 ff.) ausführlich beschrieben werden:

Die «Trochitenkalke» bestehen aus «... einer 8–9 m mächtigen Schichtenreihe vorwiegend dunkel-rauchgrau, zum Teil aber auch heller gefärbter Bänke, von denen eine Anzahl fast ausschliesslich aus den in Kalkspat umgewandelten Stielgliedern von *Encrinurus liliiformis* (sogenannten Trochiten) besteht.»

Die horizontale Ausdehnung der Trochitenbänke ist beschränkt, so dass ihre Abfolge in jedem Aufschluss wechselt. Nach PAUL (1971a) sind zwischen den trochitenführenden Lagen gelegentlich Mergelhorizonte und sehr selten Dolomitenlagen aufgeschlossen. Den Abschluss der Trochitenschichten gegen die hangenden Nodosus-Schichten bildet die Spiriferinenbank. Letztere ist eine Muschelschill-Lage in der zusammen mit den obersten Trochiten Brachiopoden der Gattung *Spiriferina* auftreten.

Die Nodosus-Schichten bestehen im unteren Teil aus einer eintönigen Wechselfolge von Tonsteinen, Kalken und Dolomiten mit wulstigen Oberflächen und kalkigen oder dolomitischen Mergeln. Gelegentlich sind Muschelschill-Lagen aufgeschlossen. SCHALCH (1912) unterteilt die Abfolge vom Liegenden zum Hangenden in die 5–7 m dicken Plattenkalke, die unteren Brockelkalke, die 3–7 m mächtigen Oolithe («Elbenstein») und in die 2–3 m mächtigen oberen Brockelkalke. Der Dögginger Oolith («Elbenstein»), der die Nodosus-Schichten gegen oben abschliesst, besteht aus einer 3–5 m mächtigen Abfolge von dolomitischen Oolithen, die von dünn-schichtigen und klüftigen «Brockeldolomiten» («Brockelkalken» bei SCHALCH 1912) im Liegenden und im Hangenden begleiten werden. Die Oolithe zeigen eine charakteristische Porosität, die sich durch die unvollständige Berührung der Ooide erklären lässt. Generell nimmt der Dolomitgehalt in den Nodosus-Schichten gegen oben zu.

t_{III} Trigonodus-Dolomit

Beim Trigonodus-Dolomit handelt es sich um eine Wechsellagerung von grauen oder gelben, feinzuckerkörnigen und porösen Dolomiten mit selten auftretenden dolomitischen Kalken und Mergeln. Häufig finden sich darin stark verkieselte Muschelschalen, Silexknollen und Hohlräume, die gelegentlich mit weissem Kalzit oder Pyrit gefüllt sind. Beim Zerschlagen riecht der Dolomit bituminös (wie auch die dolomitischen Gesteine des Hauptmuschelkalkes). Teils ist

er vollkommen fossilieer, teils wird er aus Steinkernen von Muscheln aufgebaut. Die Kalkschalen dieser Muscheln (*Gervillia*, *Myophoria*, *Pecten*, *Trigonodus*) sind wahrscheinlich herausgelöst worden. Gegen oben wird der Trigonodus-Dolomit vom 2 m mächtigen und dolomitischen Hangendoolith abgeschlossen.

Die gesamte Schichtfolge vom Hangendoolith über die oberen Brockeldolomite zum Trigonodus-Dolomit ist am besten im Steinbruch Baggenbrunnen nördlich von Schleitheim (Koord. 677.700/290.050) aufgeschlossen.

Keuper

t_{IIIa} «Lettenkohle» (Unterer Keuper)

Die «Lettenkohle» ist im Kartengebiet nur schlecht auffindbar und liegt hauptsächlich über der linken Talflanke der Mühlbach–Wutach-Talung auf den Hochflächen, die vom Trigonodus-Dolomit gebildet werden. Vollständige Profile sind keine aufgeschlossen.

Der Übergang vom Trigonodus-Dolomit zum Lettenkeuper ist undeutlich und nicht klar definiert. Die tiefsten, 1–1,5 m mächtigen Unteren Dolomite der «Lettenkohle» unterscheiden sich kaum vom Trigonodus-Dolomit. Einziges Unterscheidungsmerkmal sind die dünnen Bonebed-Lagen der Unteren Dolomite.

Die darüberliegenden, tonigen und mergelig-sandigen Schichten sind kaum mehr als 2 m mächtig. Auch darin sind sehr häufig Knochen- und Zahnfragmente sowie Pflanzen- und Fischreste zu finden. Die Grenze der «Lettenkohle» zum Gipskeuper bilden die Oberen Dolomite. Es handelt sich um dünngebankte, hellweisse-gelblichgraue, drusig bis löchrig ausgebildete Dolomite. Sie führen zuoberst eine Muschelschill-Lage, in der die Muschel *Myophoria goldfussi* ALB. (Bestimmung durch SCHALCH 1912) gehäuft auftritt. Die Gesteine der Oberen Dolomite fallen auf den Feldern als Lesesteine besonders auf.

Zur Problematik der Ausbildung und Abgrenzung der Lettenkohle vgl. SCHALCH (1906), MERKI (1961), PAUL (1971 a), HOFMANN (1981).

t_{IIIb} **Gips- und Sandsteinkeuper** (Mittlerer Keuper)

Die Schichtfolge des Mittleren Keupers ist in Figur 4 dargestellt.

Gipskeuper

Der Gipskeuper ist ca. 80 m mächtig, tonig-mergelig ausgebildet und enthält in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus Gips- und Anhydritvorkommen

von lokaler Ausdehnung. Der derzeit beste Aufschluss ist der Lachenbruch (Koord. 679.0/291.0). Meist schwarzgraue, bröcklige Mergel wechsellagern mit Gipsschichten von wenigen Zentimetern Dicke, die besonders im unteren Teil stellenweise als rötlicher Alabaster ausgebildet sind. Die gipsführende Zone ist von Fasergipsklüften durchsetzt. Bei Schlämmversuchen an Tonen des Lachenbruchs fand HOFMANN (1985) kleine Mengen von Galenit (Bleiglanz) und Chalkopyrit (Kupferkies).

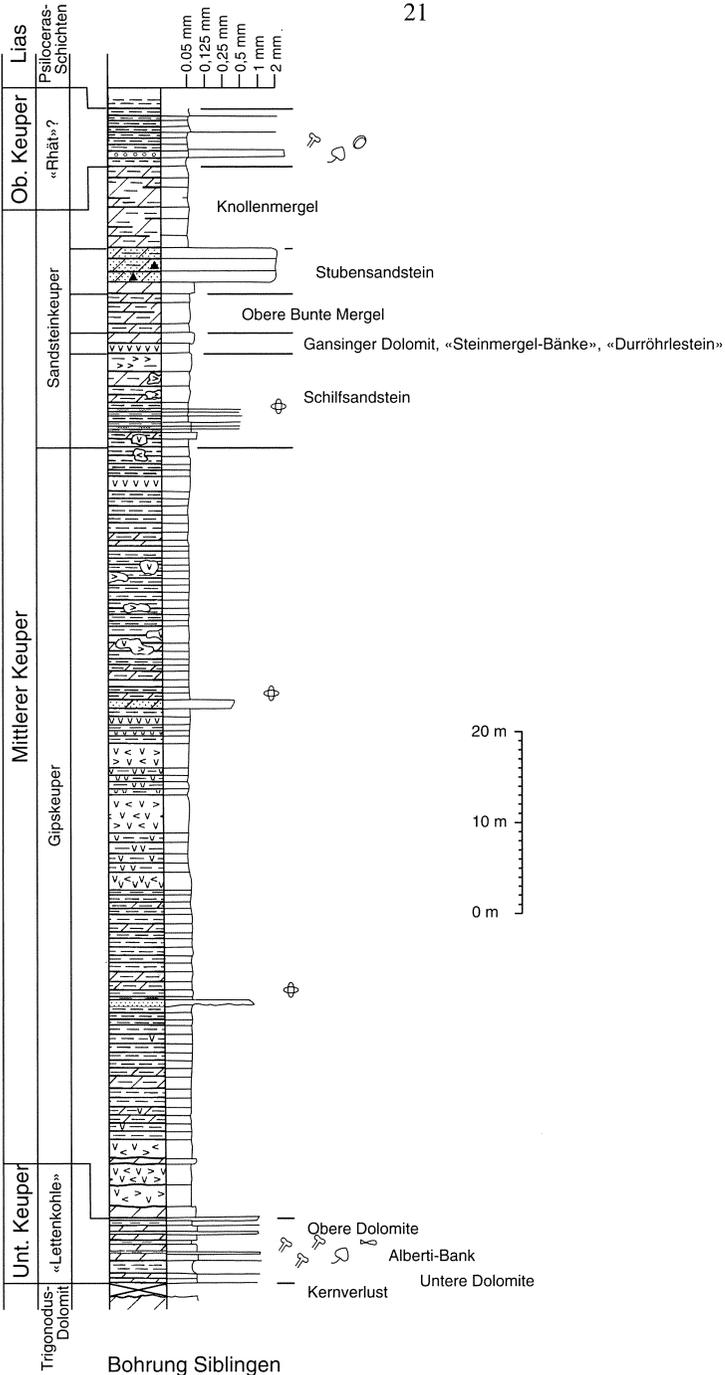
In der Bohrung Siblingen der NAGRA (1992) wurde folgendes Profil angetroffen:

| | |
|---|---------------|
| – Tonstein und Mergel mit Gips- und Anhydritknollen (11,06 m) | 85,91–99,76 m |
| – Wechsellage von Ton- und dolomitischen Mergellagen mit vielen Anhydritknollen und sich kreuzenden Fasergips- und Anhydritklüften; zwischen 113,48–114,68 m: Sanddolomitmergel (20,63 m) | bis 117,6 m |
| – Zyklische Serie (18 m): Aufbau des einzelnen Zyklus (210 cm): Ton mit Anhydritknollen; Ton und Tonmergel mit Zwischenlagen von Anhydritknöllchen und sandigen Dolomitmergeln; Mosaikanhydrit | bis 135,63 m |
| – Wechsellagerung von Tonstein und Dolomitmergel mit knolligen Anhydritlagen; an der Basis: Sandlage mit Biodetritus, Pyrit und Galenit (11,17 m) | bis 146,80 m |
| – Tonstein mit wenig Mosaikanhydrit und knolligen Anhydritlagen (14,88 m) | bis 161,68 m |
| – Gips/Anhydrit: geschichteter und massiver Anhydrit, der gegen unten zunehmend von Gips ersetzt wird; einzelne Dolomit- und Mergellagen (7,11 m) | bis 168,79 m |

Der Gipskeuper enthält zudem einige geringmächtige, von der üblichen Ausbildung der Serie abweichende Einlagerungen, die in Figur 4 nicht eingezeichnet sind, da sie in der Bohrung nicht erkannt wurden (von oben nach unten):

- Die Quarzitische Bank besteht aus einem feinkörnigen, dichten und harten, kieselig zementierten Sandstein mit geringem oder fehlendem Karbonatgehalt. Sie ist derzeit auf dem Kartengebiet nicht aufgeschlossen. SCHALCH (1916) beschreibt sie aus den seither weitgehend überwachsenen Gruben am Worberg. Auf dem Gebiet von Atlasblatt 74 Neunkirch bei Koord. 677.200/286.900 (545 m ü.M.) findet sich ein charakteristischer Aufschluss bei Muggenbrunnen.
- Die Pseudocorbula-Bank ist nur an einer Stelle aufgeschlossen (Koord. 679.000/291.500). Es handelt sich um eine wenige Zentimeter mächtige, gelbe, dolomitische Lage mit eingestreuten Quarzkörnern von etwa 0,5–1 mm Durchmesser und Schalen von Lingula. Die Pseudocorbula-Bank entspricht der «Bleiglanzbank» im Keuper von Schwaben und Franken.

Fig. 4: Stratigraphisches Profil des Keupers in der Bohrung Siblingen, 3 km südlich Atlasblatt Beggingen-Singen (NAGRA 1992). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



- Die «Mauchach-Bank» von ZELLER (1908) bzw. die «Myoconchabank» von SCHALCH (1906) liegt knapp über der Obergrenze der «Lettenkohle», ist als Muschelschill-Lage ausgebildet und enthält sowohl *Pseudocorbula keuperina* als auch *Myophoria goldfussi* ALB. (Bestimmung durch SCHALCH 1912). Eine entsprechende Bank ist im Tobel NE von Gatterholz bei Koord. 678.370/290.610 vorhanden und wurde auch beim Bau einer Waldstrasse im Gatterholz bei Koord. 677.900/290.380 angetroffen.

Sandsteinkeuper und bunte Keupermergel

Der Sandsteinkeuper (vgl. WURSTER 1968) ist zur Zeit im Seewi-Steinbruch (1,5 km WNW von Beggingen; 680.60/291.75) mit rund 13 m Mächtigkeit am besten aufgeschlossen (Fig. 5). Dieser Steinbruch ist Objekt des Geologieführers der Region Schaffhausen (HOFMANN & HÜBSCHER 1977). 1990 wurde die vorher nur schwer zugängliche Abbauwand durch einen Pfad in der ganzen Höhe begeh- und damit einsehbar gemacht. Dabei konnte das Profil nach Figur 5 aufgenommen werden.

Schilfsandstein: Der Schilfsandstein tritt im Seewi-Steinbruch, aber auch an vielen andern, in der Karte ersichtlichen Stellen zutage. In Form grosser, abgerundeter Schollen kommt er im Gebiet Chesselhof–Wisstannen–Hochwald (NW Beggingen) vor. Es handelt sich um einen feinkörnigen, braunvioletten oder grünlichen Sandstein, der etwa 50 % Feldspatkörner enthält und meist karbonatfrei oder -arm ist. Die Basis des Schilfsandsteins ist teilweise schwärzlich und sandig-tonig ausgebildet und enthält Pflanzenreste (z.B. im Zugang zum Seewi-Steinbruch). Zudem führt sie gediegenes Kupfer, Covellin und Wulfenit (HOFMANN 1985). Im Tobel östlich des Hochwaldes, NE vom Grenzpunkt 513, Koord. 681.780/292.890 (auf deutschem Gebiet), wurde an der Basis des Schilfsandsteins eine Muschelschale gefunden, die mit der von WARTH (1988) beschriebenen Gattung *Myalinella* sp. übereinstimmt und auf limnisches Milieu hinweist. Im Schilfsandstein des Seewi-Steinbruchs treten Klüfte auf, die gelblichen Kalzit unterschiedlicher Ausbildung enthalten (HOFMANN 1974). Unter ultraviolettem Licht zeigt der Kalzit starke Fluoreszenz mit ausgeprägtem Nachleuchten. An der Grenze zwischen Kalzit und Schilfsandstein kommen gelegentlich Aragonitsäume von maximal 2 mm Dicke vor.

Bunte Mergel und «Durröhrlestein» (Hauptsteinmergel): Über dem Schilfsandstein folgen die Bunten Mergel. Es handelt sich um hellrote, grüne, grauviolette oder graue Mergel, die durch ihre bunte Bänderung besonders auffallen. Stellenweise darin eingelagert ist der «Durröhrlestein» oder «Hauptsteinmergel» (SCHALCH 1912, 1916; siehe auch Atlasblatt 74 Neunkirch, PAUL 1971a und HOFMANN 1974, 1981). Der eng geschichtete Kalkstein mit wechselndem Dolomitgehalt, dunkler Farbe und lagigen Hohlräumen erinnert an Travertin. Die

Wände der Hohlräume sind oft von radiaifaserigem Aragonit überkrustet, auf dem gelegentlich Baryt- und Coelestinkristalle aufgewachsen sind. Der «Durröhrlestein» ist derzeit auf dem Kartengebiet nicht aufgeschlossen, wurde aber von SCHALCH (1916) in der Umgebung von Beggingen (hinter der Oberen Mühle und an der Strasse nach Schleithem) beschrieben. Über dem «Durröhrlestein» folgen die Oberen Bunten Mergel, die ähnlich ausgebildet sind wie die Unteren Bunten Mergel. Im Seewi-Steinbruch fehlt der «Durröhrlestein». Es sind jedoch mehrere Lagen von «Steinmergel» und Grobsanden in den Bunten Mergeln eingelagert.

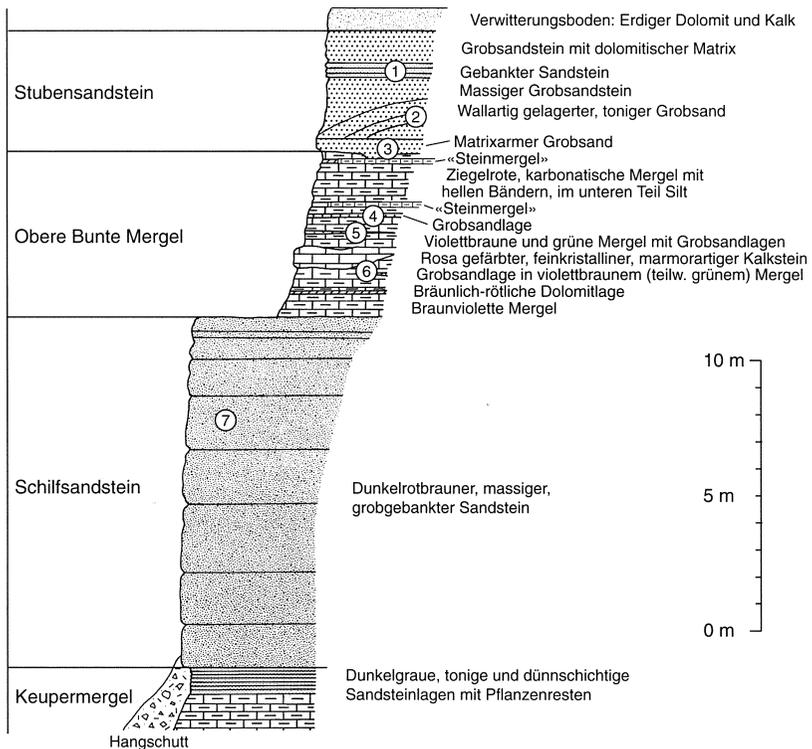


Fig. 5: Vereinfachtes Profil des Mittleren Keupers im Seewi-Steinbruch (1,5 km WNW von Beggingen). Die Zahlen bezeichnen die einzelnen Schichten in denen Proben für sedimentpetrographische Untersuchungen entnommen wurden. Resultate siehe Tab. 3, p. 25.

Stubensandstein: Die nachfolgende Beschreibung des Stubensandsteins wurde aus HOFMANN (1985) entnommen:

«Der Stubensandstein fällt durch eine extrem stark schwankende Mächtigkeit von wenigen Dezimetern bis zu 9 m auf. Die grösste Mächtigkeit erreicht er im Seewi-Steinbruch NE von Schleithelm. Hier können rund 20 verschiedene Ereignisse unterschieden werden, welche zur Ablagerung von Stubensandstein oder ähnlichen Gesteinen führten. Die Sandsteinbänke erreichen eine Mächtigkeit bis zu 1 m. Zwischen den einzelnen Sandsteinbänken liegen mikritische, z. T. mergelige Dolomite («Steinmergel»). Folgende Lithofaziestypen treten im Stubensandstein auf:

- Korngestützte Siltsteine bis Konglomerate mit Quarz- und Kalzitcement, seltener mit Tonmatrix. Die grobsandigen und feinkonglomeratischen Gesteine weisen einen deutlichen Kalifeldspatgehalt auf (10–20 %). Die groben Komponenten sind sehr schlecht gerundet. Detritische Plagioklase erscheinen als weisse, kaolinisierte Pseudomorphosen. Mit Zunahme der Korngrösse und somit der Energie nimmt der Anteil an Intraklasten aus den liegenden mergeligen Dolomiten stark zu. Die grössten der meist polykristallinen Quarzkomponenten haben eine Grösse von 1,5 cm, während die Intraklasten 6 cm erreichen. Relativ häufig treten wenig abgerollte, bis einige Millimeter grosse bipyramidale Quarzkristalle mit praktisch fehlenden Prismenflächen auf, die dem Hochquarzhabitus von Quarzeinsprenglingen in sauren Vulkaniten entsprechen. Die konglomeratischen Gesteine zeigen einen sehr geringen Sortierungsgrad (vorwiegend Intraklastengerölle in einer quarzsandreichen Grundmasse). Sedimentstrukturen wie Schrägschichtung wurden nur in den feinkörnigen Gesteinen festgestellt. Röhrenförmige Bauten sind in den feinsandigen bis siltigen Gesteinen häufig. Der Sandgehalt (HCl-Unlösliches) beträgt im Mittel von 8 Proben 54 % (35–65 %).
- Dolomitmikrit-Quarzsandgesteine (schlammgestützt). Der extrem schlechte Sortierungsgrad (bis 5 mm grosse Quarzkörner in Mikritmatrix) lässt sich am ehesten durch die Kompaktion eines Sedimentes aus weichen Intraklasten und Quarzsand erklären. In einigen Fällen sind auch bereits quarzsandhaltige Intraklasten noch deutlich auszumachen. Eine andere Erklärung wäre die Vermischung von getrennt abgelagertem Quarzsand und Mikrit durch Bioturbation. Die obersten 2,5 m des Stubensandsteins im Seewi-Steinbruch bestehen ganz aus diesem Typ. Zwei Proben enthielten 6 und 11 % Sand.
- Mikritische Dolomite. Diese meist etwas mergeligen, strukturlosen Gesteine liegen zwischen den einzelnen Sandsteinbänken. Häufig sind darin Trockenrisse sichtbar, welche z. T. mit dem Sand der nächsten Schüttung verfüllt wurden.

Der Stubensandstein im Untersuchungsgebiet stellt offenbar einen Verzahnungsbereich zwischen fluviatilen Schüttungen aus Nordosten (WURSTER 1968) und beckenzentralen Playa-Sedimenten dar. Durch Resedimentation kam es zur Vermischung der Sedimente beider Ablagerungsmilieus.»

Über dem Stubensandstein liegen im Gebiet Hochwald (2 km NW von Beggingen) mehrere Meter dicke Dolomite, die teilweise Silexeinschlüsse führen und teilweise brecciös (mit grobsandigem Zwischenmittel) ausgebildet sind.

Knollenmergel: Über dem Stubensandstein und dem Dolomit folgen die zwischen 6–15 m mächtigen, karbonatreichen und meist rötlichviolett ausgebildeten Knollenmergel. Nach SCHALCH (1916) sind sie auf 595 m ü. M. am Suberg, SE von Pt. 609 (1 km westlich von Beggingen) aufgeschlossen.

Schwermineralanalysen aus dem Sandsteinkeuper

Schilfsandstein: Die Resultate einer Schwermineralanalyse sind in Tabelle 3 eingetragen. Apatit ist meist idiomorph ausgebildet und erinnert an die Apatite in den vulkanischen Tuffen des Hegaus und des Randengebietes oder an die Apatite in den vergrunsten Graniten bei Wellendingen. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Monazit.

Stubensandstein: In Tabelle 3 sind die Resultate von verschiedenen Schwermineralanalysen aus dem Stubensandstein dargestellt. In Figur 5 (p. 23) wurden zudem die beprobten Sandsteine entsprechend ihrer Höhe im stratigraphischen Profil eingetragen. Auffällig sind vor allem die grossen, rötlichen und angeätzt wirkenden Granatkörner (Almandin; vgl. HOFMANN 1974) und der hohe Granatgehalt in der Schwermineralfraktion. Apatit tritt meist in Form grosser, gerundeter Körner auf, der Zirkongehalt ist relativ hoch, die Körner sind teilweise gerundet. Bemerkenswert ist der Monazitgehalt. Vergleiche mit Proben aus Hohenlohe (Region Schwäbisch Hall) erwecken den Verdacht, dass der Stubensandstein des Seewi-Steinbruchs stratigraphisch tief liegt und dem Kieselsandstein des vindelischen Keupers in Württemberg entsprechen könnte (HAGDORN & SIMON 1988, GEYER & GWINNER 1986). Dafür sprechen die ebenfalls hohen Granatgehalte und die identische Ausbildung der Körner im Kieselsandstein des Einkorns SE von Schwäbisch Hall. In den höheren Stubensandsteinlagen um Schwäbisch Hall ist der Granatgehalt im Unterschied zum Kieselsandstein jedoch sehr gering.

Tabelle 3: *Sedimentpetrographische Analysen des Sandsteinkeupers im Seewi-Steinbruch*

| Proben- Nummer | Beprobte Schichten | Kalk [%] | Dolomit [%] | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Titanit | Monazit | Turmalin | Andalusit | Topas | Chloritoid | Hornblende |
|-------------------|--------------------|----------|-------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|---------|---------|----------|-----------|-------|------------|------------|
| 1 | Stubensandstein | | | 25 | - | - | - | + | 87 | + | - | 13 | - | - | - | - | - |
| 2 | Stubensandstein | | | 45 | - | - | - | 13 | 70 | 5 | - | 12 | + | - | - | - | - |
| 3 | Stubensandstein | | | 42 | - | - | - | 6 | 78 | 1 | - | 15 | - | - | - | - | - |
| 4 | Stubensandstein | | | 28 | - | - | - | 6 | 79 | 8 | - | 4 | 2 | - | - | - | - |
| 5 | Stubensandstein | | | 21 | - | - | - | 3 | 79 | 2 | - | 14 | - | - | - | - | - |
| 6 | Stubensandstein | | | 6 | - | - | - | 11 | 75 | 1 | - | 13 | - | - | - | - | - |
| 7 | Schilfsandstein | - | - | 12 | - | - | - | 40 | 37 | 11 | - | 8 | 4 | - | - | - | - |

Die nummerierten Proben sind entsprechend ihrer Höhe im Profil in Fig. 5, p. 23 eingetragen.
Granat in % aller Schwerminerale, die übrigen in % aller Schwerminerale ohne Granat.

Der Befund müsste allerdings statistisch besser abgesichert werden. Im Stubensandstein des Seewi-Steinbruchs kommen stellenweise Einlagerungen von Coelestin, Baryt, Coelestobaryt und Barytcoelestin, seltener auch von Strontianit vor (BURKHARD 1978). HOFMANN (1985) fand in kalzitisch zementierten Stubensandsteinen des Seewi-Steinbruchs Partien von Galenit (Bleiglanz), Sphalerit (Zinkblende), Chalkopyrit (Kupferkies) und Pyrit. Das Auftreten von Grobsandlagen in den Bunten Mergeln und die Ähnlichkeit ihres Schwermineralspektrums mit dem Schwermineralspektrum des Stubensandsteins legen den Schluss nahe, dass die Bunten Mergel stratigraphisch zum Stubensandstein gehören.

Grünliche Tone: ?«Rhät»-Tone

Auf dem Kartenblatt Beggingen-Singen ist das Rhät nirgends aufgeschlossen. Wie eine 1981 durchgeführte Grabung (ACHILLES & SCHLATTER 1986) am Hallauerberg im Gebiet von Blatt Neunkirch belegt, ist es möglicherweise gar nicht vorhanden. An der Grabungsstelle am Hallauerberg werden die Knollenmergel direkt vom basalen Lias überlagert. Die Befunde dieser Untersuchung ergaben für die Knollenmergel ein oberes Mittelkeuper-Alter.

In der 3 km südlich des Kartenblattes Beggingen-Singen bei Koord. 689.090/286.693/574,35 gelegenen Sondierbohrung Siblingen der NAGRA (vgl. NAGRA 1992) wurden 6,27 m fragliche «Rhät»-Tone erbohrt. Es handelt sich dabei um grünlichgrauen, kalzit- und dolomitführenden Ton mit bis zu 5 mm grossen Kalkkomponenten und Ostrakodenschill-Lagen. Zwischen 53,82 m und 54,22 m liegt innerhalb der Tone ein Konglomerat mit Dolomit- und Kalkmergelgeröllen von bis zu 6 cm Grösse, das Kohle, Zahn- und Knochenfragmente führt.

Sehr wahrscheinlich ist das Fehlen von ?«Rhät»-Aufschlüssen auf Blatt Beggingen-Singen nicht nur auf fehlende Ablagerung oder Erosion, sondern auch auf die schlechte Verwitterungsresistenz der ?«Rhät»-Tone zurück zu führen.

Ein kleines Vorkommen von ?«Rhät»-Kalkgrusgestein ist durch Lesesteine auf einem Acker westlich von Rüetisberg am südlichen Rand des Kartengebietes angedeutet (vgl. HOFMANN 1981).

In zwei Handbohrungen auf dem Hochwald-Rücken ESE von Grimmelshofen wurden im Rahmen quartärgeologischer Abklärungen grüngraue, sehr fette, karbonatfreie Tone angetroffen. Der Ton erwies sich als sehr regelmässig strukturiertes Mixed-layer-Mineral (Bestimmung durch B. Hofmann am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Univ. Bern). Gleichartige Mixed-layer-Tonminerale Illit/Montmorillonit fand HOFMANN (1981) im «Rhät» des nordöstlichen Hallauerbergs auf Atlasblatt 74 Neunkirch.

Die Mixed-layer-Tone zwischen Keuper und Lias stellen auf jeden Fall in der Schichtfolge des Mesozoikums des Wutachgebietes eine Besonderheit dar. Ein vulkanogener Ursprung ist nicht auszuschliessen, allerdings fehlen die charakteristischen, vulkanogenen Schwerminerale.

Jura

Im Schwäbischen Raum werden die jurassischen Sedimente in die drei Abteilungen Schwarzer Jura, Brauner Jura und Weisser Jura unterteilt. Der Schwarze Jura erhält seinen Namen durch das gehäufte Auftreten von schwarzen Tonschiefern, den Braunen Jura zeichnen vor allem braun anwitternde, eisenhaltige und oolithische Sandkalke aus und der Weisse Jura wird vor allem von weissen, gebankten Kalken und Mergeln aufgebaut. Die drei Abteilungen entsprechen annähernd den internationalen Subsystemen Lias (= *Schwarzjura*), Dogger (= *Braunjura*) und Malm (= *Weissjura*). Sie werden zudem in je sechs Untereinheiten nach QUENSTEDT (1858, 1882/88) unterteilt, die nach QUENSTEDT (1843) mit griechischen Buchstaben bezeichnet werden. Diese Unterteilung weicht ab von den internationalen Stufenbezeichnungen (z.B. Hettangien, Sinémurien, Pliensbachien und Toarcien für den Lias). Eine gute Übersicht zu den Unterteilungen und Zuordnungen geben GEYER & GWINNER (1991).

Lias

Die grundlegende Bearbeitung des Lias auf dem Kartengebiet geht auf Ferdinand Schalch zurück. Weitere Informationen aus dem Wutachgebiet vermitteln HAHN (1971) und URLICHS (1977). Seit einiger Zeit bearbeitet SCHLATTER (1975ff.) die Biostratigraphie und die Ammonitenfauna des Lias im Kanton Schaffhausen und in den angrenzenden Gebieten. Hingewiesen sei auch auf makroskopische und mikroskopische Untersuchungen an Gesteinen und Fossilien des Lias im Raum Beggingen–Schleitheim durch RUETZ (1966). Stratigraphische Korrelationen im Lias zwischen Aargauer Jura und Klettgau finden sich bei JORDAN (1983) und bei MÜLLER et al. (1984).

Bei der Beschreibung der Liastgesteine wird sowohl auf die Bohrung Siblingen (NAGRA 1992) als auch auf die Profile von SCHALCH (1916) zurückgegriffen, die er in der Umgebung von Beggingen aufgenommen hat.

Im Gebiet von Blatt Beggingen-Singen zeigt der Lias (*Schwarzjura*) das folgende typische Profil (in Klammern Mächtigkeitsangaben Bohrung Siblingen, 3 km südlich von Atlasblatt Beggingen-Singen; NAGRA 1992):

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| Jurensis-Schichten | ob. Toarcien | ζ | 3 m |
| Posidonienschiefer | unt. Toarcien | $\epsilon_{1,3}$ | 9–10 m (7 m) |
| Amaltheenschichten | ob. Pliensb. – ?unt. Toarcien | $\delta_{1,2}$ | ~ 2 m |
| Numismalis-Schichten | unt. Pliensbachien | γ | 2 m |
| Obligua-Bank und Obtusus-Ton | mittl. und ob. Sinémurien | $\beta_{1,2}$ | ~10 m (15,13 m) |
| Arietenkalk | unt. Sinémurien | α_3 | 1,5–3 m (2,41 m) |
| Angulatenschichten | ob. Hettangien | α_2 | 0,7 m (0,42 m) |
| Psiloceras-Schichten | unt. Hettangien | α_1 | (5,77 m) |

I₁ Psiloceras-Schichten und Angulatenschichten: Schwarzjura α_{1+2}

Der Schwarzjura α lässt sich von oben nach unten in drei deutlich unterscheidbare Schichtkomplexe unterteilen: α_3 : Arietenkalk, α_2 : Angulatenschichten, α_1 : Psiloceras-Schichten.

Psiloceras-Schichten

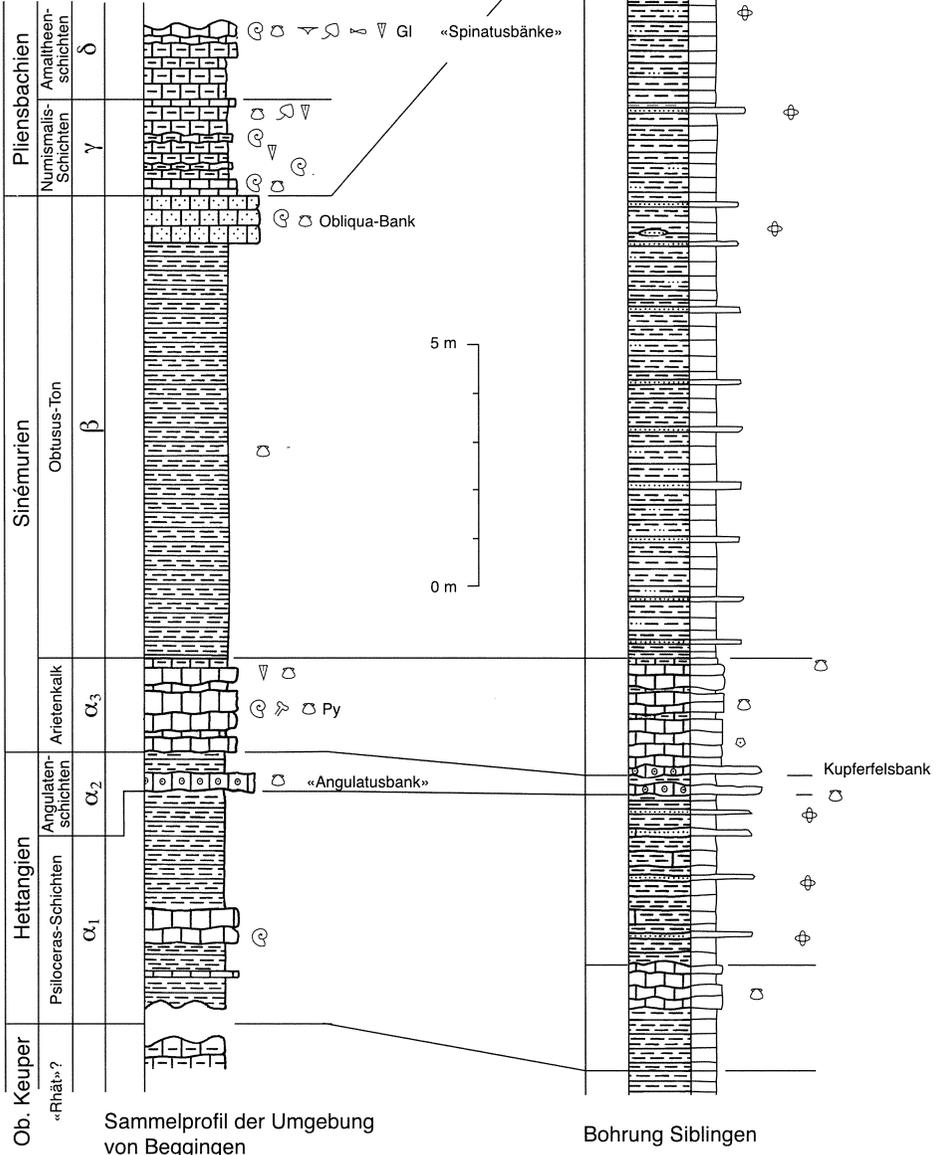
Die Psiloceras-Schichten (Schwarzjura α_1) überlagern entweder die «Rhät»-Tone oder die Knollenmergel. Sie bestehen an ihrer Basis aus dunkelgrauen, feingeschichteten und kalkigen Tonen. Bei Aushubarbeiten (1980) in Beggingen fand SCHLATTER (1983) in einer Kalkknauerlage innerhalb der basalen Tonschiefer *Psiloceras pisonotum striatulum* LANGE und *Psiloceras plicatum* (QUENST.), womit erstmals in dieser Gegend tiefstes Hettangien nachgewiesen wurde. Zur Ammonitenfauna des basalen Lias siehe auch ACHILLES & SCHLATTER (1986), weitere Literatur siehe SCHLATTER (1983).

In der Bohrung Siblingen (NAGRA 1992) wird die basale, 1,3 m mächtige Tonlage von einem 0,97 m dicken, Echinodermen und Muschelschalen führenden Mergel mit Kalkknauern überlagert. SCHALCH (1916) beschreibt im Profil an der Dorfstrasse östlich des alten Schulhauses von Beggingen auf dieser Profilhöhe zwei harte, blaugraue Kalkbänke, von denen die obere Pyrit und die untere einen Ammoniten der Gattung «*Psiloceras Johnstoni* SOW. sp.» [*Caloceras*] führt. Der Abschluss der Psiloceras-Schichten gegen oben besteht aus 2–3,5 m dicken Schwaicheln (Bezeichnung der schwäbischen Geologen; seit SCHALCH 1880 für «schiefrige Thonmergel und Schieferletten» verwendet). Hier handelt es sich um teilweise kalkige Tone mit 0,2–3 cm mächtigen, kalkig zementierten Sandsteinlagen, die gradiert, laminiert und bioturbiert sind (NAGRA 1992). JORDAN (1983) korreliert die Schwaichel mit dem Oberen Insektenmergel im Aargauer Jura. Die basalen Tonschiefer setzt er den Unteren Insektenmergeln gleich. Während im Schaffhauser Jura die Schwaichel und die basalen Tonschiefer dem Schwarzjura α_1 zugeordnet werden, gehören sie im Aargauer Jura zum Schwarzjura α_2 (JORDAN 1983).

Angulatenschichten

Die Angulatenschichten im oberen Teil des Hettangien (Schwarzjura α_2) werden durch die ca. 40 cm mächtige, fossilreiche «Angulatusbank» und die darüber folgenden 30 cm dicken Tonschiefer repräsentiert. Die «Angulatusbank» besteht aus einer Bank von teilweise dichtem, teilweise eisenoolithischem Kalk,

Fig. 6: Stratigraphische Profile des Unteren Lias: Linkes Profil: Zusammengesetzte Detailprofile aus der Umgebung von Beggingen (SCHALCH 1916). Rechtes Profil: Sondierbohrung Siblingen, 3 km südlich Atlasblatt Beggingen-Singen (NAGRA 1992). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Sammelprofil der Umgebung von Beggingen

Bohrung Sibingen

in der gelegentlich von Pholaden angebohrte Kalkgeoden und Cardinien zu finden sind. Ammoniten der Gattung *Schlotheimia* sind sehr selten.

I₂ Arietenkalk: Schwarzjura α_3

Der markante biodetritische Horizont des Arietenkalkes ist 1,5 bis 3 m mächtig. Er besteht aus fossilreichen Kalkbänken mit mergeligen Zwischenlagen. Charakteristisch für die Kalkbänke ist die rostbraune Farbe, die durch die Verwitterung des häufig auftretenden Pyrits entsteht. An der Basis tritt gelegentlich ein Eisenoolith (Kupferfelsbank) auf. Hauptfossil ist *Gryphaea arcuata*, weshalb der Arietenkalk auch häufig Gryphitenkalk genannt wird. Als weitere Fossilien treten auf: Ammoniten der Gattung *Arietites*, *Coroniceras* und *Arnioceras*, Nautiliden und Belemniten.

1962 fand W. Sütterlin im Arietenkalk nördlich von Beggingen (Koord. 682.125/291.525) Schwanzwirbel eines Ichthyosauriers. Bei der darauf folgenden Grabung durch das Paläontologische Institut der Universität Zürich unter Leitung von Prof. E. Kuhn-Schnyder gelang es, eine Wirbelsäule von rund 2 m Länge zu bergen (FRÜH 1962). Das Exemplar ist im Museum zu Allerheiligen in Schaffhausen ausgestellt.

Bis anhin wurde die basale, 0,15–0,2 m mächtige Muschelschill-Lage, die über dem Arietenkalk folgt, zu den Obtusus-Tonen gezählt (vgl. SCHALCH 1916). Nach Ammonitenfunden von SCHLATTER (1976) gehört die Muschelschill-Lage zur Obtusum-Zone und nicht zur Turneri-Zone (*Microderoceras birchi*) und wird dem oberen Teil des Arietenkalkes zugeschlagen.

Der Arietenkalk führt im Gelände zu verbreiteten, meist mit Hecken bestandenen Steilstufen.

I₃ Obtusus-Ton: Schwarzjura β

Der Obtusus-Ton ist eine in der Gegend von Beggingen rund 10 m mächtige Schicht eines grauen, etwas schiefrigen, fossilarmen Tons mit einem Karbonatgehalt von etwa 1,5 % und einem Feinsand/Silt-Anteil von gegen 20 %. Er wird unmittelbar NE von Beggingen in einer Grube der Firma Keller AG, Pfungen, als Ziegeleirohstoff ausgebeutet. Die Schichtserie des Obtusus-Tons wird nach oben durch die Obliqua-Bank abgeschlossen, die unmittelbar über der Tongrube von Beggingen und 200 m WNW davon aufgeschlossen ist. Eine detaillierte Studie zum Opalinus-Ton liegt von SCHLATTER (1991) vor. SCHALCH (1916) beschreibt diese Bank wie folgt:

«Den Abschluss des unteren Lias bildet der sog. β -Kalk, einige zusammen etwa 0,50 m starke Bänke eines dunkel-blaugrauen, meist etwas sandigen, kompakten Kalksteins oder Mergelkalkes, der häufig unregelmässig gestaltete Partien lichter gefärbten, hellgrauen, sandigen Mergels umschliesst und durch dieselben

ein fleckiges Aussehen erhält. Unter dem reichlichen Fossilbestand steht *Gryphaea obliqua* GOLDF. als leitend und nie fehlend obenan. Auch *Pholadomya Fraasi* OPP. und *Ophioceras raricostatum* ZIET. sp. [*Echioceras*], verkalkt, wie *Oxyntoceras oxynotum* QU. sp. und *O. Guibalianum* D'ORB. sp. [*Gleviceras*] kennzeichnen den in Rede stehenden Horizont.»

I₄₋₅ Numismalis-Schichten und Amaltheenschichten: Schwarzjura γ und δ

Diese wenige Meter mächtige Serie ist schlecht aufgeschlossen, und ihr Auftreten ist in der Regel nur in Form von Lesesteinen auf Feldern erkennbar. Deshalb wird bei ihrer Beschreibung auf ein Profil von SCHALCH (1916) zurückgegriffen, das er an der Strasse Beggingen–Fützen, nördlich des erstgenannten Dorfes, aufgenommen hat. Neue Resultate liegen von SCHLATTER (1991) vor mit Profilangaben und Faunenlisten der Numismalis-Schichten.

Numismalis-Schichten

Über der *Obliqua*-Bank liegen die Numismalis-Schichten. Es handelt sich um eine ca. 2 m mächtige Wechselfolge von härteren und weicheren gelblich-grauen Mergelbänken. Die härteren Mergellagen, die SCHALCH (1916) als «Steinmergel» bezeichnet, sind teilweise auch als Knollenlagen ausgebildet. In beiden Mergeltypen treten zahllose Bruchstücke von Belemniten auf. Daneben finden sich nach SCHALCH (1916) Kohlespuren, die Muscheln *Pecten tumidus* ZIET., *Pecten substriatus* ROE. und die Echinodermen *Pentacrinus basaltiformis* MILL., *Pentacrinus subangularis* MILL. sowie die folgenden Ammoniten: *Dumortieria Jamesoni* SOW. sp. [*Uptonia*], *Deroceras Davoei* SOW. sp. [*Productylioceras*], *Lytoceras fimbriatum* SOW. sp. und *Aegoceras capricornu* SCHL. sp.

Amaltheenschichten

Darüber liegen die Amaltheenschichten. Im unteren Teil werden sie von eischüssigen Mergeln aufgebaut, die den Ammoniten *Amaltheus margaritatus* (MONTF.) führen. Ihren obersten Abschnitt bilden die «Spinatusbänke». Es handelt sich dabei um hellgraue und harte Mergelbänke und dazwischen gelagerte, sandige und leicht glimmerige Mergel. Sie enthalten nach SCHALCH (1916) neben Belemniten und Kopolithen, in denen häufig Fischschuppen, Belemnitenbruchstücke und Schalenfragmente zu finden sind, die Muscheln *Pecten aequalvalvis* SOW., *Pecten strionatis* QU., den Brachiopoden *Spiriferina verrucosa* V. BUCH sp. sowie den Ammoniten *Amaltheus spinatus* BRUG. [*Pleuroceras*]. Teilweise sind die Ammoniten von grünem Glaukonit überzogen.

Die Beobachtung, dass die Sedimente des Pliensbachien mit einer Mächtigkeit von wenigen Metern extrem stark reduziert sind und das gehäufte Auftreten

von Fossilien, Glaukonit und Phosphoritknollen lassen vermuten, dass es sich bei den «Spinatusbänken» um einen Hartgrund mit kondensierter Sedimentation handelt. JORDAN (1983) beschreibt im Aargauer Jura ebenfalls ein stark reduziertes Pliensbachien und einen ähnlichen Hartgrund und interpretiert ihn als Resultat einer landfernen Lage und eines strömungsreichen und euphotischen Milieus.

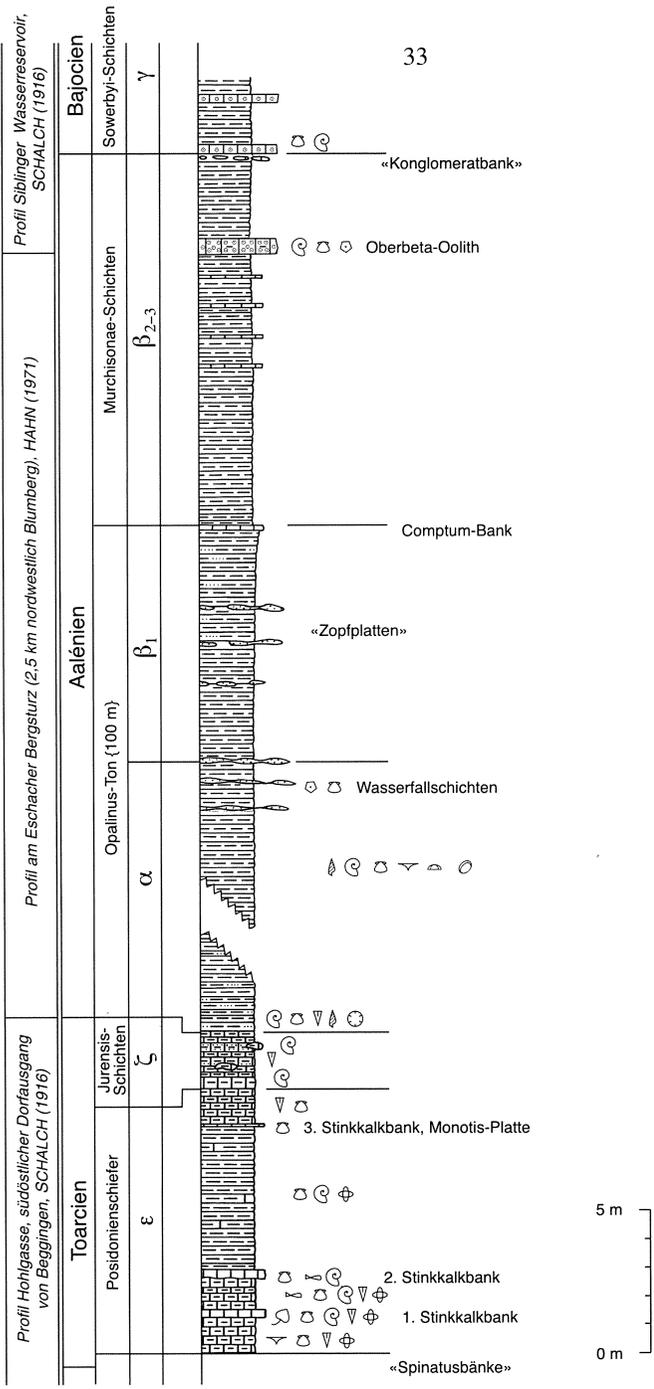
Aus der obersten Kalknauerlage der «Spinatusbänke» von Beggingen beschreibt SCHLATTER (1982) das gemeinsame Vorkommen der Ammonitengattungen *Dactylioceras* sp. (HYATT) und *Pleuroceras* sp. (HYATT). Es handelt sich hierbei um das tiefste bisher bekannt gewordene Vorkommen von *Dactylioceras* sp. in Südwestdeutschland und in der Nordschweiz. Bis anhin wurde die Pliensbachien/Toarcien-Grenze durch das Erstauftreten der Muschel *Steinmannia bronni*, also an der Grenze Amaltheenschichten/Posidonienschiefer, bzw. durch die Zone zwischen dem letzten Auftreten von *Pleuroceras* sp. und dem Erstauftreten von *Dactylioceras* sp. definiert. Ausgehend von der Annahme, dass das Erstauftreten der Ammonitengattung *Dactylioceras* sp. der Pliensbachien/Toarcien-Grenze entspricht, legt SCHLATTER diese Grenze neu in den obersten Abschnitt der Amaltheenschichten.

I_{6P} Posidonienschiefer: Schwarzjura ε

Die rund 10 m mächtige Serie der Posidonienschiefer bildet ein markantes, wenn auch meist schlecht aufgeschlossenes Schichtglied des Lias. Auf den Feldern sind die Posidonienschiefer als scherbenartige, dünnplattige, hellgraue Kalkschiefer vor allem im Winterhalbjahr stets leicht zu erkennen. Als einziger Aufschluss bietet der Hohlweg ESE von Pt. 567,6 (Löberen) am SE-Ausgang von Beggingen Einblick in die obere Partie der Posidonienschiefer und die unteren Jurensis-Schichten. Beschreibung nach SCHALCH (1916):

- | | |
|-----------|--|
| 1,8–2,1 m | Hellgraue Mergel mit härteren Mergelknollen (Jurensis-Schichten). |
| 1,2 m | Magere Mergelschiefer mit zahlreichen Belemniten und <i>Posidonia bronni</i> VOLTZ [<i>Steinmannia</i>]. |
| 0,1 m | Kalkplatte: 3. Stinkkalkbank (Monotis-Platte). Darin enthalten: <i>Avicula (Monotis) substriata</i> ZIET. sp., <i>Coeloceras crassum</i> YOUNG & BIRD. |
| 4–6 m | Schiefer mit Fukoiden. Darin enthalten: <i>Discina papyracea</i> MÜNST. sp., <i>Inoceramus dubius</i> SOW., <i>Coeloceras (Dactylioceras) commune</i> SOW. sp., <i>Harpoceras Lythense</i> YOUNG & BIRD sp., <i>H. serpentinum</i> REIN. sp., <i>Aptychus sanguinolarius</i> SCHL. |
| 0,3 m | Kalkbank: 2. Stinkkalkbank. |

Fig. 7: Stratigraphisches Profil des Oberen Lias und des Unteren Doggers aus zwei Detailprofilen der Umgebung von Beggingen (SCHALCH 1916) und eines Profils von HAHN (1971) vom Eschacher Bergsturz, obere Wutachschlucht. Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Sammelprofil Wutachschlucht und Beggingen

- 1,1 m Dunkle, von Fukoiden durchwühlte Mergelschiefer, die die folgenden Fossilien führen: *Pecten* sp., *Inoceramus dubius* SOW., *Coeloceras (Dactylioceras) commune* SOW. sp. (sehr häufig), *Harpoceras Lythense* YOUNG & BIRD sp., Belemniten und Fischschuppen.
- 0,25 m Kalkbank: 1. Stinkkalkbank.
- 0,95 m Zähle, elastische, bioturbirte und sehr bituminöse Schiefer mit dünnen Kohleeinlagerungen und den Fossilien *Posidonia bronni* VOLTZ (sehr häufig), *Coeloceras (Dactylioceras) commune* (SOWERBY), *Aptychus sanguinolarius* SCHL. und Belemniten.
- 0,3 m Graue Mergelschiefer. Sie sind von Fukoiden durchwühlt und führen folgende Fossilien: *Spiriferina villosa* QU. sp., *Rhynchonella amalthei* QU. sp., *Plicatula spinosa* SOW., *Inoceramus dubius* SOW., *Posidonia bronni* VOLTZ und Belemniten.
 «Spinatusbänke» bei SCHALCH (1916): Spinatus-Schichten.

Die häufig auftretenden Ammoniten der Gattungen *Dactylioceras* sp., *Harpoceras* sp. und *Hildoceras* sp. sind in den Posidonienschiefern stets plattgedrückt.

Über die Bildungsbedingungen der Posidonienschiefer siehe FISCHER (1961) und MÜLLER & BLASCHKE (1969). Die beiden letztgenannten Autoren weisen aufgrund rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen auf die grosse Ähnlichkeit der Posidonienschiefer mit Sedimenten des Schwarzen Meeres hin, die in tiefem Wasser (unter 200 m) abgelagert wurden.

1_{6J} Jurensis-Schichten: *Schwarzjura* ζ

Die Jurensis-Schichten (Jurensis-Mergel) bilden einen meist nur etwa 3 m mächtigen Komplex, in dem sich graue und kalkige Mergel mit härteren und sandigen Knollenmergellagen abwechseln. Die härteren Mergellagen, die vor allem an der Basis der Jurensis-Schichten auftreten, fallen vor allem durch ihren Belemnitenreichtum auf. Die basalen Jurensis-Schichten führen zudem noch die Ammoniten *Grammoceras radians* REIN. und *Lytoceras jurense* ZIET., in den höheren Schichten treten die Ammoniten *Grammoceras aalense* ZIET. [*Pleydellia*] und *Hammatoceras insigne* SCHÜBL. auf (SCHALCH 1916). Aufschlüsse sind selten vorhanden.

Dogger

Die Schichtfolge des Doggers für das Kartengebiet ist in den Figuren 7–9 dargestellt. Gute Aufschlüsse sind selten; jene an der Fützener Randensteige (Strasse Fützen–Randenhof) sind weitgehend überwachsen (vgl. SCHALCH 1893, 1897, 1908, DIETL 1977, GENSER 1966, HAHN 1971).

Im Gebiet von Blatt Beggingen-Singen ist der Dogger (*Braunjura*) wie folgt ausgebildet:

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| «Macrocephalus-Oolith» und Grenzkalk | Callovien | ζ | 1,5–4,6 m |
| Varians-Schichten | mittl. und ob. Bathonien | ϵ_2 | 6,5 m |
| Wuerttembergica-Schichten | unt. Bathonien | ϵ_1 | 24 m |
| Parkinsoni-Schichten | ob. Bajocien | δ_2 | max. 45 m |
| Humphriesi- und Blagdeni-Schichten | mittl. Bajocien | δ_1 | 4,8–5,8 m |
| Oberer Wedelsandstein | unt. Bajocien | γ_2 | 10,5 m |
| Sowerbyi-Schichten | unt. Bajocien | γ_1 | 12,8 m |
| Murchisonae-Schichten | Aalénien | β | 16,9 m |
| Opalinus-Ton | Aalénien | $\alpha+\beta$ | 100 m |

a₁ Opalinus-Ton: *Braunjura* α und β

Die gegen 100 m mächtige Serie des Opalinus-Tons besteht aus schwärzlich-grauen und schiefrigen Tönen mit 7–9% Karbonatgehalt und einem Feinsandanteil, der zwischen 4 und 30% liegen kann (hohe Feinsandgehalte finden sich speziell im oberen Teil). Weil Gruben fehlen, ist der Opalinus-Ton derzeit auf dem Kartengebiet schlecht aufgeschlossen. Einblick gewährt die Abbaustelle Birchbüel (Siblingerhöhe, Atlasblatt 74 Neunkirch). Bei der nachstehenden Beschreibung der Sedimente wird auf SCHALCH (1916) zurückgegriffen.

Der Opalinus-Ton besteht an seiner Basis aus dunkelgrauen, fetten bis sandigen Tönen, in denen Muscheln zahlreiche Belemniten und *Harpoceras opalinum* REIN. [*Leioceras*] zu finden sind. Aufzufinden sind zudem Bruchstücke von *Lytoceras torulosum* SCHÜBL., *Lytoceras dilucidum* OPP. und *Ludwigia costula* REIN. sowie die Gastropoden *Eutrochus duplicatus* MÜNST., *Amberleia tenuistria* MÜNST. und eine Anzahl Zweischaler: *Nucula hammeri* DEFR., *Leda diana* D'ORB., *Leda rostralis* D'ORB., *Astarte voltzi* HÖNINGHAUS, *Astarte subtetragona* MÜNST. und eine Einzelkoralle (*Thecocyathus mactra* GOLDF.). SCHALCH (1916) beschreibt 2 km SSE von Fützen beim Hölzlehof, westlich von Pt. 689 und im Chälengraben Bachbett (SE von Beggingen) auf 580 m ü.M. und an der Strasse bei Pt. 623, NE von Beggingen Aufschlüsse von basalem Opalinus-Ton.

Über diesen Sedimenten sind 6 m dunkle und feinglimmerige Tonschiefer mit kleinwüchsigen Muscheln aufgeschlossen, die gegen oben in sterile, schwarze Tonschiefer übergehen. In den Letztgenannten sind Mergelknollen und sideritische bis ankeritische Geoden, teilweise mit Pyrit und gelegentlich mit Sphalerit (Zinkblende) zu finden.

Erst mit dem Auftreten der Wasserfallschichten in den obersten 12 m des Opalinus-Tons treten wieder Fossilien auf. Bei den Wasserfallschichten handelt es sich um mehrere dünne Sandsteinbänke, die mit zopfartigen Wülsten und Schnüren (Lebensspuren) bedeckt sind (sogenannte «Zopfplatten»). Darin und in den darüber folgenden Mergel- und Sandkalken sind einzelne Trochiten und isolierte Stielglieder von *Pentacrinus württembergicus* OPP., *Lingula* [*Lingula nigra* (QU.)] und *Avicula inaequalvis* SOW. zu finden.

Über dieser ca. 2 m mächtigen Abfolge liegen 10 m dunkle und glimmerige Tone mit Pyritkonkretionen und Mergelknollen. Im oberen Teil sind darin wieder vermehrt «Zopfplatten» eingelagert. Die Wasserfallschichten sind am Chüebuck, 1,5 km SE von Beggingen und bei Schweindeln, 2 km SE von Fützen aufgeschlossen.

Dort, wo die Wasserfallschichten gegen oben aussetzen, also ca. 10 m unterhalb der Grenze zu den Murchisonae-Schichten, liegt der Übergang zwischen dem *Braunjura* α und dem *Braunjura* β . Eine ausführliche Studie zur Paläontologie des Opalinus-Tons der Nordschweiz liegt von ETTER (1990) vor.

a₂ Murchisonae-Schichten (Ludwigien-Schichten): *Braunjura* β

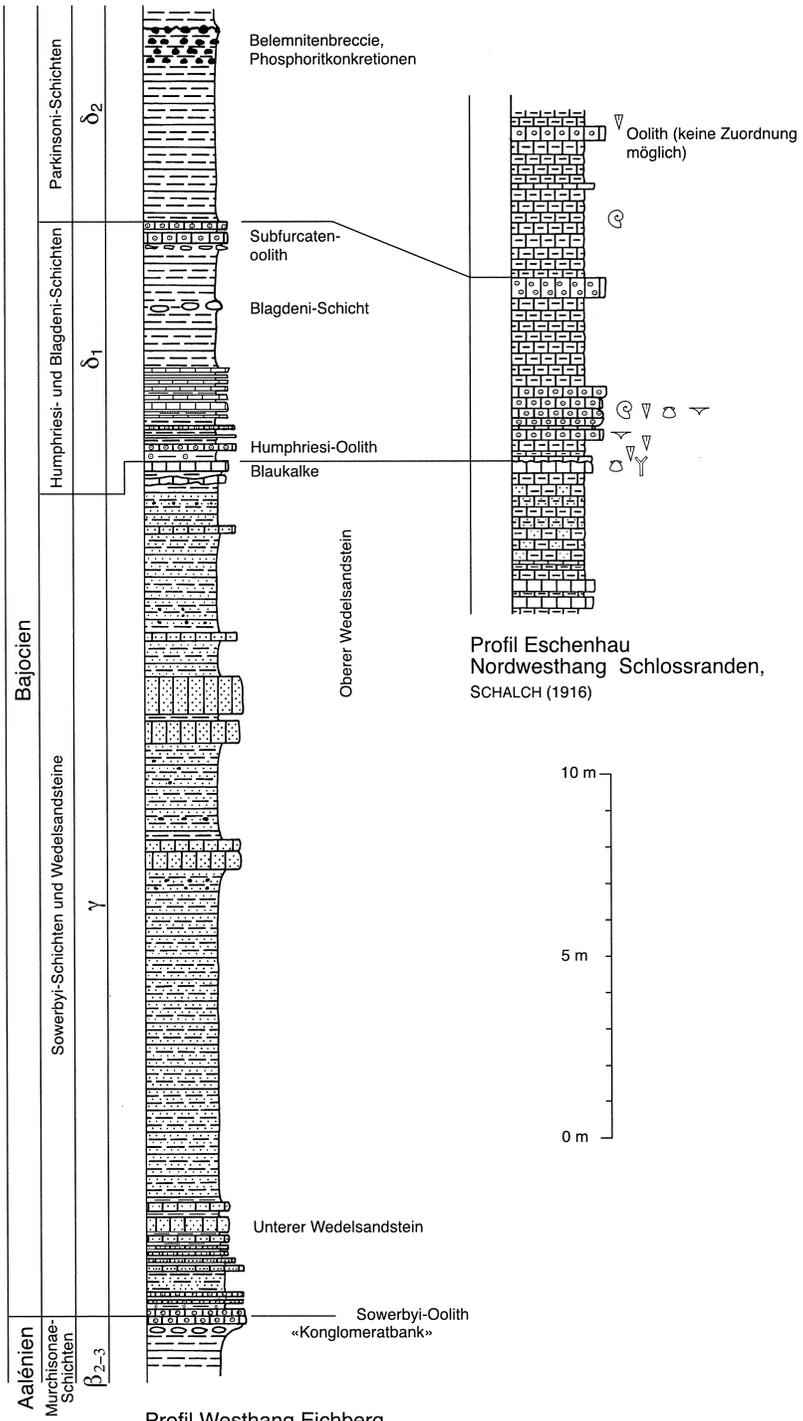
Die Murchisonae-Schichten bestehen ähnlich wie der Opalinus-Ton, aus mehr oder weniger sandigen Schiefer-tonen. Im Unterschied zu diesem sind sie aber kalkiger ausgebildet und können nicht als Ziegeleirohstoff verwendet werden. Da gute Aufschlüsse derzeit auf dem Kartengebiet nicht vorhanden sind, wird auf die Beschreibung von SCHALCH (1916) und HAHN (1971) zurückgegriffen.

Die Unterseite der Murchisonae-Schichten bildet eine feste Kalklage, die Comptum-Bank. Darüber folgen dunkle Tonschiefer unbekannter Mächtigkeit, in deren unterem Teil dünne Kalkbänke eingeschaltet sind. Diese Kalke führen massenhaft Muschelschalen und Crinoiden. SCHALCH (1916) bestimmte darin die folgenden Fossilien: *Oxynoticeras Staufense* OPP. sp. [*Staufenia*], *Pecten (Variamussium) pumilus* LAMK., *Pecten (Entolium) disciformis* SCHÜBL., *Pseudomonotis elegans* MÜNST. und *Trigonia striata* QU. Im oberen Wutachgebiet beschreibt HAHN (1971) über der Comptum-Bank 9,5 m feinsandige Tonschiefer. Diese werden überlagert vom 0,9 m dicken Oberbeta-Oolith, einem sehr fossilreichen Kondensationshorizont. Die darüber folgenden fossilarmen und sandigen Tonsteine erreichen im Wutachgebiet 6,5 m Mächtigkeit. Gegen Südosten nimmt ihre Mächtigkeit ab und bei Siblingen sind sie nur noch 3 m (SCHALCH 1916) mächtig.

i_{1a} Sowerbyi-Schichten (Sonninen-Schichten): *Braunjura* γ

Die Sowerbyi-Schichten bestehen aus schiefrigen bis bröckeligen Mergeln. Ihre Basis bildet der Sowerbyi-Oolith, der mit der «Konglomeratbank» über den Tonschiefern der Murchisonae-Schichten einsetzt. Bei «Geröllen» der «Konglo-

Fig. 8: Stratigraphische Profile des Mittleren Doggers. Linkes Profil: Westabhang des Eichbergs, obere Wutachschlucht nördlich Atlasblatt Beggingen-Singen (HAHN 1971) mit Korrekturen von HÄGELE & KLEMM (1998). Rechtes Profil: Gemeindegrenze Beggingen-Singen, am Nordwesthang des Schlossrandens (SCHALCH 1916). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Profil Eschenhau
Nordwesthang Schlossranden,
SCHALCH (1916)

Profil Westhang Eichberg,
HAHN (1971), HÄGELE UND KLEMM (1998)

meratbank» handelt es sich nach einer mündlichen Mitteilung von Reto Burkhalter um aufgearbeitete (exhumierte) und von Muscheln angebohrte frühdiagenetische Konkretionen. SCHALCH (1916) bestimmte darin die folgenden Fossilien: *Gryphaea sublobata* DESH. sp., *Harpoceras Desori* MÖSCH sp. [*Hyperlioceras*], *Harpoceras discoideum* QU. sp., *Inoceramus polyplocus* ROE. und *Pholadomya fidicula* SOW.

Da im Gebiet von Blatt Beggingen-Singen die höheren Sowerbyi-Schichten nicht aufgeschlossen sind, wird hier auf die Profile von HAHN (1971) und von HÄGELE & KLEMM (1998) vom Eichberg (nördlich von Blumberg) verwiesen.

Der ca. 0,7 m mächtige Sowerbyi-Oolith ist aus einer Wechselfolge von drei dünn gebankten, dunkelgrauen Mergeln und dazwischen liegenden kalkigen Tonsteinen aufgebaut. Sowohl die Mergel als auch die kalkigen Tonsteine führen dunkelbraune Eisenooide. Über einer 0,65 m dicken Tonsteinschicht folgen ca. 2 m dicke, fossilfreie Kalksandsteinbänke mit dünnen Tonzwischenlagen: die Unteren Wedelsandsteine. Sie werden überlagert von 9 m mächtigen feinsandigen und dunklen Tonsteinen, die den Abschluss der Sowerbyi-Schichten bilden.

i_{1b} Oberer Wedelsandstein: *Braunjura* γ

Es handelt sich um mehrere durch Mergel getrennte Bänke eines graublauen, feinsandigen Kalkes mit typischen «Wedeln» auf der Oberfläche der Sandsteine. Bei diesen «Wedeln» handelt es sich um Lebensspuren von *Cancellophycus scoparius* isp. [gegenwärtige Bezeichnung: *Zoophycos* isp.]. Die Sandsteine führen sowohl Quarzkörner als auch weissen Glimmer, als Schwerminerale Zirkon und Rutil nebst wenig Granat. An Fossilien findet man *Pecten* [*Entolium*] *demissus* PHILL., Seeigelstacheln und kleine Zweischaler. In den dazwischenliegenden Mergeln sind zudem *Pholadomya murchisoni* SOW., *Gresslya gregaria* ZIET. und *Pleuromya tenuistria* GOLDF., *Ostrea explanata* GOLDF. und *Ostrea flabelloides* SCHL. sowie Belemniten aufgeschlossen.

Der fossilreiche obere Teil des Doggers γ , der in Württemberg die sogenannten Blaukalke bildet und der Zone des *Otoites sauzei* angehört, fehlt im Wutachgebiet vollständig (HAHN 1971). Es wurden deshalb die von SCHALCH (1916) als «Blaukalke» bzw. Sauzei-Schichten bezeichneten Sedimente mit dem Oberen Wedelsandstein korreliert. SCHALCH (1916) beschreibt östlich von Beggingen mehrere Aufschlüsse von Oberem Wedelsandstein (bei ihm: «Blaukalke»): am Chüebuck, 2 km SSE von Beggingen, am Westabhang des Lucken, östlich von Beggingen und oberhalb vom Hof Neuwis, 2 km NNE von Beggingen.

i_{1c} Humphriesi- und Blagdeni-Schichten: *Braunjura* δ

Auf dem Kartengebiet ist diese wenig mächtige Schichtfolge kaum aufgeschlossen. SCHALCH (1916) beschreibt ca. 500 m südlich von Blatt Beggingen-

Singen am Schleitheimer Schlossranden (Eschenhau, Koord. 681.500/289.540) folgendes Profil:

Parkinsoni-Schichten:

- Dunkle Mergel mit *Belemnites Württembergicus* OPP.
- 0,45 m Braune oolithische Kalkbank.
- 1,20 m Dunkle Mergel.
- 0,12 m Zähe, blaue Kalkbank.
- 2,40 m Dunkle Mergel mit *Parkinsonia Parkinsoni* SOW. sp.
- 0,60 m Dunkler, schiefriger, oolithischer Mergelkalk (Bifurcatenoolith!).

Humphriesi- und Blagdeni-Schichten:

- 2,40 m Schwarze, glimmerige Mergel.
- 0,30 m Dunkle oolithische Kalkbank.
- 0,90 m Oolithische Bänke, abwechselnd härter und weicher, sehr reichlich fossilführend: *Stephanoceras Blagdeni* SOW. sp., *S. Humphriesianum* SOW. sp., *Belemnites giganteus* SCHL., *Ostrea flabelloides* LAMK., *Terebratula perovalis* SOW., *T. intermedia* SOW., *Rhynchonella quadriplicata* ZIET., *Pholadomya Murchisoni* SOW. sp., *Astarte* sp.
- 0,30 m Dunkle, splittrige Kalkbank, oolithisch. *Rhynchonella spinosa* SCHL. sp., *Terebratula perovalis* SOW., *Belemnites canaliculatus* SCHL.
- 0,30 m Helle graue Mergel mit Pholadomyen.
- 0,30 m Zwei blaue, durch sandige Mergel getrennte Kalkbänke mit *Belemnites giganteus* SCHL.
- 0,30 m Dunkle, splittrige, wulstige Kalkbank. *Lima* sp., kleine Bryozoen, *Serpula*.

Obere Wedelsandsteine («Blaukalke»):

- 2,40 m Schwarze, sandige Mergel.
- 0,10 m Rostbraune Mergel.
- 0,15 m Schwarze Mergel.
- 0,30 m Graue, harte Kalkmergel mit Pholadomyen.
- 0,30 m Graublaue, harte Bank mit undeutlichen Petrefakten.
- 0,15 m Schwarze Mergel.
- 0,30 m Graubraune Kalkbank.
- 0,30 m Mergel, grau, fett.

Die Basis bilden die 2,4 m mächtigen Humphriesi-Schichten. Ihre basalen Mergel und Kalke (unterster Meter) sind ooidfrei, während die höheren Lagen Eisenooide führen (Humphriesi-Oolith). Sie bestehen aus bioturbierten und sehr fossilreichen (Fossilliste siehe oben) Kalk- und Mergelbänken; gelegentlich lässt sich ein mit Austern bewachsener Hartgrund erkennen (HÄGELE & KLEMM 1998).

Über den Humphriesi-Schichten folgen 2,4 m schwarze, sandige und glimmerführende Mergel: die Blagdeni-Schichten. Nach HAHN (1971) ist die Basis der Blagdeni-Schichten am Westabhang des Eichbergs (nördlich von Blumberg) kalkig ausgebildet. Die Mächtigkeit der Blagdeni-Schichten beträgt dort 3,4 m.

i_p Parkinsoni-Schichten: *Braunjura* δ_2

Die Parkinsoni-Schichten werden gegen unten vom Subfurcatenoolith und gegen oben vom Parkinsoni-Oolith begrenzt. Dazwischen liegen 30–40 m Tonsteine. Beim Subfurcatenoolith handelt es sich ebenfalls um einen Eisenooide führenden Mergel. HÄGELE & KLEMM (1998) beschreiben diesen Oolith am Eichberg bei Blumberg als mehrfachen Wechsel von teilweise violetten und Eisenooide führenden Kalken und Tonsteinen. Durch das Auftreten der Ammoniten *Strenoceras subfurcatum* (SCHLOTHEIM) und *Garantiana* im Oolith und *Parkinsonia parkinsoni* (SOW.) in den darüber liegenden Mergeln kann dieser Oolith eindeutig als Subfurcatenoolith identifiziert und zu den Parkinsoni-Schichten gezählt werden (bei SCHALCH 1916 wird der Subfurcatenoolith als Bifurcatenoolith bezeichnet und zu den obersten Humphriesianus-Schichten gezählt). Schwieriger wird die Einordnung der Ooidbank, die nach SCHALCH (1916) 3,72 m über dem Subfurcatenoolith innerhalb der Tonsteine auftreten soll (siehe Fig. 8, p. 37). Am Eichberg beschreibt HAHN (1971) über dem basalen, 60 cm mächtigen Subfurcatenoolith eine 5 m mächtige Abfolge von Tonsteinen in der vier Lagen von Phosphoritkonkretionen mit Phosphatooiden (HÄGELE & KLEMM 1998) auftreten. Gegen oben werden diese Tonsteine von einer Belemnitenbreccie begrenzt.

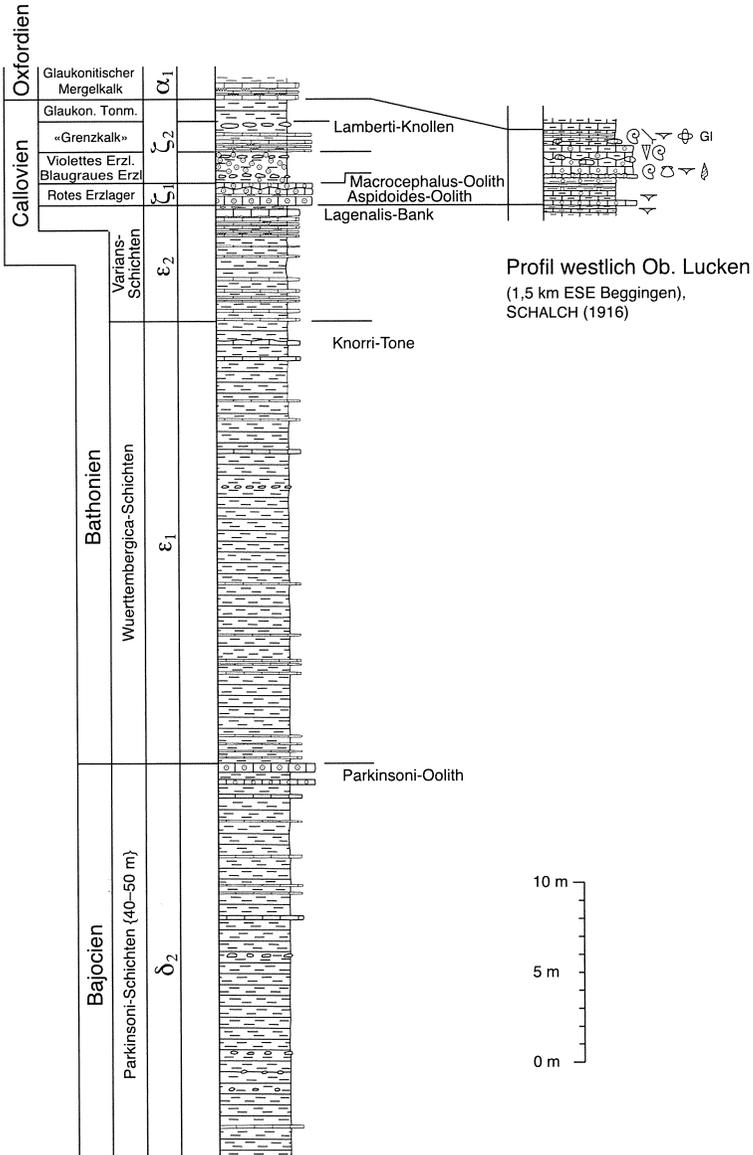
Über der Breccie folgen leicht sandige, glimmerführende Tonsteine und Mergel, in denen Pyritkonkretionen und Mergelgeoden auftreten. Selten sind verieselte oder kalkige Bruchstücke des Ammoniten *Parkinsonia parkinsoni* (SOW.) zu finden.

Der Parkinsoni-Oolith ist im Gebiet von Blatt Beggingen-Singen nirgends aufgeschlossen und wurde auch von SCHALCH (1916) nicht beschrieben. Es wird hier deshalb auf ein Profil vom Buchberg bei Blumberg von HÄGELE & KLEMM (1998) zurückgegriffen. Diese Autoren beschreiben über den obersten, Ammoniten und Brachiopoden führenden, grauen Tonsteinen zwei 35 cm dicke Eisenooide führende, graue und sandige Kalkbänke, die von einer 40 cm dicken Tonsteinlage getrennt werden.

i₂ Wuerttembergica- und Varians-Schichten («Knorri-Tone»): *Braunjura* ϵ

Dieser Schichtkomplex ist im Kartengebiet schlecht aufgeschlossen, wenig mächtig entwickelt (nach SCHALCH 1916 ungefähr 12 m) und erreicht erst im mittleren Wutachtal grössere Bedeutung (HAHN 1971). Die Varians-Schichten sind vor allem am Westabsturz des Randens an mehreren Stellen zu finden.

Fig. 9: Stratigraphisches Profil des Mittleren und Oberen Doggers und des Unteren Malms. Linkes Profil: Westhang des Eichbergs, bei Blumberg, obere Wutachtalschlucht, nördlich Atlasblatt Beggingen-Singen (HAHN 1971). Rechtes Profil: Westlich Ob. Lucken, 1,5 km ESE von Beggingen (SCHALCH 1916). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Profil Westhang Eichberg,
HAHN (1971)

Vom Eichberg bei Blumberg beschreibt HAHN (1971) folgende Abfolge: Zuunterst liegen die Wuerttembergica-Schichten. Es handelt sich um Tonsteine mit gelegentlich auftretenden Kalkmergelbänken. Häufig findet man darin Ammoniten in Pyriterhaltung. In ihrem oberen Teil tritt die kleine Auster *Ostrea knorri* (*Catinula*) derart häufig auf, dass man die Sedimente auch «Knorri-Tone» nennt.

Darüber folgen 6,5 m Kalkbänke und «Laibsteinlagen» (Lagen von Konkretionen) mit dazwischen gelagerten Tonmergeln: die Varians-Schichten. Sie sind sehr reich an Muscheln und Brachiopoden und erhalten ihren Namen vom extrem häufig auftretenden Brachiopoden *Rhynchonella varians* [*Rhynchonelloidella alemannica* (ROLLIER)] (SULSER 1989).

SCHALCH (1916) beschreibt aus den Wuerttembergica-Schichten [Varians-Schichten nach SCHALCH (1916)] die folgenden Fossilien: *Ostrea knorri* (VOLTZ) ZIET., *Perisphinctes aurigerus* OPP. sp., *Oppelia fusca* QU. sp., *Perisphinctes tenuiplicatus* BRAUNS sp., *Nucula variabilis* SOW., *Leda aequilatera* KOCH & DUNK., *Cucullaea sublaevigata* ZIET., *Anisocardia nitida* PHILL. und *Serpula vertebralis* SOW. Da SCHALCH (1916) nur Wuerttembergica-Schichten mit *Ostrea knorri* (VOLTZ) ZIET. erwähnt, ist anzunehmen, dass die tieferen Lagen der Wuerttembergica-Schichten nicht aufgeschlossen sind. Die Varians-Schichten über den 6–8 m mächtigen «Knorri-Tonen» beschreibt er als 4–6 m mächtige Abfolge von graublauem und schmutzig gelbbraun anwitternden, dichten und selten oolithischem Mergelkalk mit Zwischenlagen von schmutzig gelbgrau gefärbtem Mergel. Darin enthalten sind nach SCHALCH (1916) die Fossilien *Rhynchonella varians*, *Perisphinctes procerus* SEEB. sp. [*Procerites*], *Stephanoceras Morrisi* OPP. sp. [*Morrisiceras*], *Stephanoceras subcontractum* MORRIS. sp., und *Cadoceras sublaeve* SOW. sp.

Während die Varians-Schichten am Westabhang des Randens Ooide führen (SCHALCH 1916), sind sie am Westabhang des Eichbergs frei davon (HAHN 1971).

Einen guten Leithorizont für die Obergrenze der Varians-Schichten bildet die 30 cm dicke und harte Kalkbank, die nach dem darin auftretenden Brachiopoden *Zeilleria lagenalis* [*Ornithella*] auch Lagenalis-Bank genannt wird.

i₃ «Macrocephalus-Oolith» und «Grenzkalk»: *Braunjura* ζ

Der «Macrocephalus-Oolith» ist an mehreren Stellen am Westabsturz des Randens, in der Gegend von Merishausen und Barga und im Müllital (NE des Hagen) aufgeschlossen. Da heute die gesamte Grenzzone Dogger/Malm an keiner Stelle offen liegt, wird auf ein Profil von SCHALCH (1916, p. 49) verwiesen, das bei einer Grabung aufgenommen wurde:

«Die gegenwärtig günstigste Stelle trifft man am nördlichen Hang des Lucken (Heute: 1,5 km ENE Beggingen, bei «Im wissen Risen»), auf Waldrevier Spitzgenen, im Niveau der 730 m-Höhenlinie.

Hier ist es besonders die an einer Stelle gut offen liegende Bank der *Terebratula [Zeilleria] lagenalis*, welche eine sichere Orientierung über Liegendes und Hangendes ermöglicht.

Eine im Sommer 1915 daselbst vorgenommene umfangreiche Grabung ergab für die Oberregion der Varians-Schichten und die noch darüber folgenden Absätze des unteren Malm folgendes Profil:

Birmensdorfer Schichten:

0,3 m Dunkelgraue, bröcklige Mergel.
2 oder 3 festere, fossilreiche Kalkmergellagen mit reichlicher Glaukonitführung.

Ornaten-Schichten:

0,45 m schwarze, lockere Mergel mit unregelmässig verteilten Knollen und Wacken von dunklem, oolithischem Mergelkalk. Viel Belemniten.

Übergangs-Schicht:

0,3 m durchlaufende Bank von hartem, dunkelgrauem Mergelkalk mit kleinen, gelbbraunen Oolithkörnern, noch *A. macrocephalus* führend.

Macrocephalus-Schichten:

0,78 m dunkelgraue oolithische Mergel und unregelmässig verteilte härtere Knollen von dunkelgrauem Mergelkalk mit konzentrisch-schaligen, braunen Oolithkörnern. *A. macrocephalus*; zahlreiche Perisphincten und Belemniten.

0,39 m intensiv roter, morscher Eisenoolith.

0,23 m kompakter, fester, brauner Eisenoolith mit knollig-höckeriger Oberfläche, als konstant durchlaufende Bank.

0,70 m weichere, tonig-eisenoolithische Lage.

0,49 m dunkelgrauer, eisenoolithischer Kalkmergel, z.T. mit viel *Rhynch. spathica*.

0,28 m braunroter, wenig kompakter Eisenoolith.

Varians-Schichten:

0,40 m rauhe, dunkle Mergel mit *Terebr. lagenalis*.»

SCHALCH (1916) beschreibt den «Macrocephalus-Oolith» als 1,5–3 m mächtige Abfolge von härteren und weicheren schmutzig-grünlichgrauen Mergeln mit bis zu 2,5 mm grossen Eisenoiden. Daraus zitiert er die folgenden Fossilien: *Macrocephalites macrocephalus* SCHL. sp., *Macrocephalus tumidus* REIN. sp., *Macrocephalus Herveyi* SOW. sp., *Perisphinctes funatus* OPP. sp., *Perisphinctes Moorei* OPP. sp., *Sphaeroceras bullatum* D'ORB. sp., *Reineckia Rehmanni* OPP. sp., *Terebratula subcanaliculata* OPP. sp., *Terebratula Geisingensis* OPP., *Rhynchonella triplicosa* QU. sp., *Rhynchonella Steinbeisii* QU. sp. Über dem «Macrocephalus-Oolith» folgt eine 0,48–0,6 m mächtige, sandige, dunkle Mergellage mit wenigen, teilweise sehr grossen Ooiden und schwarzgrünen Glaukonitkörnern, in der gegen oben häufig Knauern von dunklem Mergelkalk auftreten. Diese Lage nennt SCHALCH (1916) Ornaten-Schichten (heutiger Name: «Grenz-

kalk»). Er fand darin die folgenden Fossilien: *Cardioceras cordatum* SOW. sp., *Qunstedticeras Lamberti* SOW. sp., *Neumayria denticulata* ZIET. sp., *Hectico-ceras hecticum* REIN. sp., *Cosmoceras Jason* REIN. sp. und zahlreiche Belemniten.

Da sowohl die Benennung als auch die Fazies des «Macrocephalus-Ooliths» im Gebiet der oberen Wutach von der Abfolge und der Benennung durch SCHALCH (1916) auf Blatt Beggingen-Singen abweicht, wird hier auf die Abfolge an der oberen Wutach eingegangen.

HAHN (1971) unterteilt am Westabhang des Eichbergs die 4,6 m mächtigen Oolithe über der Lagenalis-Bank anhand von Ammonitenfunden wie folgt:

Callovien:

«Lamberti-Knollen»: dünne Lage mit Phosphoritkonkretionen

«Grenzkalk»: 30–50 cm mächtiger, eisenooxidführender mergeliger Kalk der im oberen Teil Quarz- und Glaukonitkörner enthält

Violettes Erzlager: eisenooxidführende Mergel und Kalke

Graublaues Erzlager: eisenooxidführende Mergel und Kalke

Rotes Erzlager: Macrocephalus-Oolith: 0,70 m

Oberbathonien:

Aspidoides-Oolith: 0,7 m

Lagenalis-Bank: 0,3 m

HÄGELE & KLEMM (1998) trennen den 1 m mächtigen Orbis-Oolith (Aspidoides-Oolith bei HAHN 1971) über der Lagenalis-Bank vom 42 cm dicken Roten Erzlager ab. Darüber folgt zuerst das 0,95 m mächtige Graublaue Erzlager und zuoberst das Violette Erzlager unbekannter Mächtigkeit. Es ist anzunehmen, dass der basale «Macrocephalus-Oolith» von SCHALCH (1916) dem Orbis-Oolith von HÄGELE & KLEMM (1998) bzw. dem Aspidoides-Oolith von HAHN (1971) entspricht.

Malm

Zur Beschreibung der Malm-Stratigraphie wurden die folgenden Arbeiten verwendet:

Oxfordien: SCHALCH (1916), GYGI (1969) und SCHREINER (1992); Kimmeridgien: ADELMANN (1982) und BÜCHI UND MÜLLER AG (1989).

Das Oxfordien ist im Gebiet von Atlasblatt Beggingen-Singen überall sehr gleichartig ausgebildet. Da zwischen der Ablagerung der Malm-Sedimente und jener der eoänen Bolustone der jurassische Sedimentstapel um ca. 1,4° gegen SE gekippt und erodiert wurde, liegen heute die tertiären Ablagerungen von SE gegen NW auf immer älteren Jurasedimenten. Die Setatus- und Subeumela-Schichten sind nur im SE aufgeschlossen und reichen gegen NW nur bis in die Gegend von Barga. Die «Plattenkalke» des obersten Kimmeridgien und untersten Tithonien sind aus dem gleichen Grund nur noch auf dem Reiat (Reiet)

Tabelle 4: Korrelationstabelle für den Malm vom Aargauer Jura bis zum Hegau

| Stratigraphische Stufen und Unterstufen | | Gliederung im Aargauer Jura nach GYGI (1969) | Gliederung im Schaffhauser Jura | Gliederung im Reiat-Hegau-Gebiet nach SCHREINER (1983,1992) | Gliederung im schwäbischen Jura nach GEYER & GWINNER (1991) | Gliederung nach QUENSTEDT (1858,1885/88) | Neue süddeutsche Stufen-gliederung | Geologischer Atlas der Schweiz |
|---|------------------------|--|--|---|---|--|------------------------------------|--------------------------------|
| Tithonien | Unteres Tithonien | | | | Hangende Bankkalke | W ζ_3 | tiH | |
| | | Zementmergel | Zementmergel | | Obere Weissjuramer gel oder Zementmergel | W ζ_2 | tiZ | i ₈ |
| | | «Plattenkalke», Ulmensis-Schichten | Ulmensis-Schichten (Liegende Bankkalke) | | Liegende Bankkalke | W ζ_1 | tiL | i _{7d} |
| Kimmeridgien | Oberes Kimmeridgien | Wettinger Schichten | Setatus- und Subemela-Schichten | Setatus- und Subemela-Schichten | Obere Felsenkalke | W ϵ | ki ₃ | i _{7c} |
| | | | «Quaderkalk», Pseudo-mutabilis-Schichten | Mittel-Kimmeridge-kalk | Untere Felsenkalke | W δ | ki ₂ | i _{7b} |
| | Unteres Kimmeridgien | Badener Schichten | Schwarzbach-Schichten, «Mittlere Malmmergel» | Kimmeridgemergel | Mittlere Weissjuramer gel oder Kimmeridge-Mergel | W γ | ki ₁ | i _{7a} |
| | | | | | | | | |
| Oxfordien | Oberes Oxfordien | Letzi-Schichten | «Wohlgeschichtete Kalke» | Oxfordkalk | Wohlgeschichtete Kalke oder Oxford-Kalke | W β | ox ₂ | i ₆ |
| | | Knollen-Schicht | | | | | | |
| | | Wangener Schichten | | | | | | |
| | | Crenularis-Schichten | Lochen-Schichten oder Hornbuck-Schichten | Lochen-Schichten | | | | |
| | Mittleres Oxfordien | Geissberg-Schichten | Impressa-Mergel | Impressa-Mergel | Untere Weissjuramer gel oder Oxford-Mergel | W α | ox ₁ | i ₅₋₆ |
| | | Effinger Schichten | | | | | | |
| | | Birmenstorfer Schichten | Glaukonitischer Mergelkalk | «Birmenstorfer Schichten» | | | | |
| Unteres Oxfordien | Eisenoolithischer Kalk | Glaukonitischer Tonmergel | Glaukonit-Sandmergel | | | | | |

erhalten. Die Zementmergel sind an der Oberfläche nur reliktsch aufgeschlossen. In sämtlichen Formationen des Kimmeridgien und des Tithonien tritt sowohl eine gebankte als auch eine massige Fazies auf (vgl. auch ZIEGLER 1977).

Im Bereich von Blatt Beggingen-Singen zeigt der Malm (*Weissjura*) das folgende typische Profil:

| | | | | |
|------------------|---|------------------------|---------------|-------------------|
| i ₈ | Zementmergel (tiZ) | unt. Tithonien | ζ_2 | max. 20 m |
| i _{7d} | «Plattenkalke» (tiL) | ob. Kimm. – unt. Tith. | ζ_1 | 26–34 m |
| i _{7c} | Setatus- und Subeumela-Schichten (ki3) | ob. Kimmeridgien | ε | max. 30 m |
| i _{7b} | «Quaderkalk» (ki2) | mittl. Kimmeridgien | δ | 35–40 m |
| i _{7a} | Schwarzbach-Schichten (ox3) | unt. Kimmeridgien | γ | (14 m*; 20–30 m♦) |
| i ₆ | «Wohlgeschichtete Kalke» (ox2) | ob. Oxfordien | β | 90 m |
| | Hornbuck-Schichten (ox1) | ob. Oxfordien | α_2 | 6–10 m |
| i ₅₋₆ | Impressa-Mergel (ox1) | mittl. Oxfordien | α_1 | 43–49 m |
| | Glaukonitischer Mergelkalk (Birmenstorfer Schichten) (ox1) | mittl. Oxfordien | α_1 | 1,4 m |
| | Glaukonitischer Tonmergel (Grenzglaukonit) (ox1) | unt. Oxfordien | α_1 | 1,2 m |

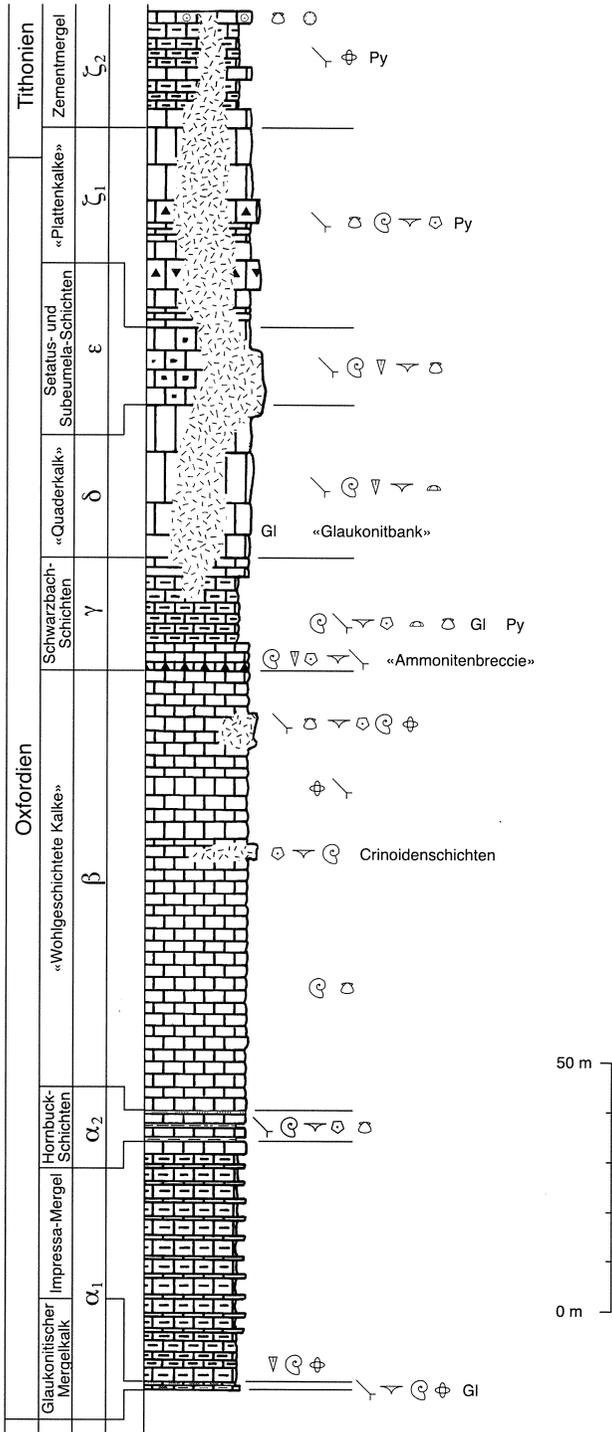
* = Mächtigkeit der Schwarzbach-Schichten in der Tongrube Biberegg, 1 km SSE Bibern.

♦ = Mächtigkeit der Schwarzbach-Schichten auf dem westlichen Randen.

Glaukonitischer Tonmergel (Glaukonit-Sandmergel oder Grenzglaukonit): Unteres Oxfordien (ox1), *Weissjura* α_1

Das Oxfordien wurde von GYGI (1969) eingehend bearbeitet. Es wird hier auf ein Profil zurückgegriffen, das dieser Autor am Eichberg, bei Blumberg (Koord. 680.230/300.430; 4½ km nördlich ausserhalb des Kartenblattes Beggingen-Singen), aufgenommen hat. Bei den Glaukonitischen Tonmergeln handelt es sich um eine 1,2 m dicke Schicht von dunkelgrauen Tonmergeln, die Quarzsand, Glaukonit, Biotit und wenig Muskovit führen. Der Glaukonit tritt vor allem in den obersten 10 cm besonders häufig auf; in den untersten 10 cm sind Eisenooide aufgeschlossen. Gegen oben werden die Tonmergel von einer knolligen Kalkmergelbank, die schon zum Glaukonitischen Mergelkalk gezählt wird, begrenzt. Im Profil von SCHALCH (1916), das im Abschnitt «*Macrocephalus-Oolith*» und «Grenzkalk» aufgeführt ist, überlagert bei Spitzgenen der Glaukonitische Mergelkalk (Birmenstorfer Schichten) direkt den Grenzkalk (Ornaten-Schichten von SCHALCH 1916). Möglicherweise fehlt also dort das basale Oxfordien.

Fig. 10: Modifiziertes stratigraphisches Profil des Malms im Reiat–Hegau-Grenzgebiet. Nach GEYER & GWINNER (1986, 1991), HAHN & SCHREINER (1971) und SCHREINER (1970, 1974), in ADELMANN (1983). Legende siehe Fig. 1, p. 10. ⇒



Sammelprofil Reiat-Hegau

Nach SCHREINER (1992) findet man im Glaukonitischen Tonmergel die folgenden Fossilien: *Cardioceras cordatum* (SOWERBY), *Cardioceras praecordatum* (DOUVILLÉ), Perisphincten, ein fragliches Exemplar von *Prososphinctes lucingae* (FAVRE) und *Belemnites hastatus* (BLAINVILLE).

Glaukonitischer Mergelkalk (Birmenstorfer Schichten): Mittleres Oxfordien (ox1), *Weissjura* α_1

Am Profil vom Eichberg ist der grösste Teil dieser Formation von Schutt bedeckt. GYGI (1969) beschreibt deshalb nur die basalen Lagen. An der Basis liegt eine grünlichgraue, knollige, von Grabgängen durchzogene und Glaukonit führende Kalkmergelbank, in der zahlreiche Ammoniten, Belemniten und Schwämme auftreten. Oft sind die Ammoniten von einer dünnen, salatgrünen Glaukonitschicht überzogen. Darüber folgen Mergelkalkbänke mit Mergelzwischenlagen.

Nach SCHALCH (1916) wird der ca. 1,4 m mächtige Glaukonitische Mergelkalk (bei SCHALCH 1916: «Birmensdorfer Schichten») oben und unten von einer kompakteren, Glaukonit führenden Mergelkalkbank begrenzt. Dazwischen liegen bröcklige Mergel. Die ganze Abfolge zeichnet sich durch ihren Fossilreichtum aus: Schwämme (*Opetionella bipartita* QU. sp., *Sporadopyle obliqua* GOLDF. sp.), Fukoiden, Brachiopoden (*Terebratula Birmensdorfensis* ESCHER, *Rhynchonella arolica* OPPEL) und Ammoniten (*Aspidoceras perarmatum* SOW. sp., *Ochetoceras canaliculatum* v. BUCH sp., *Oppelia subclausa* OPP. sp., *Harpoceras Arolicum* OPP. sp.).

Im Gebiet von Blatt Beggingen-Singen ist der Glaukonitische Mergelkalk bei Spitzgenen (siehe Abschnitt «Macrocephalus-Oolith» und «Grenzkalk», p. 42–44) aufgeschlossen.

i₅₋₆ Impressa-Mergel (Effinger Schichten): Mittleres Oxfordien (ox1), *Weissjura* α_1

SCHALCH (1916) unterteilt die Impressa-Mergel in einen basalen, 8–9 m mächtigen Abschnitt von bröckligen, grauen Mergeln, die überlagert werden von einer 35–40 m mächtigen Wechselfolge von härteren Mergelkalkbänken und Mergellagen. In den basalen Mergeln beschreibt er die folgenden Fossilien: *Aulacothyris impressa* BR. sp., *Oppelia complanata* QU. sp., *Cardioceras alternans* v. BUCH sp., Belemniten und Fukoiden. Die höhere Kalkmergel-Wechselfolge ist im Gegensatz dazu fast gänzlich fossilfrei und führt nur selten Belemnitenbruchstücke, Fukoiden und Ammoniten. Sowohl in den Formationen über den Impressa-Mergeln als auch in jenen darunter treten häufig Schwämme auf; in den Impressa-Mergeln selber wurden sie bisher nicht beschrieben.

Einen Einblick in die Impressa-Mergel vermittelt die Hangschuttgrube (nur noch unbedeutender Abbau) an der Luckenhalde (ca. 1,6 km ESE von Beggingen), in welcher durch den Abbau die Impressa-Mergel teilweise, die Lochen-Schichten ganz freigelegt wurden.

Hornbuck-Schichten (Lochen-Schichten): Oberes Oxfordien (ox 1),
Weissjura α_2

SCHALCH (1916, p. 56) beschreibt diese 6–10 m mächtige Formation als Wechselfolge von 0,3–0,6 m dicken, weissgrauen oder gelblichen, kompakten Mergelkalklagen und dünnen Mergelzwischenlagen. Die Mergelkalke zeigen oft eine gefleckte, ruppige und rostige Oberfläche, die von Serpeln überzogen ist. Das gefleckte Aussehen ist auf das häufige Auftreten von Schwämmen zurück zu führen. In Anlehnung an WÜRTEMBERGER beschreibt SCHALCH (1916) die folgenden Fossilien: Ammoniten (*Perisphinctes* cf. *virgulatus* QU. sp., *Perisphinctes* cf. *bifurcatus* QU. sp., *Oppelia* cf. *callicera* OPP. sp., *Oppelia* cf. *microdomus* OPP. sp.), Lamellibranchier (*Trochus impressae* QU., *Pleurotomaria speciosa* MÜNST. sp., *Pecten* cf. *subarmatus* GOLDF., *Arca* cf. *texata* QU., *Cucullaea* sp., *Isocardia impressae* QU., *Cardita* cf. *tetragona* QU.), Brachiopoden (*Aulacothyris* cf. *impressa* BRONN.) und Echinodermen (*Cidaris propinqua* GOLDF.).

i₆ «Wohlgeschichtete Kalke»: Oberes Oxfordien (ox 2), *Weissjura* β

Die «Wohlgeschichteten Kalke» (vgl. GYGI 1969) haben eine Mächtigkeit von 90 m. Es sind regelmässig und mauerartig geschichtete, klüftige, relativ spröde und muschelartig brechende (klingen beim Anschlagen), hell- bis dunkelbeigefarbene und homogene Kalksteine, deren Bänke 10 bis 60 cm dick sind. Die Kalkbänke werden von dünnen Kalkmergellagen unterbrochen. Die «Wohlgeschichteten Kalke» wurden früher in zahlreichen Brüchen abgebaut und liefern den Hauptanteil des Hangschutts im Randengebiet. In der mittleren Zone findet man oft zwei bis drei dickbankige, hellere Schichten, die massenhaft Crinoidenbruchstücke (Stielglieder von *Balanocrinus subteres* MÜ.) sowie Ammoniten (Oppelien und *Perisphinctes*) und die Brachiopoden *Terebratula zietenii* LOR. und *Holactypus depressus* PHIL. enthalten. Zwischen den Bänken liegt ein, dünner, ebenfalls Crinoiden führender Schiefer. Nach SCHALCH (1916) treten die Crinoidenschichten vorwiegend im Gebiet zwischen dem Bargemer Randen und Hemental auf (in der Karte sind sie nur 2 km westlich von Merishausen, westlich von Pt. 669, zu erkennen).

Die «Wohlgeschichteten Kalke» sind nicht besonders fossilreich und führen nach SCHALCH (1916) Ammoniten der Gattung *Perisphinctes* und *Haploceras* und die Muschel *Pholadomya acuminata* ZIET. Einzelne Bänke, vor allem deren höhere Abschnitte, zeigen beim Auftreten von Fukoiden, Schwämmen und

Serpeln eine charakteristische rostige Oberfläche. Aufgeschlossen sind die «Wohlgeschichteten Kalke» in zahlreichen Steinbrüchen am Westabfall des Randens, östlich von Beggingen und in der Tongrube Biberegg im Liegenden der Randen-Verwerfung.

i_{7a} **Schwarzbach-Schichten** («Mittlere Malmmergel», «Kimmeridge-Mergel»): Unteres Kimmeridgien (ki1), *Weissjura* γ

Bei den Schwarzbach-Schichten, «Mittlere Malmmergel» handelt es sich vorwiegend um Mergel und mergelige Kalke. Vor allem im Mittelteil treten fossilreiche Mergel von dunkelgrauer Farbe (ADELMANN 1982) auf. Die dunkle Färbung rührt von fein verteiltem Pyrit her, der gelegentlich auch in Form von Knollen oder Schnüren vorliegt. Wittert das Gestein an, so erhält es durch den umgewandelten Pyrit eine gelbliche Färbung. Charakteristisch sind zudem das Auftreten von Kalzitkristallen innerhalb von Drusen und Klüften und Glaukonit. In der Mergelgrube Biberegg ist die Formation 14 m mächtig, (SCHALCH 1916). Weiter südwestlich, auf dem Randen, rechnet man mit einer Mächtigkeit von 20–30 m. Über und in den Schwarzbach-Schichten treten aufgrund ihrer hohen Tongehalte (73–80 % CaCO₃) zahlreiche Quellen aus.

Innerhalb der Schwarzbach-Schichten lassen sich anhand von Ammonitenfunden drei Zonen ausscheiden:

- Ober-Gamma (γ_3): Zone des *Katroliceras divisum*: «Balderum-Bänke»
- Mittel-Gamma (γ_2): Zone des *Ataxioceras hypselocyclum*: «Aptychen-Tone»
- Unter-Gamma (γ_1): Zone der *Sutneria platynota*: Reineckianus-Schichten inkl. «Ammonitenbreccie»

Zone der Sutneria platynota (γ_1)

Diese Zone wird vorwiegend von 20–40 cm dicken Kalkbänken und dazwischenliegenden dünnen Mergellagen aufgebaut. Die Grenze zu den liegenden «Wohlgeschichteten Kalken» bildet die «Ammonitenbreccie», ein Horizont, in welchem gehäuft Ammoniten, Belemniten und Crinoiden auftreten. Sie ist SE von Opfertshofen, an der Strasse nach Lohn, bei Koord. 691.670/291.970, aufgeschlossen. Der darin enthaltene Ammonit *Sutneria platynota*, der nach SCHREINER (1983) auch in der Grube Biberegg gefunden wurde und nach ADELMANN (1982) auch im Hangschutt des Beisentals auftritt, definiert die Ammonitenzone γ_1 und ist leitend für die basalen Schwarzbach-Schichten.

Zone des Ataxioceras hypselocyclum (γ_2)

Bei dieser Zone handelt es sich um eine Abfolge von dicken, grauen und drusig-bröckeligen Mergellagen, in die unregelmässig Kalkbänke eingeschaltet

sind. Sie ist besonders fossilreich und führt eine an Ataxioceraten reiche Fauna – inkl. *Ataxioceras hypselocyclus* (FONTANNES), Sammlung R. Schlatter, Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen – zusammen mit Aptychen, Schwämmen, Rhynchonellen, Terebrateln, Crinoiden und Seeigelstacheln. Die Steinkerne der Ammoniten tragen oft grüne Beläge, die röntgenographisch als Glaukonit identifiziert werden konnten. Da die Mergel zu einem lehmigen Grus verwittern, lassen sich aus dieser Zone besonders gut Fossilien herauslösen.

Zone des Katroliceras divisum (γ_3)

In dieser deutlich kalkiger ausgebildeten Zone treten die 10–40 cm mächtigen Kalkbänke wieder näher zusammen. Zwischen diesen Bänken liegen bis zu 15 cm dicke Mergel und Kalkmergel, in denen Kalk- und Mergelkalkknollen «schwimmen». Gelegentlich sind Bänke mit plattgedrückten Exemplaren des Ammoniten *Idoceras balderum* (OPPEL) aufgeschlossen.

Im oberen Teil der *Ataxioceras hypselocyclus*-Zone und in der Zone des *Katroliceras divisum* tritt gelegentlich eine Schwammfazies auf. Die gefleckten Kalke und Mergel werden von dunklen, verkalkten Kieselschwämmen und von hellerem Sediment und Kalkkrusten aufgebaut. Man bezeichnet diese Fazies auch als Schwamm-Mumienkalk (vgl. FRITZ 1958).

ADELMANN (1982) sammelte in den Kimmeridge-Mergeln folgende Fossilien auf:

- Sutneria* (*S.*) *platynota* (REINECKE)
- Ataxioceras* (*A.*) ex gr. *hypselocyclus* (FONTANNES)
- Ataxioceras* (*Parataxioceas*) *balnearium* (OPPEL)
- Ataxioceras* (*Parataxioceas*) *inconditum* (FONTANNES)
- Ataxioceras* sp.
- Idoceras* (*I.*) ex gr. *balderum* (OPPEL)
- Rasenia* (*Prorasenia*) *quenstedti* (SCHINDEWOLF)
- Rasenia* sp.
- Creniceras* *dentatum* (REINECKE)
- Taramelliceras* (*Metahaploceas*) *nodosiusculum* (FONTANNES)
- Taramelliceras* sp.
- Lithacoceras* (*Progeronia*) *eggeri* (AMMON)
- Lithacoceras* (*Progeronia*) sp.
- Katroliceras* sp.
- Streblites* sp.
- Aspidoceras* (*Physodoceras*) sp.
- Glochiceras* sp.
- Perisphinctes* (*Orthosphinctes*) sp. und weitere Perisphinctaceae
- Belemniten
- Laevaptychus* *meneghini* (ZIGNO)
- Lacunosella* *lacunosa* (SCHLOTHEIM) und weitere Rhynchonellacea
- Loboidothyris* *zietenii* (DE LORIOLE) und weitere Terebratellacea
- Eugeniocrinites* sp. und weitere Crinoiden
- Pectiniden
- Seeigelstachel
- ?*Pleurotomaria* sp.

Cypellia sp.
Hyalotragos sp. und weitere Becher-, Trichter- und Tellerschwämme
 Serpeln

i_{7b} «**Quaderkalk**» (Pseudomutabilis-Schichten): Mittleres Kimmeridgien
 (ki₂), *Weissjura* δ

Der «Quaderkalk» ist eine 35 bis 40 m mächtige Formation von vorzugsweise dickbankigen und dichten Kalken. Im unteren Teil (δ_{1-3}) überwiegen olivgraue bis braungraue, ins Rötliche spielende, dünnplattige Kalkbänke von 6–10 cm Mächtigkeit, die auf Grund ihrer pseudobrecciösen bis pseudo-oolithischen Struktur Tuberolithe genannt werden. Diese bestehen aus einer grusigen Grundmasse, in der meist dunkle, homogene Komponenten schwimmen. Daneben tritt eine mergelige Schwammfazies auf, die auch als Flaserkalk bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um graubraune, grauweiss anwitternde, mergelige Kalke mit undeutlicher Bankung und welligen Schichtoberflächen, in denen nebst plattgedrückten Schwämmen reichlich Brachiopoden, Perisphincten, Taramelliceraten und Glochiceraten zu finden sind. Bei Bohrungen westlich der Mergelgrube Biberegg wurden 5,2–9,5 m über der Basis des «Quaderkalkes» Glaukonit führende Kalke zusammen mit rostigen Kalkkrusten angetroffen (BÜCHI UND MÜLLER AG 1989). Es ist anzunehmen, dass es sich dabei um einen Hartgrund handelt. Die Glaukonit führenden Kalke lassen sich sehr wahrscheinlich mit der im Jura zwischen Rhonetal und Donau weit verbreiteten Glaukonitbank korrelieren (GEYER & GWINNER 1991).

Über dieser Glaukonitbank setzt der eigentliche «Quaderkalk» (δ_4) ein. Es handelt sich dabei um harte, dichte, hellbraune bis gelblichweisse, teilweise sehr mächtige Kalkbänke (40 cm bis über 1 m), die durch wenige dünne Mergellagen oder häufiger durch Stylolithe getrennt werden. Gelegentlich treten darin Kieselknollen, Kalzitdrusen und Schwamm-Mumien auf. An Fossilien findet man Ammoniten, Brachiopoden und Schwämme. SCHREINER (1974) bestimmte einen Karbonatgehalt von 94 bis 98 % CaCO₃.

Neben dem charakteristisch ausgebildeten «Quaderkalk» tritt ebenfalls eine massige Fazies auf. Sie ist durch Schwamm-Mumienkalk, Zuckerkornkalk und untergeordnet auch durch Dolomit charakterisiert. Bei Koord. 687.970/294.250 war 1965 im tieferen Teil der plattigen Kimmeridge-Kalke eine gegen 1 m mächtige Schicht weissen, losen, siltigen und zuckerkörnigen Dolomits aufgeschlossen.

Der «Quaderkalk» reicht gegen Nordwesten bis in die Gegend von Bergen, ist aber im oberen Hoftal bereits der kretazisch–alttertiären Abtragung zum Opfer gefallen.

ADELMANN (1982) sammelte im «Quaderkalk» folgende Fossilien auf:

Aulacostephanus (A.) *eudoxus eudoxus* (D'ORBIGNY)
Aulacostephanus (A) *pseudomutabilis pseudomutabilis* (DE LORIOLO)

Aulacostephanus (A.) peregrinus (ZIEGLER)
Taramelliceras (T.) pugile (NEUMAYR)
Taramelliceras (T.) cf. pseudoflexuosum (FAVRE)
Taramelliceras sp.
Perisphinctes (Orthosphinctes) praenuntians (FONTANNES)
Perisphinctes (Orthosphinctes) sp. und weitere Perisphinctacea
Glochiceras sp.
 Becher-, Trichter- und Tellerschwämme
Loboidothyris zieteni (DE LORIO) und weitere Terebratellacea und Rhynchonellacea
 Belemniten
 Seeigelstachel

i_{7c} Setatus- und Subemela-Schichten (Oberkimmeridge-Kalk): Oberes
 Kimmeridgien (ki3), *Weissjura ε*

Auch der Oberkimmeridge-Kalk lässt sich in eine massige und in eine selten zu beobachtende geschichtete Fazies unterteilen.

Die geschichtete Fazies wird von gebankten, sehr reinen, hellbraunen bis fast weissen, muschelrig brechenden, gelegentlich knollig ausgebildeten Kalksteinen aufgebaut. Die mikritischen bis sparitischen, 10–60 cm mächtigen Kalke werden durch Stylolithe und manchmal durch grüne, dünne Mergellagen voneinander getrennt. Ihr Karbonatgehalt erreicht nach SCHREINER (1974) bis zu 99 % CaCO₃. Charakteristisch sind Kieselknollen, die die Grösse eines Hühnerreis annehmen können. Beispielsweise ist am Parkplatz an der Strasse Lohn–Opfertshofen, Koord. 691.950/291.600 ein Silexknollen führender Kalk aufgeschlossen, der nach ERB (1931) *Sutneria rebholzii*, *Oppelia fischeri* und *Perisphinctes ulmensis* enthält. An Fossilien treten Taramelliceraten, Glochiceraten, Belemniten, Brachiopoden, Schwämme und Pectiniden auf.

Die massige Fazies kann sowohl als selten auftretender Schwamm-Mumienkalk, als «plumper Felsenkalk», als Zuckerkornkalk oder untergeordnet auch als Dolomit ausgebildet sein. Sie ist am besten im Steinbruch Wippel der Portland-Cementwerk Thayngen AG, westlich von Thayngen knapp ausserhalb des südlichen Blattrandes von Beggingen-Singen, zu beobachten (mit unsicherer biostratigraphischer Grenze gegen die «Liegenden Bankkalk»). Mit der Ausnahme des Schwamm-Mumienkalkes sind die Sedimente fein- bis grobkristallin, strukturlos und fossilfrei. In den Schwamm-Mumienkalken treten hingegen Schwämme, Schwamm-Mumien, Kalkkrusten, Brachiopoden, Seeigelstachel und Serpeln auf. Vor allem der Zuckerkornkalk tritt morphologisch als deutlich sichtbare Hangstufe in Erscheinung. Oft haben sich in diesem löchrig und drusig verwitternden Kalk Höhlen gebildet. Als Beispiele sind das Kesslerloch bei Thayngen oder das Cherzenstübli (500 m südlich der Mergelgrube Biberegg) zu nennen. An der Oberfläche sind oft bis zu zentimetergrosse, von Eisenoxid überzogene Kalzitkristalle zu erkennen.

Die «plumpen Felsenkalke» bestehen aus einem weitgehend strukturlosen, gelegentlich von horizontalen Absonderungsflächen durchzogenen Mergelkalk von dichter Beschaffenheit und hellbrauner bis fast weisser Farbe. Typisch ist eine engständige und vertikale Klüftung, die auch zum Namen Bretterkalke führte. Auf den kantigen und splittrigen Bruchflächen sind oft schwarze Mangan dendriten zu finden.

In den Setatus- und Subeumela-Schichten bestimmte ADELMANN (1982) folgende Fossilien:

Taramelliceras sp.

Glochiceras sp.

Lacunosella lacunosa (SCHLOTHEIM) und weitere Terebratellacea und Rhynchonellacea

?*Pleuromaria* sp.

Pachyteichisma sp. und weitere Becher-, Trichter- und Tellerschwämme

Seeigelstachel

Chlamys subtextoria (MÜNSTER)

i_{7d} **«Plattenkalke»** (Ulmensis-Schichten, «Liegende Bankkalke»): Oberes Kimmeridgien – unteres Tithonien (tiL), *Weissjura* ζ₁

Die «Plattenkalke» («Liegende Bankkalke») sind im Kartengebiet vor allem auf dem Reiat erhalten geblieben. Den besten Einblick gewährt allerdings auch in diesem Fall der westlich von Thayngen gelegene Steinbruch Wippel der Portland-Cementwerk Thayngen AG (knapp ausserhalb der südlichen Begrenzung dieses Kartenblattes). Die «Plattenkalke» lassen sich ebenfalls in eine geschichtete und eine massige Fazies unterteilen. Im oberen Teil der Formation und auf dem Reiat auch in der gesamten Formation ist die massige Textur vorherrschend.

Geschichtete Fazies: Diese Sedimente bestehen aus dünn- bis dickbankigen (0,05–1 m), gelegentlich knolligen, meist mikritischen Kalksteinen und grünen oder ockerfarbenen, mergeligen Zwischenlagen. Charakteristisch ist die dünnplattige Spaltbarkeit der Kalke. Die Farbe schwankt von weiss mit gelbgrauer Bänderung zu grau bei Anwesenheit von Pyrit. Gelegentlich treten auch rötliche Kalzitschnüre auf. Der Karbonatgehalt liegt nach SCHREINER (1974) zwischen 93 und 97 % CaCO₃.

In der Mergelgrube Biberegg (1 km südlich von Bibern) liegt innerhalb der Kalke eine intraformationelle Breccie. Sie besteht aus millimeter- bis zentimetergrossen, glasigen Komponenten, die in einer körnigen Matrix schwimmen. In ihrem Bericht zu den Sondierbohrungen westlich der Mergelgrube erwähnen BÜCHI UND MÜLLER AG (1989) einen rötlich gefärbten Oosparit, der 10–11 m über der Basis auftritt.

SCHREINER (1974) beschreibt im Hinteren Freudental und im westlich von Thayngen gelegenen Steinbruch Wippel der Portland-Cementwerk Thayngen AG (SCHREINER 1983) «Slumping»-Falten und synsedimentäre Störungen innerhalb der geschichteten Fazies der «Plattenkalke».

Massige Fazies: In der Regel setzt sich die massige Fazies aus den Setatus- und Subeumela-Schichten in die «Plattenkalke» hinein fort. Die ebenfalls auftretenden «plumpen Felsenkalke» bestehen aus weissen, glasigen, dichten und strukturlosen Kalken. Die Zuckerkornkalke hingegen sind grau, grünlich, gelb, violett und braun gefärbt.

An Fossilien fand ADELMANN (1983) in der geschichteten Ausbildung der «Liegenden Bankkalke» Glochiceraten. Zudem sind Belemniten, Brachiopoden, Echinodermen und Bruchstücke von Muschelschalen zu nennen.

i₈ **Zementmergel:** Unteres Tithonien (tiZ), *Weissjura* ζ₂

Die Zementmergel sind auf dem Kartengebiet nur im Südwestteil der Grube Biberegg (1 km SSE von Bibern) und in der abgebauten Grubensohle NW der Aufbereitungsanlage aufgeschlossen (Abbaustand 1988). ADELMANN (1982, p. 26) beschreibt die Zementmergel wie folgt:

«Die geschichtete Fazies der Zementmergel besteht aus hellgelben bis grauweissen, homogenen, körnigen Kalkmergeln, die bis zu 1,50 m mächtig werden und bankartig ausgebildet sind. Echte Mergellagen sind nicht ganz so dick (50 cm); vereinzelt schalten sich Kalkbänke (15 cm) ein. Die Kalkmergel verwittern plattig, scherbilig, stückerlig, besitzen einen hellen Klang, rauhen Bruch, und werden durch die Verwitterung rot, gelb oder weiss gefärbt. Fossilien konnten nicht aufgesammelt werden.»

Bei Sondierungen westlich der Grube Biberegg wurden die Zementmergel mehrfach erbohrt. Nach BÜCHI UND MÜLLER AG (1989) setzen sie sich in den Bohrungen wie folgt zusammen:

Die basalen 15 m sind aus hellgrauen bis hellbeigen, mikritischen, manchmal knollig ausgebildeten Kalken und bis zu dezimetermächtigen, oft grünlich gefärbten Mergelzwischenlagen aufgebaut. In den darüber folgenden 5 m ändert sich die Gesteinsbeschaffenheit insofern, als in den leicht mergeligen, mikritischen Kalken Fossilbruchstücke (Korallen) und Intraklasten auftreten. Dazwischen gelagert sind grüne Mergel, die häufig Onkoide und Pyrit führen. Zuoberst liegt eine ooid- und peloidhaltige, mikritische Kalkbank mit Muschelschalen-Bruchstücken. In den Bohrungen erreichen die Zementmergel eine maximale Mächtigkeit von 20 m. Häufig sind die höheren Kalke der Zementmergel von Bohrgängen durchsetzt.

Nach SCHREINER (1992) tritt in den Zementmergeln ebenfalls eine massige Schwammfazies auf. Sie ist aber nur kleinräumig ausgebildet.

TERTIÄR

Eozän (z.T. evtl. Kreide)

e **Bolustone, z.T. mit Bohnerz** (Siderolithikum i. Allg.)

Bolustone mit Bohnerz kommen vor allem auf dem Reiat, aber auch im Gebiet südlich von Wiechs und im Hofstal westlich von Barga vor. Auf dem Reiat handelt es sich vorwiegend um Bolustone. Diese werden in der Tongrube von Lohn (südlich des Kartenrandes) für keramische Zwecke abgebaut. In der Mergelgrube Biberegg (1 km SSE von Bibern) handelt es sich vorwiegend um Bolustone mit Bohnerzeinlagerungen. Sie liegen entweder auf der Malmkalk-Oberfläche oder als Verfüllungen von Karsttaschen in den Kalken. Bei den Sondierbohrungen, die westlich der Grube abgeteuft wurden, erreichten die Bolustone eine maximale Mächtigkeit von 20 m (siehe Fig. 11). In der Bohrung Nr.5b wurde zudem eine verfüllte Karsthöhle angefahren.

Bei den Bolustonen handelt es sich um karbonatfreie, kaolinitische, rotbraune, ockerfarbene, teilweise bunt geflammte, selten grüne und graue, oft sandige und erdige Tonsteine mit braunen Erzbohnen und selten auftretenden Pyritknollen.

Die «Erzbohnen» liegen entweder verstreut in den Bolustonen oder treten in gelbbraunen, durch «Brauneisenstein» zusammengewachsenen Knollen auf. Sie zeigen einen konzentrisch-schaligen Aufbau und haben einen Durchmesser von wenigen Zentimetern. Nach SCHALCH (1916) können die grössten «Erzbohnen» allerdings Durchmesser von bis zu 10 cm erreichen. Ihre äussersten Schalen sind meistens sehr dünn ausgebildet, die inneren sind dicker. Gelegentlich findet sich im Zentrum ein Sandkorn. Die «Erzbohnen» bestehen aus Goethit (FeOOH mit ca. 13 % Kristallwasser), Al_2O_3 (ca. 15 %), SiO_2 (ca. 12 %) und weiteren untergeordneten Oxiden. Der hohe Anteil an Al_2O_3 und Quarz erklärt sich durch das Auftreten von Boluston innerhalb der «Erzbohnen» (HOFMANN 1991). Neben den «Erzbohnen» sind häufig Silexknollen und verkieselte jurassische Fossilien zu finden. Ein deutliches Indiz dafür, dass die Bolustone und Bohnerze Verwitterungsrückstände von in situ verwitterten Malmkalken aus der ?kretazisch–alttertiären Festlandszeit sind. Durch SiO_2 -Abfuhr wurden die darin enthaltenen illitischen Tone kaolinitisiert, das überschüssige Eisen ging in Lösung und wurde in Form von «Erzbohnen» wieder ausgeschieden. Die detritischen Quarzkörner, die im Boluston zu finden sind, weisen darauf hin, dass Quarz und möglicherweise auch «Erzbohnen» eingeschwemmt worden sind.

Bemerkenswert sind auch die Huppererde- und Quarzsandvorkommen des Siderolithikums, die in kleinen Taschen und Spalten im Malmkalk auftreten und teilweise tief in die Oxford-Kalke hinunterreichen (z.B. SW von Ladell, nördlich von Merishausen).

Beim Aushub der Baugrube für den neuen Hagenturm kamen 1987 kaolinische Quarzsande (Huppererden, «Klebsande») wie auch ein grobes Material mit kaolinitischem Zwischenmittel zum Vorschein, das aus bis zu 10 mm grossen, vorwiegend kieseligen Fragmenten von Schwämmen, Seeigelstachel, traubige Quarzaggregate usw. besteht. Bei diesen Fragmenten handelt es sich offenbar um Lösungsrückstände aus dem Malmkalk.

Die Quarzsande und Huppererde sind stets karbonatfrei. Der Sand besteht aus reinen Quarzkörnern, deren Oberfläche auffallend glasglänzend ist (vgl. auch HOFMANN 1967a). An Schwermineralen enthalten diese Sande nebst geringen Mengen an Granat 50–70 % Zirkon, 25–30 % Rutil und als Akzessorien Apatit, Turmalin, Disthen und gelegentlich auch Andalusit, Topas und Titanit. Monazit fehlt. Da vergleichbare Quarzkörner erst in den Trias-Sedimenten zu finden sind, kommen verwitterte Jura-Kalken nicht als Liefergestein in Frage. Viel eher muss angenommen werden, dass die Quarzsande aus Gebieten in denen zu diesem Zeitpunkt schon quarzsandhaltige Trias-Sedimente an der Oberfläche lagen, in das Kartengebiet transportiert wurden (HOFMANN 1991).

Zum Siderolithikum sind auch Silexknollen und Scherben zu zählen, die besonders auf dem Bargemer Randen (Soo) in den Feldern gehäuft auftreten. Es handelt sich hierbei um Verwitterungsrückstände aus Malmkalken. Die dortigen Böden enthalten zudem geringe Mengen siderolithischen Quarzsandes.

Oligozän – Miozän

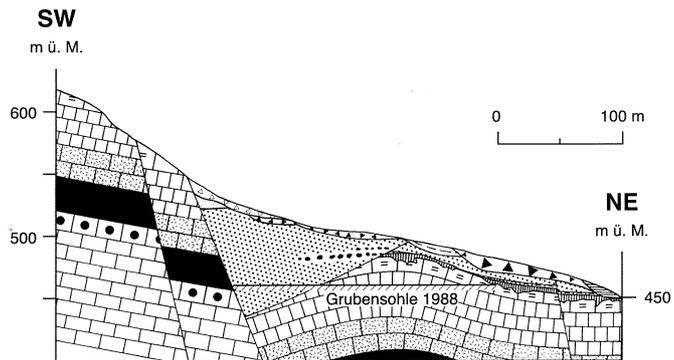
VORMOLASSISCHE ABLAGERUNGEN

Unteroligozän

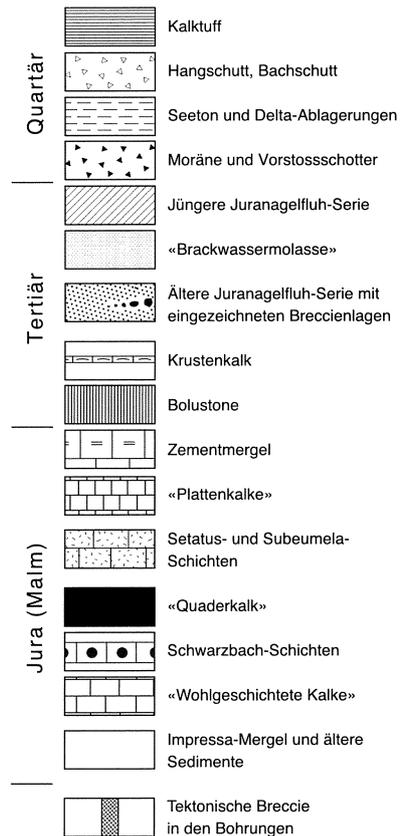
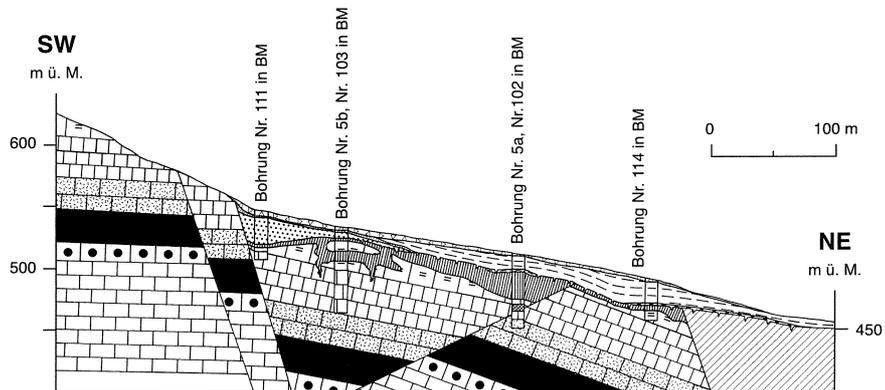
o₁ Ältere Krustenkalke

Zwischen Siderolithikum und Molasse kommen im östlichen Kartengebiet die sogenannten Älteren Krustenkalke vor, die am Nordausgang von Lohn und vor allem in der Mergelgrube Biberegg (Almenbühl) aufgeschlossen sind (vgl. Fig. 11). Nördlich von Lohn handelt es sich um rötliche Krustenkalke mit Einschlüssen von Bolustonen; in der Grube Biberegg überlagern bis zu 2 m mächtige Krustenkalkbildungen die Bohnerztone. Die Krustenkalke sind dort sehr uneinheitlich ausgebildet, teilweise knollig, nach unten zunehmend kalkmergelig, mit einer etwa 15 cm mächtigen, etwas schiefrigen Mergellage. Die Grenze gegen die liegenden Bolustone ist unscharf (Aufarbeitung und Umlagerung). In der oberen Zone sind die Krustenkalke teilweise plattig, rötlich pisolithisch bis oolithisch ausgebildet und führen gelegentlich weisse Kalkooide. Die Knollen der pisolithischen Kalke zeigen verblüffende Ähnlichkeit mit Bohnerzbildungen im Steinbruch Wippel westlich von Thayngen (HOFMANN & HOFMANN 1985). Teilweise

Abbaustand 1988



Modifiziertes Querprofil Nr. 4 aus BÜCHI UND MÜLLER AG (1989)



Modifiziertes Querprofil Nr. 3 aus BÜCHI UND MÜLLER AG (1989)

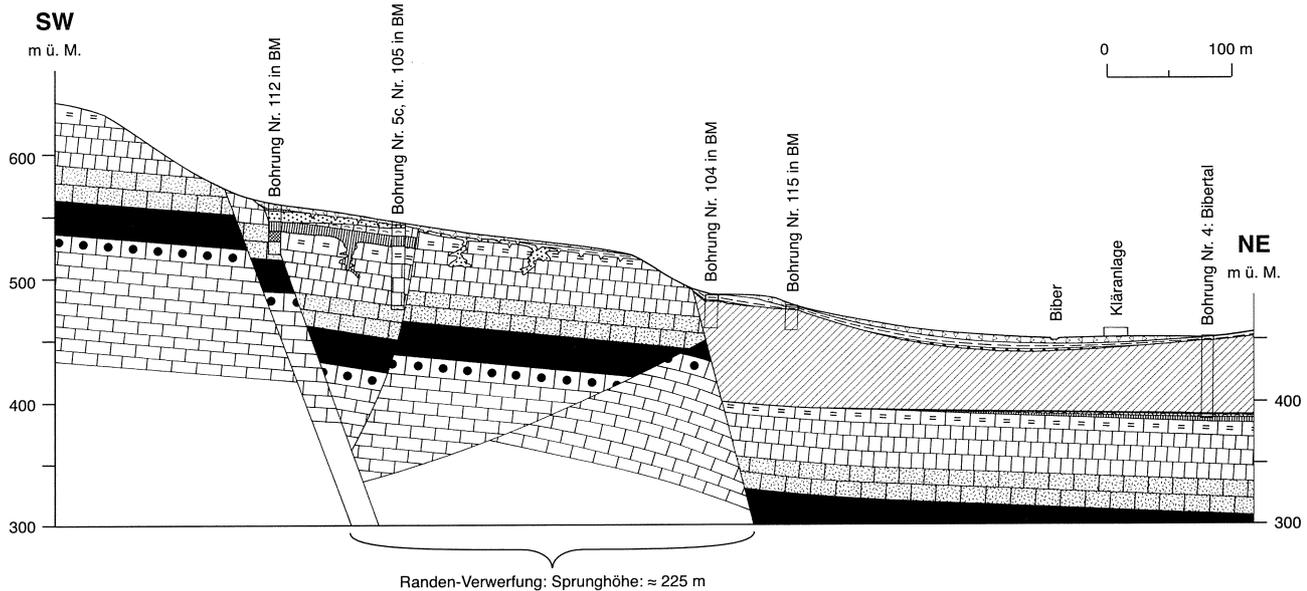


Fig. 11: Profile durch die Mergelgrube Biberegg (Almenbühl), SSE von Bibern. Die Profile 3 und 4 wurden von BÜCHI UND MÜLLER AG (1989), im Auftrag der Portland-Cementwerk Thayngen AG konstruiert auf Grund von Sondierbohrungen von BÜCHI UND MÜLLER (1989; Abkürzung BM), u. a. Beide Profile leicht modifiziert. Das Profil zum Abbaustand 1988 wurde von F. Hofmann aufgenommen.

enthalten die Krustenkalke auch Malmkalktrümmer. Da sich die Krustenkalke und die Bolustone in der Farbe und in der tonig mergeligen Ausbildung extrem gleichen, ist die Grenzziehung schwierig. Das beste Indiz zur Identifizierung der Krustenkalke sind die pisolithischen Kalke. Die Erbsen der Bolustone hingegen können auch in aufgearbeiteter Form in den Krustenkalken auftreten. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Krustenkalke stellenweise verkieselt sind (Silexpartien).

Der Krustenkalk im Körbeltal NW von Wolfsgrube (Koord. 692.200/295.360, vgl. auch SCHREINER 1966b) ist kein Älterer Krustenkalk, sondern eine Albsteinbildung auf dem Malmkalkboden der ausgeräumten Graupensandrinne. Dafür sprechen die Vergesellschaftung mit roten Helicidenmergeln und die darin enthaltenen vulkanogenen Mineralkörner (HOFMANN 1967b). Letztere wurden im Älteren Krustenkalk noch nirgends gefunden.

Die Genese der Älteren Krustenkalke wie auch des vergleichbaren Albsteins ist noch nicht befriedigend geklärt. In der Regel werden sie als Exsudationskalke gedeutet, entstanden unter ariden bis semiariden Klimabedingungen. ZÖBELEIN (1985) nimmt an, dass sie in stehenden, flachen Süßwässern unter Mitwirkung von Kalkalgen und unter Zufuhr von Kalkschlamm und Kalklösungen aus dem Tafeljura entstanden.

UNTERE SÜSSWASSERMOLASSE – USM Unteres Miozän

Die Lagerungsverhältnisse der Molasse auf dem Kartengebiet sind in den Figuren 12–14 dargestellt.

m₁ **Ältere Juranagelfluh-Serie** (*Chattien?* –) *Aquitaniens*

Die Untere Süßwassermolasse ist, mit Ausnahme kleiner Vorkommen bei Lohn, nur in der Mergelgrube Biberegg («Lättgrueb») aufgeschlossen, und zwar ausschliesslich in Form von Mergeln und wenigen Geröllen der Älteren Juranagelfluh-Serie (SCHREINER 1965a, 1970, 1983, 1992).

Gegen Nordwesten ist sie durch die Erosion der Graupensandrinne ausgeräumt. Sie ist stellenweise im Nordosten, so bei Tengen, unter dem Randengrobkalk noch erhalten, doch fehlt sie offenbar unter dem Grobkalk von Wiechs.

Figur 11 (p. 58–59) zeigt die Situation in der Mergelgrube Biberegg im Sommer 1988. Die Untere Süßwassermolasse besteht hier aus gelbgrauen, etwas kalkarenitischen Mergeln mit einem mittleren Kalkgehalt um 60 %.

Die Mergel erreichen in der Grube eine Mächtigkeit von 60 m und werden durch zwei Juranagelfluh-Bänke mit geringer seitlicher Ausdehnung zweigeteilt. Die untere Bank führt an ihrer Basis grosse Blöcke von Oberjura-Kalk.

Um 1980 war auch eine tiefer liegende Juranagelfluh-Bank (in Fig. 11 nicht eingezeichnet) zu sehen. Sie zeigte, ähnlich den oben erwähnten Bänken, starke Drucklösungserscheinungen (Eindrücke) an den Malmkalk-Geröllen (vgl. SCHREINER 1983).

Von besonderem Interesse ist der 1988 aufgeschlossene Blockhorizont, der aus eckigen Blöcken eines hellbeigen, dichten Kalksteins mit Komponentengrößen bis zu 50 cm besteht. Darin enthalten sind auch Komponenten von Älterem Krustenkalk. Der Horizont liegt im Niveau der 1988 aufgeschlossenen unteren Juranagelfluh-Bank. In der Übergangszone liegen kleine, angerundete bis eckige Kalksteintrümmer. Der darin enthaltene Sand enthält einen markanten Quarzanteil, der möglicherweise auf die Verwitterung von Jurakalken im Siderolithikum zurück zu führen ist.

Auf Grund der geringen seitlichen Ausdehnung ist anzunehmen, dass die Blocklage durch einen Murgang entstand.

Die Untere Süßwassermolasse der Grube Biberegg dürfte wohl am ehesten ins Aquitanien zu stellen sein, könnte aber in den tiefsten Lagen auch noch ins Chattien zurückreichen.

OBERE MEERESMOLASSE – OMM

Unteres Burdigalien (Eggenburgien)

Im Kartengebiet kommt nur die nördliche Randfazies der Oberen Meeresmolasse vor. SE des Verbreitungsgebietes der Randen-Grobkalk ist sie durch die Ausräumung der Graupensandrinne erodiert (vgl. p. 65).

m₂ Randen-Grobkalk

Der Randen-Grobkalk ist eine grobsandiger Kalk, der entweder Muschelschill- oder Schneckenschill-Lagen führt. Er wurde an der Nordküste des Molassemeeres zur Zeit des unteren marinen Zyklus (Burdigalien) der Oberen Meeresmolasse abgelagert.

Es handelt sich um einen kompakten, weissen oder rötlichen, knollig zerfallenden Mergelkalk, in welchem häufig Horizonte von Schalenentrümmern liegen. Auf Grund seiner Ausbildung ist der Randen-Grobkalk als ehemalige Strandablagerung zu interpretieren. SCHALCH (1916) schied ursprünglich zwei Formationen aus: die *Citharellenkalk* und die Sandkalk. Nach diesem Autor tritt in den Citharellenkalken entweder eine von Gastropoden dominierte Fauna oder eine Austernfauna auf. Die folgenden Fossilien beschreibt SCHALCH (1916) von einem Aufschluss am Fützener Randensteig (Koord. 683.460/294.740): Gastropodenfauna mit Schalen- und Steinkernerhaltung: *Melanopsis citharella* MER., *Nerita Plutonis* BAST. (= *Nerita Laffoni* MER.), *Turritella turris* BAST., *Columbella curta* BELL., *Conus Mercatii* BROC., *Conus ponderosus* BROC.,

Conus ventricosus BR., *Cerithium Duboisi* HÖRN., *Cerithium Zelebori* HÖRN., *Patella scutellaris* LAMK., *Natica helicina* BROCC. und *Murex cristatus* BROCC. sowie die Muscheln *Pecten solarium* LAMK., *Ostrea gryphoides* ZIET., *Arca* (*A. Okeni* MAY. und *Arca turonica* DUJ.) und *Cardium* (*C. turonicum?* DESH.). In der Umgebung von Bergen zeichnet sich das Gestein durch das Fehlen dieser Gastropodenfauna und durch das Überwiegen von Schalenbruchstücken der Auster *Ostrea gryphoides* ZIET. aus. Häufig sind darin auch angebohrte Gerölle zu finden.

Die Sandkalke unterscheiden sich von den Citharellenkalken durch das Auftreten von Glaukonit und durch einen wesentlich höheren Anteil an Quarzsand. An Fossilien treten neben wenigen Gastropoden, z.B. *Turritella turris* BAST., vor allem Muscheln auf: *Pecten Herrmannensi* DUNK., *Pecten palmatus* LAMK., *Pecten Burdigalensis* LAMK., *Pecten praescabriusculus* FONT. Charakteristisch für die Sandkalke sind zudem die dicke Bankung und die deutlich sichtbare Schrägschichtung. Sie enthalten mässig bis hohe Gehalte an Grobsand, der aus ENE zugeführt wurde und sedimentpetrographisch mit jenem der Grimmelfinger Schichten (Graupensande s. str.) übereinstimmt. Auf Grund der Schwermineralzusammensetzung und der Strömungsrichtung kommt für diese Sande ein moldanubisch-saxothuringisches Herkunftsgebiet in Frage (Ur-Main und Ur-Naab, LEMCKE 1985; vgl. auch KIDERLEN 1931, BÜCHI & HOFMANN 1960, HOFMANN 1967a). Die Grobsandzufuhr aus ENE war somit schon zur Zeit der Bildung der Randen-Grobkalken vorhanden und ist praktisch durch die ganze Zeit der Oberen Meeresmolasse bis in die «Brackwassermolasse» nachzuweisen. Die Untersuchung des Schwermineralbestandes des Grobkalkes von Wiechs ergab folgenden Befund:

| | | | |
|------------|------|-----------|------|
| Granat | 43 % | Zirkon | 10 % |
| Epidot | 23 % | Rutil | 9 % |
| Staurolith | 3 % | Turmalin | 19 % |
| Disthen | + | Andalusit | + |
| Apatit | 35 % | | |

(Granat in % aller Schwerminerale; Zusammensetzung der restlichen Schwerminerale ohne Granat)

Epidot stammt entweder aus aufgearbeiteter Unterer Süßwassermolasse oder kam durch Schüttungen aus dem Napfgebiet in den Randen-Grobkalk.

Schichtserie und Mächtigkeitsverhältnisse der nördlichen Randfazies der Oberen Meeresmolasse sind in Figur 12 für die Gegend von Bergen und die Steinbrüche von Wiechs und Tengen (unmittelbar nördlich des Kartengebietes) gezeigt. In der Gegend des oberen Durachtals westlich von Bergen ist der Randen-Grobkalk sehr geringmächtig entwickelt. Beim Bau der Nationalstrasse N4 kamen 1964 bei Koord. 685.450/295.380/740, WSW des deutschen Zolls Neuhaus, Nester von Austern (*Ostrea giengensis* SCHL. = *Ostrea gryphoides* ZIET.)

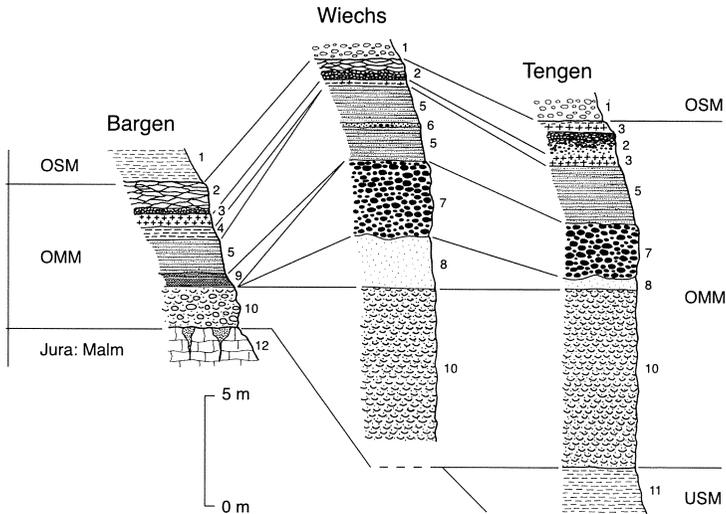


Fig. 12: Detailprofile durch die Obere Meeresmolasse, die am Nordrand des Molassemeeres abgelagert wurde. Aus HOFMANN (1967 a).

1 = Hegau-Mergel und Juranagelfluh; 2 = Albsteinhorizont: pisolithische bis massige Krustenkalke; 3 = Rote Helicidenmergel mit vulkanischem Aschenmaterial, in Tengen (sekundär verschwemmt?) auch über dem Albstein; 4 = Ockergelbe Mergel; 5 = Siltsteinzone (Deckschichten), feinsandig, kalkig mit mergeligen Lagen; 6 = Grobsand (Graupensand) mit Geröllen der Napf-Schüttung; 7 = Austernagelfluh (Quarzitnagelfluh) der Napf-Schüttung mit Austern, Grobsand führend; 8 = Mittelkörnige Sande der Napf-Schüttung; 9 = Marine Schiefermergel; 10 = Randen-Grobkalk, Grobsand enthaltend (Citharellenkalk, Sandkalk), bei Bargaen mit Juranagelfluh-Geröllen; 11 = Mergel der älteren Juranagelfluh-Serie; 12 = Jurassischer Massenkalk mit Hupperde-Taschen.

zum Vorschein. Ein sehr schöner Aufschluss von Randen-Grobkalk, auf Malmkalk transgredierend, liegt nördlich von Rotmund bei Koord. 684.130/295.900/790, westlich vom Grenzpunkt 593 (nördlichster Punkt der Schweiz). Gut entwickelt ist der Randen-Grobkalk auch in einem weitgehend überwachsenen Steinbruch im «Löli» an der Landesgrenze SE von Bargaen.

m₂₋₃ Obere Meeresmolasse

Über dem Grobkalk liegt nördlich von Wiechs und bei Tengen zunächst ein epidotreicher Sand der Napf-Schüttung (Nr.8 in Fig. 12); darüber lagert eine quarzitgeröllreiche Nagelfluh (Quarzitnagelfluh, Austernnagelfluh mit tatsächlich vorhandenen Austern), die ebenfalls der Napf-Schüttung zuzuschreiben ist und mit dem Baltringer Horizont des Bodensegebietes identisch sein dürfte. Bei

Bargen fehlen diese Schichten, dafür wurde dort eine schiefermergelartige Lage gefunden (Nr.9). In allen Profilen wurde sodann eine Siltsteinzone angetroffen («Deckschichten» des Bodenseegebietes?), die bei Wiechs eine zusätzliche Grob- sandlage enthält.

Über dieser Zone treten keine marinen Schichten, sondern nur noch festländische Sedimente auf.

m₃ Albstein und begleitende Helicidenmergel (mit vulkanogenen Mineralkörnern)

Der Albstein ist ein meist rötlicher Krustenkalk, der grosse Ähnlichkeit mit dem Älteren Krustenkalk der Grube Biberegg aufweist und auch gleichartig entstanden sein muss.

Teilweise ist der Albstein ausgesprochen pisolithisch, teilweise massig und jurakalkähnlich ausgebildet. NW von Bargen (Lattweienacker) kommen auch Breccien vor, bestehend aus Malmkalksplintern, die durch Albstein-Kalk verkittet sind. Der begleitende rote Helicidenmergel liegt meistens unter dem Albstein, bei Tengen allerdings auch darüber. Ein Charakteristikum der Helicidenmergel ist ihr Gehalt an vulkanogenen Mineralkörnern, der gegen 1 % ausmachen kann. Durch Auswaschen und Schwereretrennung können diese Mineralien sehr einfach gewonnen werden. Im Älteren Krustenkalk (Oligozän) und in diesen begleitenden Mergeln wurden nie Spuren vulkanogener Mineralien gefunden, und auch die typische Ausbildung der Helicidenmergel fehlt darin.

Albstein findet sich im Kartengebiet besonders NW von Bargen und über den Grobkalken von Wiechs und Tengen. Im westlichen Hofstal (westlich von Bargen) fehlt er meistens oder ist nur in Form loser pisolithischer Knollen in den Helicidenmergeln vertreten. Gelegentlich ist der Albstein von der kalzitischen, fraglichen Alge «*Microcodium elegans* GLÜCK» durchwuchert (Bargen–Türggihat, Lattweienacker). Besonders reich an vulkanogenen Mineralkörnern sind die Vorkommen von Helicidenmergeln im Gebiet Mannshopt im westlichen Hofstal (HOFMANN 1958, 1967a), so bei Koord. 685.000/294.635/715 (derzeit nur durch Bohren oder Schürfen zu erschliessen), sodann westlich der Landesgrenze bei Koord. 684.140/294.640/805 (östlich von Randenhof, etwas verrutscht) und NW des Randenhofs. Diese Fundstellen enthalten Biotit (bis 5 mm gross, olivgrün), sehr viel Magnetit, deutlich Melanit, viel Apatit, deutlich Titanit und als Leicht-mineral Sanidin. Alle Mineralkörner mit Ausnahme des Biotites sind kaum grösser als 0,5 mm.

In den weiter östlich gelegenen Vorkommen ist Melanit seltener oder fehlt ganz. Die Herkunft der vulkanogenen Mineralkörner ist unklar. WEISKIRCHNER (1963) denkt an Ascheneinwehungen aus dem Kaiserstuhlgebiet, doch ist auch früher Hegau-Vulkanismus nicht auszuschliessen. ARMBRUSTER et al. (1998) bestimmten an Melaniten aus Phonolithen des Kaiserstuhls TiO₂-Gehalte zwischen

12,437 und 12,943 %, solchen von Bargaen SH von nur 4,796 %. Dies spricht eher gegen eine Herkunft aus dem Kaiserstuhl.

Bemerkenswert ist ein Vorkommen von rotem Krustenkalk im Körbeltal 1,5 km NW von Büsslingen (Koord. 692.200/295.350/535), der ebenfalls mit roten Mergeln vergesellschaftet ist (Befund 1966, vgl. HOFMANN 1967a, b). Auch diese roten Mergel enthalten die für Helicidenmergel typischen vulkanogenen Körner (Magnetit, Melanit, Apatit, Titanit). Das Vorkommen liegt auf Malmkalk, der dort gleichzeitig den Boden der ausgeräumten Graupensandrinne bildet. Ein analoges Vorkommen wurde 1966 auch weiter nördlich gefunden (ausserhalb des Kartengebietes; siehe Blatt 8118 Engen der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25 000). Da die Helicidenmergel s. str. direkt dem jurassischen Kalk auflagern und die Obere Meeresmolasse fehlt, ist anzunehmen, dass letztere durch die Eintiefung der Graupensandrinne erodiert wurde. Die Helicidenmergel s. str. wurden demnach während und nach der Eintiefung der Graupensandrinne abgelagert.

«BRACKWASSERMOLASSE»

Oberes Burdigalien (Ottngalien, Karpatien)

m_{3G} Grimmelfinger und Kirchberger Schichten

Im Ottngalien wurde von ENE her die *Graupensandrinne* fluviatil ausgeräumt. Diese quer durch den Hegau NE–SW streichende, ca. 15 km breite Rinne stellt ein bedeutendes Element in der Schichtfolge der jüngeren Molasse im Kartengebiet dar (siehe Fig. 13).

Die Ausräumung der Graupensandrinne auf eine Tiefe von rund 100 m (im Norden bis auf den Malm, im Süden auf Untere Süsswassermolasse) war ein bemerkenswerter Vorgang (KIDERLEN 1931, HAUS 1951, 1952, LEMCKE, VON ENGELHARDT & FÜCHTBAUER 1953, FÜCHTBAUER 1954, BÜCHI & HOFMANN 1960, SCHREINER 1961, 1966a, 1966b, 1983, 1984, HOFMANN 1976, WEBER 1978, LEMCKE 1972, 1985, 1988, ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986). Längs des NW Randes fiel auf dem Kartengebiet Beggingen-Singen der Erosion auch die Obere Meeresmolasse (Randen-Grobkalk bis Albstein) zum Opfer. Dabei entstand ein ausgeprägter Erosionsrand (Hemmental–Aldorf–Wiechs–Blumenfeld–Engen).

In der ausgeräumten Rinne wurden zunächst geringmächtige Sedimente der «Brackwassermolasse» abgelagert (wenn auch nicht auf der ganzen Breite), später auch Obere Süsswassermolasse. Es wird angenommen, dass die Rinne im Gebiet von Schaffhausen–Griessen ins Molassemeer mündete, das damals im Gebiet der Schweiz noch vorhanden gewesen ist. Einige neuere Befunde zu den

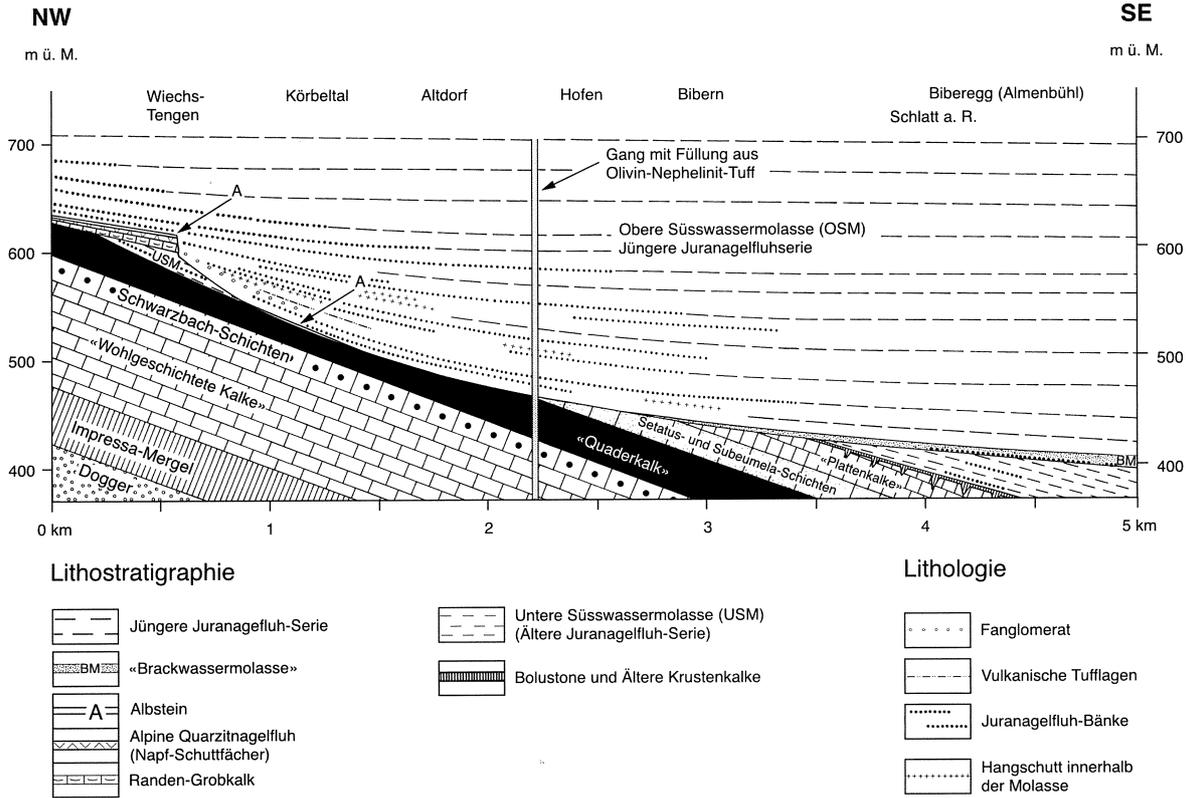


Fig. 13: Lagerungsverhältnisse der Molasse in der Graupensandrinne NE der Randen-Verwerfung.

Verhältnissen in der Gegend Riedern am Sand (Griessen) stammen von GRAF (1988, 1991).

«Brackwassermolasse» auf der Hochfläche des Reiat

Die Vorkommen von «Brackwassermolasse» auf der Hochfläche des Reiat (Stetten–Büttenhardt–Lohn) sind für die Schweiz einmalig und darüber hinaus für die Lösung der Sedimentationsprobleme der gesamten Graupensandrinne von grossem Interesse. Sie wurden von SCHALCH schon 1881 in bemerkenswert ausführlicher Weise beschrieben (mit zahlreichen Angaben über Fossilfunde).

Im Winterhalbjahr 1989/1990 vermittelten umfangreiche Grabarbeiten von insgesamt über 1,2 km Länge für eine neue Leitung der Reiat-Wasserversorgung vom Pt. 679,0 (Äussere Zelg) quer durch das Gebiet der ehemaligen (bis 1967) deutschen Enklave Verenaahof nach Büttenhardt und in dessen Dorfgebiet neue Einblicke. Sie wurden ergänzt durch 50 Handbohrungen, die in der Folge im gleichen Gebiet und auf dem Plateau nördlich von Lohn durchgeführt wurden. Es wurden zahlreiche Proben sedimentpetrographisch untersucht. Die vielen neuen Befunde führten zusammen mit den eingangs des Kapitels «Brackwassermolasse» erwähnten Publikationen über die Graupensandrinne und unter Verwendung der Arbeiten von SCHALCH (1881, 1914), ERB (1931) und ADELMANN (1982, 1983) zu neuen Erkenntnissen von überregionaler Bedeutung. Eine etwas ausführlichere Beschreibung erscheint deshalb gerechtfertigt. Die erstellte Photodokumentation und die geologischen Detailaufnahmen sind bei der Schweizerischen Geologischen Dokumentationsstelle (Bern) archiviert.

In Figur 14 ist die wahrscheinlichste Deutung der Lagerungsverhältnisse der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat aufgrund der neuesten Befunde dargestellt. Tabelle 5 gibt eine Auswahl der Ergebnisse der Schwermineraluntersuchungen.

Die einzelnen Ablagerungseinheiten, werden in ihrer stratigraphischen Reihenfolge von unten nach oben besprochen.

Basale Graupensande: Es handelt sich um unterschiedlich geröllführende Sande, die teilweise als Kaolinsande bezeichnet werden können (Grimmfinger Schichten s. str.). Einblicke ergaben sich in den Gräben NNE vom Verenaahof (Koord. 690.730/290.500, Innere Zelg) und 100 m SE von Pt. 658 in Büttenhardt (Koord. 691.160/290.250), ebenso in Handbohrungen westlich und nördlich von Lohn (S Wolfbüel und Gassäcker) und im März 1990 auch in einer Baugrube in Stetten (Atlasblatt 38 Diessenhofen) bei Koord. 691.700/288.400. Angetroffen wurden meist kaum 50 cm mächtige Lagen von Graupensand, die unmittelbar auf Malmkalk liegen und stellenweise Quarzit- und vergruste Granitgerölle, Lydite und gelegentlich Haifischzähne enthalten. In allen Vorkommen fehlt Karbonat. Angaben über Fossilfunde aus dieser Zone finden sich bei SCHALCH (1914).

Besonders interessant waren weissliche Kaolinsande, die SE von Pt. 658 in Büttenhardt und auch in Stetten angetroffen wurden. Der darin enthaltene Ton

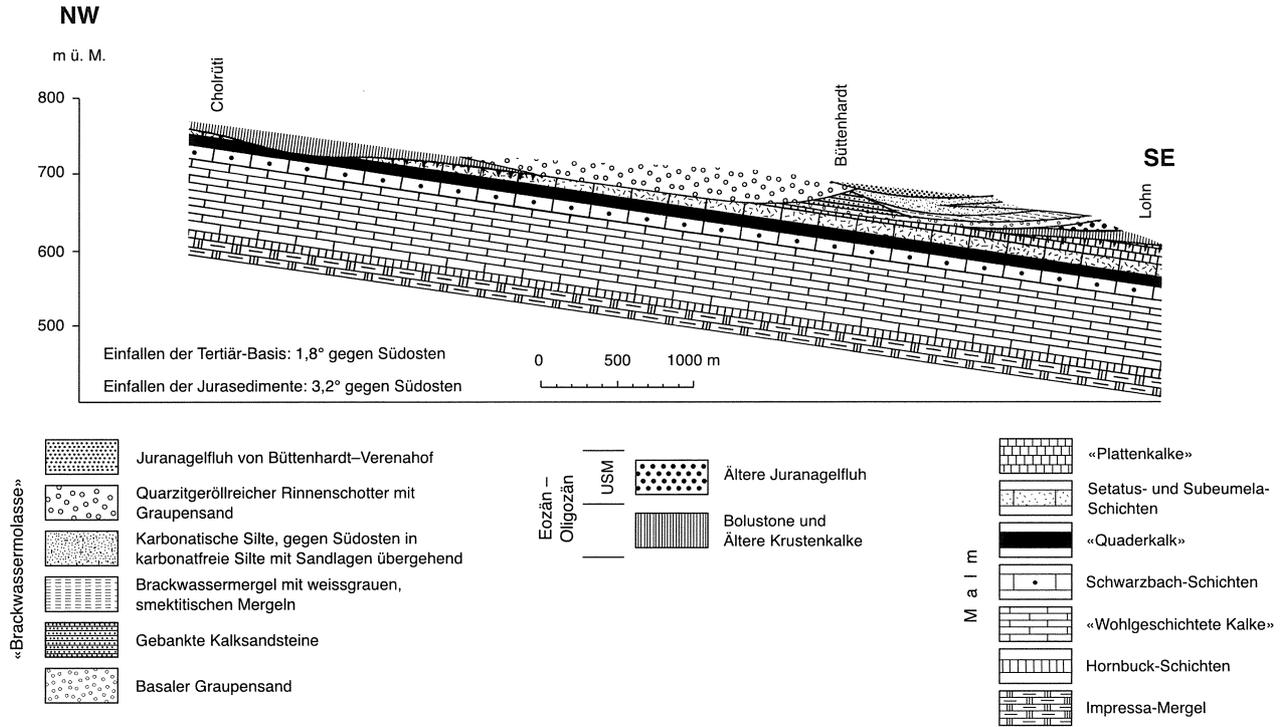


Fig. 14: Lagerungsverhältnisse der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat, Kanton Schaffhausen, entworfen auf Grund von grossräumigen Aufschlüssen für die Wasserversorgung im Winterhalbjahr 1989/90, von 50 Handbohrungen sowie von sedimentpetrographischen Untersuchungen.

wurde am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern untersucht. Der Kaolinitgehalt lag bei 74 %, der Illitgehalt bei 26 %. Diese Kaolinsande und der unmittelbar darüber lagernde gröbere Sand enthalten einen deutlichen Anteil an hellrötlichen, etwas zersetzten, bis zu 8 mm langen Orthoklaskörnern, ebenso Lydite und rosenquartzartige Körner. Die Schwermineralfraktion zeigt neben einem hohen Granatanteil einen hohen Staurolithgehalt und nebst relativ viel Zirkon und Rutil wenig Monazit und Andalusit. Die Disthenkörner sind meist von beachtlicher Grösse.

Die bisher aus dem Westbereich der Graupensandrinne nicht bekannten Kaolinsande des Reiat zeigen sehr grosse Verwandtschaft mit den Herrnwahlтанer Schichten SW von Regensburg (WEBER 1978), die aus den Kaolinfeldspat-Vorkommen von Tirschenreuth (Oberpfalz) und aus Buntsandstein-Vorkommen im Einzugsgebiet des Ur-Naab-Systems geliefert worden sein könnten (LEMCKE 1985). Lydite und Andalusit und wohl auch der hohe Anteil an grobem Granat deuten ebenfalls auf eine Herkunft aus der böhmischen Masse.

Gebankte Kalksandsteine: Auffällig sind die NW und W von Büthenhardt aufgefundenen Kalksandstein-Vorkommen, die im Wasserleitungsgraben NNW des Verenhofs gut sichtbar waren. Sedimentpetrographisch reihen sie sich mit ihrem hohen Staurolithgehalt sehr gut in die Beschaffenheit der übrigen Brackwassersedimente auf dem Reiat ein (mit einer möglichen Zumischung von Juranagelfluh-Material). Kalksandsteine kommen heute als Lesesteine westlich der Grube vor. In der Grube selbst (Ostteil) sind nur Magermergel aufgeschlossen, die von der Terrainoberfläche bis mehr als 2 m unter die Grubensohle reichen.

In den plattigen Sandsteinen im Leitungsgraben NNW vom Verenhof konnten 1989/90 keine Fossilien gefunden werden, doch erwähnt SCHALCH (1916) die Brackwassermuscheln *Dreissensia clavaeformis* KRAUSS und *Cardium sociale* KRAUSS sowie ein Ostrakode (*Cypris*) in den Kalksandsteinen und Mergeln des Gebietes Breiti.

Brackwassermergel: Graue bis blaugraue, tonige Brackwassermergel sind in den beiden Gruben des Gebietes Dicki NNE von Büthenhardt (bei Koord. 691.440/291.220 und 691.250/290.900) aufgeschlossen und kamen im November 1989 auch in einem Kanalisationsgraben bei Koord. 691.000/290.460 NE vom Verenhof in 4 m Tiefe zum Vorschein.

Die Mergel enthalten ca. 35 % Karbonat, wobei es sich vorwiegend um Kalk handelt mit einem sehr geringen und feinsandigen Schlämmrückstand (typische staurolithreiche Schwermineralfraktion, siehe Tab. 5, p. 71).

Die Mergel führen eine den Kirchberger Schichten entsprechende brackische Fauna (*Congerina* = Dreikantmuschel, *Limnopappia*, *Limnopageta*, siehe SCHLICKUM 1964, und HOFMANN 1972).

Weissgraue smectitische «Magermergel»: Auffallend magere, weissgraue, karbonatische «Mergel» wurden im Wasserleitungsgraben NNE vom Verenhof

unter braunem Silt über eine Distanz von etwa 35 m ausgehoben. Man findet sie mit einer Mächtigkeit von rund 5 m auch im Ostteil der Grube nördlich von Breiti (W von Büthenhardt, Koord. 690.600/290.170). Teilweise sind sie feinlagig, warvenartig strukturiert und enthalten vereinzelt dünne und kalkige Lagen. Fossilien konnten trotz grosser Aushubmengen nicht gefunden werden.

Das für die Molasse durchaus unübliche Material hat sehr wenig Kohäsion, ist äusserst feinkörnig, aber nicht siltig, und hinterlässt nur einen sehr geringen Schlämmrückstand, aus dem sehr kleine, idiomorphe Zirkone abgetrennt werden können. Feinstgeschlämmtes, entkalktes Material ergab eine Zusammensetzung aus etwa 50 % Illit, 16 % Smectit, 23 % Kaolinit und 11 % Chlorit (Bestimmung durch das Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern). Ein vulkanogener Einfluss bei der Entstehung dieser Sedimente ist denkbar.

Karbonatfreie Silte und Feinsande, mit einzelnen Geröll-Lagen: Diese Ausbildung der «Brackwassermolasse» tritt vor allem auf der Hochfläche von Rüti nördlich von Lohn auf, wo die glimmerführenden, siltigen Feinsande in mehreren Gruben für Ziegeleizwecke abgebaut werden. Gelegentlich kommen dünne Quarzgeröll-Lagen zum Vorschein. In kalkigen Knauern der Feinsande fand PFANNENSTIEL (1931) *Rzehakia gümbeli*, *Silique alemanica*, *Congeria claviformis* und *Cardium reconditum*. Diese Formen sprechen, wie im Falle der Brackwassermergel, für ein brackisches Ablagerungsmilieu und für die Korrelation mit den Kirchberger Schichten.

Eine Handbohrung in der Grube WSW von Rüti bei Koord. 692.080/290.900 traf unter 2,7 m Feinsand auf 2 bis 3 cm Graupensand, der direkt dem Malmkalk aufliegt. Unter Berücksichtigung des vorausgegangenen Abbaus ergibt sich eine ursprünglich erhaltene Gesamtmächtigkeit von rund 5 m Feinsand und Silt (teilweise gebändert abgelagert).

Eine weitere Handbohrung von der Sohle der Grube WSW von Pt. 666,1 (Koord. 692.290/290.800) aus musste bei 4,7 m Tiefe eingestellt werden und erreichte den (wohl in geringfügig grösserer Tiefe zu erwartenden) Malmkalk nicht. Die Gesamtmächtigkeit der Feinsandschichten beträgt dort unter Berücksichtigung des abgebauten Teils $\geq 8,8$ m (Schätzung von SCHALCH 1914: 9 m). Der durchbohrte untere Teil der Feinsandserie war von grauer Farbe, der darüberliegende, teilweise abgebaute Teil zeigte braune Oxidationsfarben.

Die Schwermineralzählungen (Tab. 5) ergaben gleichartige Befunde wie bei den Graupensanden. Auffallend ist im Bohrprofil von Rüti der nach oben abnehmende Granatgehalt. Diesen Trend beobachtete auch ADELMANN (1983). Diese Abnahme ist möglicherweise auf den Einfluss langfristiger Auslaugungsverwitterung zurückzuführen, die Granat zunehmend eliminierte. Mit einiger Wahrscheinlichkeit waren die Sande von Lohn nie sehr karbonatreich. Die hohen Staurolithgehalte deuten auf Materialzufuhr aus dem Allgäu (Ur-Illler) via Ulm in die Graupensandrinne.

Tabelle 5: *Sedimentpetrographische Daten der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat (Büttenhardt/Opfertshofen und Lohn)*

| Gestein | Lokalität | Kalk [%] | Dolomit [%] | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Titanit | Monazit | Turmalin | Andalusit | Topas | Chloritoid | Hornblende |
|-----------------------------------|--|----------|-------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|---------|---------|----------|-----------|-------|------------|------------|
| Juranagelfluh | Nördlich Altdorf | ~90 | + | - | - | - | - | - | 90 | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Heerenberg, nördlich Reietschulhaus Bibertal | ~90 | + | - | - | - | - | 4 | 79 | 17 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Verenahof | ~90 | + | 18 | - | 10 | - | - | 85 | 5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Silt | Verenahof, Silt über der Juranagelfluh | 14 | 2 | 55 | - | 32 | 7 | 4 | 50 | 7 | - | + | - | - | - | - | - |
| Quarzit-Schotter | Büttenhardt, Pt. 675,2, Dicki, Bohrung | - | - | 97 | - | 52 | 7 | - | 30 | 10 | - | + | - | - | - | - | - |
| | 200 m SSE Reiaithöfe | - | - | 98 | - | 67 | 16 | + | 5 | + | - | 9 | 1 | 1 | + | - | - |
| | Schnäggen, 1 km südlich Opfertshofen | - | - | 98 | + | 35 | 6 | + | 32 | 10 | - | 16 | 1 | - | + | - | - |
| Karbonatfreie Silte und Feinsande | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, oberste Geröllage | - | - | 17 | + | 64 | 9 | + | 11 | 14 | - | - | + | - | - | - | + |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 1,2 m | - | - | 8 | - | 51 | 12 | 5 | 13 | 12 | - | - | 3 | - | - | 3 | - |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 2 m | - | - | 20 | - | 44 | 12 | 12 | 14 | 13 | - | - | 5 | - | - | - | - |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 3 m | - | - | 30 | - | 41 | 6 | 12 | 19 | 17 | - | - | 2 | + | - | 3 | - |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 5 m | - | - | 77 | - | 46 | 10 | 10 | 13 | 18 | + | + | - | 2 | - | + | - |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 6,5 m | - | - | 82 | - | 61 | 8 | 15 | 7 | 5 | - | - | 4 | - | - | + | - |
| | Lohn-Rüti, Bohrung WSW Pt. 666,1, Feinsand bis 8,8 m | - | - | 75 | - | 64 | + | 16 | 11 | 5 | + | 2 | 2 | - | + | - | - |
| | Büttenhardt, südlich Verenahof | - | - | 34 | + | 50 | 3 | 7 | 21 | 18 | - | - | + | + | - | - | - |
| «Magermergel» | «Magermergel»-Grube Breiti westlich Büttenhardt | 26 | 5 | - | - | - | - | - | +++ | + | - | - | + | - | - | - | - |
| Brackwasser-Mergel | Büttenhardt, Grube nordöstlich Pt. 675 | 34 | 2 | 32 | - | 17 | - | + | 53 | 30 | + | + | 1 | - | + | - | - |
| | Büttenhardt, Grube südwestlich Pt. 675 | 33 | 2 | 76 | - | 52 | 10 | 4 | 12 | 20 | + | - | 2 | - | - | - | - |
| | Büttenhardt, Grube südwestlich Pt. 675 (Basiszone) | 29 | 5 | 69 | - | 54 | 7 | 10 | 18 | 5 | - | + | - | - | - | 4 | 2 |
| Kalksandstein | NNW Verenahof, plattiger Sandstein | 44 | 2 | 58 | - | 45 | 21 | 2 | 31 | + | - | - | - | - | - | + | - |
| | NNW Verenahof, loser Sand | 20 | 1 | 47 | - | 60 | 3 | 12 | 14 | 9 | - | + | 2 | - | - | - | - |
| Basaler Graupensand | NNW Verenahof | - | - | 89 | - | 51 | 10 | 3 | 23 | 13 | - | - | + | - | - | + | - |
| | Büttenhardt, südöstlich Pt. 658, Grober Graupensand | - | - | 90 | - | 44 | 8 | 12 | 15 | 12 | - | 3 | 3 | 2 | - | + | + |
| | Büttenhardt, südöstlich Pt. 658, Kaolinsand | - | - | 80 | - | 50 | 12 | + | 12 | 24 | - | + | 2 | + | - | + | - |

Gleichartige Feinsande wie nördlich von Lohn wurden bei Büttenhardt ausschliesslich in einer Bohrung südlich des Dorfes angetroffen. Sie scheinen in jenem Gebiet auszuweichen (vgl. Fig. 14, p. 68).

Karbonatische Silte: Es handelt sich um meist rötliche, karbonatische und staurolithführende Silte (Tab. 5). Sie begleiten die Juranagelfluh von Büttenhardt–Verenahof im Liegenden und im Hangenden.

Quarzitgeröllreiche Rinnenschotter mit Graupensand: Der nördliche Teil der Hochfläche von Büttenhardt wird von Quarzitgeröll-Ablagerungen eingenommen, die nach Angaben von SCHALCH (1914) bis einige Meter mächtig sein können, aber gegen Südwesten dünner werden. Sie führen Graupensand, der früher stellenweise in kleinen Gruben ausgebeutet wurde. Die Ablagerung erfolgte offenbar in einer Rinne, die sich in die älteren Molasseablagerungen eingeschnitten hatte (vgl. Fig. 13, p. 66). Langfristige Exposition und Auslaugungsverwitterung eliminierten einstmals wohl vorhanden gewesene Karbonatgerölle und vergrusten die Kristallingerölle. Im Übrigen stimmt das Komponentenspektrum mit jenem der Austernagelfluh aus der Napf-Schüttung überein (vgl. MATTER 1964).

Die Schwermineraluntersuchungen ergaben einen auffallend hohen Gehalt an grobkörnigem Granat (Almandin); vereinzelt tritt auch Uvarovit auf. Der Granatanteil in der Schwermineralfraktion ist extrem hoch und liegt höher als in den basalen Graupensanden. Dementsprechend ist der Anteil der anderen Schwerminerale sehr klein und bereitet beim Auszählen Mühe.

Bemerkenswert ist jedenfalls neben dem stets dominierenden Staurolith ein deutlicher Monazitgehalt. Disthen ist meist auffallend gross ausgebildet, Andalusit wurde nicht gefunden. Dies ist möglicherweise auf den hohen Gehalt und das Überwiegen der Granatkörner zurückzuführen.

Juranagelfluh von Büttenhardt–Verenahof: Eine Geröllzählung dieser Juranagelfluh (grosse Mengen an frischem Aushub aus dem Wasserleitungsgraben, November–Dezember 1989) ergab nachstehenden Befund:

| | |
|------------------------------|------|
| Malmkalk | 73 % |
| Dogger (Kalke und Sandkalke) | 22 % |
| Oolithe (Lias und Dogger) | 2 % |
| Lias | 3 % |
| Muschelkalk | – |

Vergleicht man dieses Ergebnis mit der Auszählung von Juranagelfluh-Geröllen, die SCHREINER (1965a, 1983) durchführte, so ergibt sich für das Vorkommen beim Verenahof eine sehr tiefe Position innerhalb der Jüngerer Juranagelfluh-Serie. Das Auftreten zusammen mit staurolithführenden Silten und der

erhöhte Staurolithgehalt in der eigenen Matrix lassen vermuten, dass dieses Vorkommen noch zur «Brackwassermolasse» gehört.

Mergelgrube Biberegg («Lättgrueb, Almenbüel»)

In der Grube Biberegg war im Herbst 1987 durch den Abbau folgendes Profil freigelegt (im Frühjahr 1988 abgerutscht und zerstört):

Obere Süswassermolasse:

3–5 m Lagige, braungelbe bis ockerfarbene Mergel mit einzelnen violetten Horizonten; Übergangsschichten.

«Brackwassermolasse»:

1,8 m Siltstein, glimmerführend, rot, karbonatarm bis -frei, mit deutlichem Graupensandgehalt

0,3 m Quarzitnagelfluh-Horizont

1,8 m Siltstein, glimmerführend, braun, rötliche Lagen, graue Basis

0–0,4 m Untere geröllführende Lage (Quarzite, vergrusste Granite, Flyschkalke), feldspatreicher Sand als Zwischenmittel

Mergel der Unteren Süswassermolasse

Die Sandlagen im Profil von 1987 waren feldspatreich und karbonatarm. Hoch war in allen Fällen der Staurolith-Anteil in der Schwermineralfraktion. Die eigenen Zählungen stimmen gut mit jenen von ADELMANN (1983) und den Angaben in SCHREINER (1983) überein.

Tabelle 6 enthält das Ergebnis einer Geröllzählung von 1987 aus der unteren geröllführenden Lage der «Brackwassermolasse» von Biberegg (Fig. 11, p. 58–59). Dieses Vorkommen war keiner Auslaugungsverwitterung unterworfen, weshalb die Karbonatgerölle noch erhalten sind. Bei den Sedimentgeröllen fallen die gelben Flysch-, Kiesel- und Sandkalke auf. Solche Gerölle wurden bei Zählungen in den vergleichbaren Austernnagelfluh von Benken und Wildensbuch (Kanton Zürich) und auch im Gebiet der westlichen Fortsetzung der Graupensandrinne (GRAF 1988) nicht angetroffen. Sie dürften mit grösster Wahrscheinlichkeit der Hochgrat-Schüttung im Allgäu entstammen (vgl. SCHIEMENZ 1960), für die FÜCHTBAUER (1954) und auch ADELMANN (1983) eine Einmündung in die Grau-

Tabelle 6: *Geröllzählung aus der basalen Quarzitnagelfluh in der Brackwassermolasse der Mergelgrube Biberegg (Almenbüel), SSE von Bibern*

| | | | |
|-----------------------------|------|-------------------------------|------|
| Mergelgerölle (Molasse) | 6 % | Flysch- und Kieselkalke, gelb | 9 % |
| Dolomit | + | Sandkalke (Flysch?) | 12 % |
| Mergelige, alpine Kalke | 4 % | Hornstein (Silex), alpin | 9 % |
| Sandsteinquarzit (Napf-Typ) | 16 % | Radiolarit | 1 % |
| Quarzsandsteine (Flysch) | 8 % | Granit, rötlich | 13 % |
| Gangquarz | 7 % | Syenit, Diorit | 7 % |
| Rhyolith | 6 % | Gneis | 1 % |

pensandrinne annehmen und die im Wesentlichen auch den hohen Staurolithgehalt der Sande geliefert haben muss. Eigene Untersuchungen in der Molasse des Schüttentobels (Allgäu; vgl. LEMCKE & VOLLMAYR 1970) ergaben für den betreffenden stratigraphischen Bereich hohe Gehalte an Geröllen von Flyschkalcken und von entsprechenden Kiesel- und Sandkalcken, die mit jenen der Grube Biberegg völlig übereinstimmen. Daneben fielen Gerölle aus kristallinen Schiefern auf, die für den hohen Staurolith- und Granatgehalt dieser Schüttung verantwortlich sein könnten (vgl. Tab. 7). Die meist stark vergrusteten Kristallingerölle der Konglomeratlage in der Grube Biberegg gleichen jenen in der Austernagelfluh von Benken und Wildensbuch, fehlen aber im Allgäu. Sie dürften, wie auch die typischen Sandsteinquarzitgerölle, der Napf-Schüttung entstammen. Weder Quarzit- noch Granitgerölle lieferten einen signifikanten Beitrag an das Schwermineralspektrum (Tab. 7).

Bei der eigenen Geröllzählung nach Tabelle 6 wurden – im Gegensatz zu einer von SCHREINER (1983) in einem wesentlich früheren Abbaustadium durchgeführten Zählung – in der gleichen Zone der Grube Biberegg kaum Dolomite festgestellt. Die von Schreiner gefundenen Dolomitgerölle könnten auf einen kurzfristigen Einfluss der Hörnli-Schüttung zurückzuführen sein.

Das Profil in der Grube Biberegg lässt sich nicht in befriedigender Weise mit den Ablagerungen auf der Reiat-Hochfläche korrelieren, wenn auch die Schwermineralbefunde der «Brackwassermolasse» entsprechen. Altersgleichheit ist deshalb nicht völlig gesichert, wenn auch sehr wahrscheinlich.

Zusammenfassende Bemerkung zur Materialherkunft der «Brackwassermolasse»

Die Schwermineralspektren aller Ablagerungen der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat sind sehr gleichartig und lassen sich zusammen mit den übrigen sedimentpetrographischen Befunden wie folgt interpretieren:

- Saxothuringisch-moldanubische Herkunft der Grobsande und Kaolinsande (Granat, Andalusit, Monazit, z. T. Disthen, Zirkon, Rutil, Turmalin; Lydite, Orthoklas, Quarzgrobsand). Transport in der Graupensandrinne gegen Südwesten.
- Starke Zufuhr an Flussfracht aus der Hochgrat-Schüttung, wobei der niedrige Schwermineralgehalt zu berücksichtigen ist. Sand aus dieser Schüttung dürfte deshalb den Hauptanteil der Feinsande der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat (besonders nördlich von Lohn) ausmachen.
- Zufuhr von Quarzitschotter (mit weniger resistentem Kristallin, insbesondere Granit) aus dem Napf-Schuttfächer und Verfrachtung durch Sturzfluten mit unterschiedlichen Transportrichtungen, die wahrscheinlich durch Kippbewegungen des Untergrundes in der Längsachse des Molassebeckens ausgelöst wurden. Dabei wurden schon vorhandene Graupensande aufgearbeitet und die Sande aus der Napf-Schüttung wurden nach WSW transportiert.

Tabelle 7: Sedimentpetrographische Daten der «Brackwassermolasse» in der Mergelgrube Biberegg
(1 km SSE von Bibern)

| Analyseproben | Beprobte Schichten und Jahr der Probenentnahme | Kalk [%] | Dolomit [%] | Granat | Epidot | Staurolith | Disthen | Apatit | Zirkon | Rutil | Titant | Monazit | Turmalin | Andalusit | Topas | Chloritoid | Hornblende |
|---------------|--|----------|-------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-------|--------|---------|----------|-----------|-------|------------|------------|
| Sande | Brauner Silt, oben (1961) | 23 | 21 | 85 | 2 | 47 | 3 | 19 | 15 | 11 | - | - | 3 | - | - | - | - |
| | Roter Silt mit Graupensand (1988) | - | - | 87 | 3 | 64 | 3 | 3 | 13 | 13 | + | - | + | - | - | - | - |
| | Feldspatsand über der basalen Geröll-Lage (1988) | - | 4 | 84 | 4 | 41 | 6 | 25 | 12 | 6 | - | - | 6 | - | - | - | - |
| Gerölle | Basale Gerölllage mit Sandanteil (1988) | | | 81 | 8 | 33 | 4 | 7 | 22 | 26 | + | + | + | + | - | - | - |
| | Quarzitgerölle aus der basalen Geröll-Lage | - | - | 9 | - | 3 | + | + | 6 | 77 | 13 | - | - | + | - | - | - |
| | Granitgerölle | | | | | | | | | +++ | | | | | | | |
| | Zum Vergleich: Gneisgerölle aus der Grenzzone OMM-OSM: Hochgrat-Schüttung Schüttobel, Allgäu | | | | 8 | - | 27 | 5 | 65 | 3 | + | - | - | - | - | - | - |

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die langfristige Exposition und Verwitterung dieser Schotter sowohl die Kristallingerölle wie auch die nichtresistenten Schwerminerale (z. B. Epidot) eliminieren konnten.

Nach HAUS (1951) wurden Quarzitzerölle bei abnehmender Korngrösse in der Graupensandrinne bis nach Ingerkingen, 25 km SW von Ulm, nachgewiesen, was einem Transport um 100 km über Schaffhausen hinaus nach ENE gleichkommt.

Diese Verhältnisse hängen wohl mit der von LEMCKE (1972, 1988) angenommenen Transgression des Meeres aus der Nordostschweiz via Graupensandrinne nach Bayern am Ende des Karpatien zusammen.

Eine direkte Parallelisierung der «Brackwassermolasse» auf dem Reiat mit den Vorkommen am Cholfirst (Benken–Wildensbuch; Atlasblatt 38 Diessenhofen) und denen südlich von Griessen – Riedern am Sand (Spezialkarte von Baden 157 Griessen) ist nicht möglich. Die «Kirchberger Schichten» umfassen in Benken rund 20 m Sande (mittelkörnig, epidotreich); die darunter liegenden Grimmelfinger Schichten (Graupensande) sind bis 15 m mächtig und ebenfalls deutlich epidotführend. Quarzitzeröllhorizonte kommen in beiden Komplexen vor. Alle auftretenden Sande enthalten viel Napf-Material, wie auch jene auf dem Bodanrück SW von Konstanz (ADELMANN 1983). Es ist anzunehmen, dass in diesen Bereichen viel epidotreiches Material auch aus der dort im Liegenden vorhandenen Oberen Meeresmolasse (Glaukonitsandsteine, Eggenburgien) aufgearbeitet wurde. Dies mag der Grund dafür sein, dass die Obere Meeresmolasse längs des Nordwestrandes der Graupensandrinne (Hegau, Reiat) fehlt.

OBERE SÜSSWASSERMOLASSE – OSM Mittleres Miozän

m₄ Jüngere Juranagelfluh-Serie

Die Obere Süsswassermolasse des Kartengebietes gehört ganz zum Schüttungsbereich der Jüngeren Juranagelfluh-Serie. Sie ist aus Mergeln und Juranagelfluh-Bänken aufgebaut, deren Material aus umgelagerten, ehemals den südlichen Schwarzwald bedeckenden mesozoischen Sedimenten besteht. Nur in den höchsten Schichten und sehr selten kommen auch Kristallinkomponenten vor (SCHREINER 1992).

Zu Beginn der Sedimentation der Oberen Süsswassermolasse wurde zunächst die nur zu einem sehr geringen Teil «Brackwassermolasse» enthaltende Graupensandrinne verfüllt, wobei sich durch den Nordrand der Rinne (Erosionsrand, siehe Fig. 13, p. 66) schluchtenartige Zufuhrinnen entwickelten. Eine solche Rinne ist auf dem Kartengebiet an der Strasse Tengen–Uttenhofen bei

Koord. 691.050/295.860 aufgeschlossen. Sie ist mit Juranagelfluh aufgefüllt (vgl. SCHREINER 1965a, 1970).

Am Nordrand der Graupensandrinne bildete sich stellenweise intraformationeller Hangschutt aus Randen-Grobkalk (Hanesbüel WNW von Altdorf; Tobel NW von Untere Mühle, Koord. 692.260/295.620/555). An der zweitgenannten Stelle sind in solchem Hangschutt neben Blöcken von Randen-Grobkalk, Graupensand und Juranagelfluh-Geröllen auch vulkanogene Mineralkörner enthalten (Magnetit, Apatit). Über diesem Horizont liegen dort etwa 3 m einer braunen, fanglomeratischen Ablagerung, die an Bildungen des Rotliegenden erinnert: In einer tonigen Grundmasse sind kleine Trümmer von nicht näher identifizierbarem Krustenkalk und ein deutlicher Anteil an Graupensand enthalten. Eine Schwermineraluntersuchung ergab nachstehenden Befund:

| | | | |
|------------|------|--------------|------|
| Granat | 60 % | Apatit | 21 % |
| Epidot | 58 % | Zirkon | 15 % |
| Staurolith | 5 % | kaum Disthen | |

(Granat in % aller Schwerminerale; Zusammensetzung der restlichen Schwerminerale ohne Granat)

Verschwemmung in der Längsachse der Rinne scheint mitgespielt zu haben. Die Gerölle der tieferen Bänke der Jüngeren Juranagelfluh-Serie des SE Kartengebietes gehören nach SCHREINER (1965a, 1983) zur Hauptrogenstein-Schüttung. Neben dominierenden Geröllen aus höheren Jurakalk-Horizonten sind Oolithgerölle kennzeichnend. In den höheren Juranagelfluh-Horizonten treten zunehmend auch Muschelkalkgerölle auf. Im Juranagelfluh-Gebiet WSW von Uttenhofen findet man ab etwa 680 m Höhe nur wenig abgerollte Lesesteine aus Karneol, die auch in den höheren Gebieten südlich der Linie Uttenhofen–Nordhalden–Neuhaus zusammen mit Buntsandsteingeröllen auftreten.

Die Juranagelfluh-Molasse tritt im wesentlichen im abgesenkten Gebiet NE der Randen-Verwerfung auf. Nur wenige Relikte von Juranagelfluh finden sich auf dem Randen, im Liegenden der Randen-Verwerfung, östlich des Hagen (Soohölzli). Dort kommen ebenfalls Rogensteingerölle vor. Da sich die Randen-Verwerfung syngenetisch mit der Sedimentation der Molasse, insbesondere der Oberen Süßwassermolasse entwickelte (SCHREINER 1970), muss die Jüngere Juranagelfluh-Serie in ihrer Mächtigkeit auf dem Randen reduziert gewesen sein.

Miozäne Vulkanite

Mittleres bis oberes Miozän

Dünne rote Tuffitlagen

In der Oberen Süsswassermolasse des Kartengebietes kommen in verschiedenen stratigraphischen Höhenlagen dünne, maximal 50 cm dicke, stets rot gefärbte, tonige Tuffitlagen vor, die immer Apatit als dominierendes vulkanogenes Material enthalten, nebst wechselnden Mengen an Magnetit und gelegentlich Melanit und Titanit (HOFMANN 1958, 1967b, 1974). Der Apatit ist nicht selten vollkommen idiomorph und erreicht Längen bis zu 1 mm.

Vereinzelt kommen rote Tuffite dieser Art auch als Spalten- und Taschenfüllung im Malmkalk vor (Bargen, Hofthal südlich des Schweizer Zolls).

Diese Tuffite könnten zum Hegau-Vulkanismus gehören, wenn sie auch teilweise älter sind als der Beginn der Deckentuff-Eruptionen. SCHREINER (1983) erwägt auch Einschwemmungen von Helicidenmergeln der Albstein-Serie in die jüngere Molasse. Für relativ hochgelegene Vorkommen, z.B. im Gebiet des nördlichsten Grenzpunktes der Schweiz, kommt dies aber kaum in Betracht.

τ_D **Deckentuffe** (in der Oberen Süsswassermolasse eingelagert)

Ein kleiner Aufschluss von typischem Hegau-Deckentuff ist am Westhang des Hohenstoffeln vorhanden. Nach SCHREINER (1983) gehört er zu den Älteren Deckentuffen. Im Westhang des Hohenstoffeln sind die Deckentuffe geschichtet, zeigen Korngrössengradierung und sind zwischen 90 und 120 m mächtig. Seitlich sind sie verzahnt mit den Sedimenten der Oberen Süsswassermolasse. Bei den Tuffen handelt sich um ein Gemisch von frischen und zersetzten vulkanischen Mineralien und Gläsern zusammen mit Komponenten der vom Ausbruch durchschlagenen Formationen.

SCHREINER (1983): «Der Ältere Deckentuff ist vorwiegend hellrot und fein bis mittelkörnig mit einzelnen gröbereren Auswürflingen (z.B. ein 20-cm-Block aus Weissjuramassenkalk im NW-Rutsch). Es kommen auch graue und graubraune, dann meist grobkörnige Lagen von Tuffbreccien mit Granit-Auswürflingen bis 10 cm und dunklen, basaltartigen Einschlüssen vor.»

An vulkanischen Mineralien enthält der Deckentuff Augit, Hornblende, Biotit, Magnetit und Apatit.

Anhand der zahlreichen Wechsel von feinkörnigem zu grobkörnigem Auswurfmaterial (bis zu 140 mal nach SCHREINER 1983) ist anzunehmen, dass der Ältere Deckentuff durch wiederholte Eruptionen entstanden ist.

τ_P Hornblende-Pyroxen-Tuffe

Zwei Schloten von Hornblende-Pyroxen-Tuff kommen – schlecht abgeschlossen – bei Muhr NW von Beuren vor (SCHREINER 1966b).

Nach SCHREINER (1966b) führen die Hornblende-Pyroxen-Tuffe im Unterschied zum Deckentuff keinen Sanidin und nur selten Biotit. In der Regel tritt Hornblende in grossen, schwarz glänzenden Kristallen auf und auch Augit ist reichlich vorhanden. Bemerkenswert sind die zahlreich auftretenden Lapilli, die aus Olivivin-Nephelinit aufgebaut sind.

τ_N Olivin-Nephelinit-Tuffe

An einem Feldsträsschen NW von Hofen (Koord. 692.500/293.640/550) wurde 1962 auf einer Breite von 3 m innerhalb der Oberen Süsswassermolasse ein vulkanischer Tuffschlot erschlossen (Fig. 15). Darin enthalten sind einerseits ausgeworfene, offenbar aus tieferen Zonen der Molasse stammende Schollen von rotem, tuffitischem Mergel, und andererseits grüner Lapillituff. Der letztgenannte entstand offenbar während der aktiven Eruption eines Olivin-Nephelinit-Vulkans an dieser Stelle.

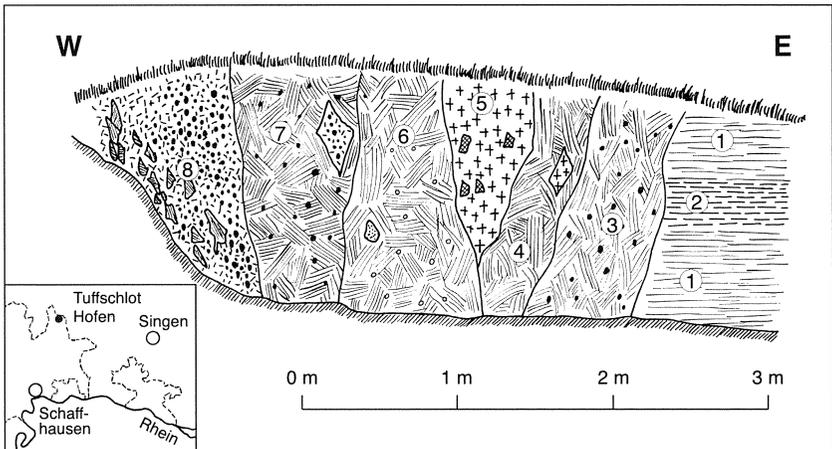


Fig. 15: Aufschluss im Tuffschlot von Hofen NNE von Schaffhausen. Zustand Sommer 1962. Aus HOFMANN (1962).

1 = Gelbe Mergel der Oberen Süsswassermolasse; 2 = Rötliche Mergel der Oberen Süsswassermolasse; 3 = Gequetschte Mergel des Schlotrandes mit grünen Lapilli; 4 = Gequetschter Mergel ohne Lapilli mit roten Tuffschollen; 5 = Roter Tuff, mergelig, mit Biotit, reich an Apatit und Magnetit; mit tuffitischen Kalkbruchstücken; 6 = Gequetschter Mergel mit Kalkkonditionen und Bruchstücken von Molassegrob sandstein; 7 = Gequetschter Mergel mit grünen Lapilli; 8 = Grünbrauner Lapillituff, basaltisch mit Molassemergelschollen.

QUARTÄR

Die Stratigraphie der pleistozänen Ablagerungen im schweizerisch-deutschen Grenzbereich ist zur Zeit stark im Umbruch begriffen. Weil aber noch zu wenig relevante Daten vorliegen, werden weiterhin die konventionellen klassischen Bezeichnungen verwendet; gegenüber der Legende von Atlasblatt Beggingen-Singen ist die Nomenklatur der Erläuterungen z.T. leicht modifiziert.

Pleistozän

q_{2s} Jüngerer Deckenschotter (Prä-«Riss»)

Der Jüngere Deckenschotter wurde bis anhin der «Mindel»-Eiszeit zugeordnet. Jüngerer Deckenschotter kommt auf dem Buechberg ENE von Thayngen in der Südostecke des Kartengebietes vor. Er liegt über den Mergeln der Jüngeren Juranagelfluh-Serie auf ca. 510 m ü. M. und führt an der Basis stellenweise grosse Blöcke von Olivin-Nephelinit (Hegau-«Basalt»). Entsprechende Aufschlüsse liegen knapp südlich des Kartengebietes an der Schlifffenhalde, sind aber heute teilweise verschüttet.

ZEUGEN DER GRÖSSTEN VEREISUNG («RISS»)

q_{3sv} Vorstoss- und Eisrand-Schotter der «Riss»-Vergletscherung

Dazu sind kleine Schottervorkommen NW von Hofen, NE von Altdorf und nördlich der Sottenegg zu zählen, die ausserhalb des Bereichs der Würm-Vereisung liegen.

q_{3m} Moräne der grössten Vergletscherung («Riss»)

Reiat

Auf dem Reiat finden sich Spuren der grössten Vergletscherung gegen NW bis auf die Höhe von Büthenhardt. An der Randen-Verwerfung liegen die nord-westlichsten Spuren zwischen Opfertshofen und Wiechs. Weiter gegen Norden verlief die Eisgrenze, vom Vorstoss bei Barga abgesehen, gegen NNE in Richtung Tengen.

Beim Aushub von Gräben für neue Wasserleitungen und Kanalisationen im Gebiet von Büthenhardt im Winterhalbjahr 1989/1990 wurden zahlreiche, 1 bis 2 m mächtige Vorkommen von lehmigen Moränen aus Lokalmaterial angetroffen.

Darin waren neben plattigen Sandstein- und Jurakalkblöcken vereinzelt auch alpine Geschiebe eingelagert. Weitere Einblicke vermittelten Baugruben und der Mergelabbau in der SW Grube Dicki-Büttenhardt. In einer Baugrube bei Koord. 690.930/290.130 lag eine etwa 2 m mächtige Zone stark zerknetzter und offenbar verschleppter Juranagelfluh mit Silt- und Sandsteintrümmern über graublauem Brackwassermergel, der von Scherflächen durchsetzt war. Mit den auch auf die Molasse angesetzten Handbohrungen auf dem Reiat konnten weitere dünne Moränen-Vorkommen erfasst und sehr genau kartiert werden. Im Gebiet nördlich von Lohn enthalten diese zahlreiche alpine Geschiebe und lassen sich damit und anhand ihrer Schwermineralführung sicher von der Molasse abgrenzen. Sie enthalten ausser relativ viel Epidot einen deutlichen Anteil an vulkanogenen Mineralien des Hegaus in Form von Magnetit, Apatit, Hornblenden und Pyroxen. Ausserdem findet man in der Geschiebestreu Phonolith- und seltener Olivin-Nephelinit-Gerölle.

Aus den Ergebnissen der Befunde von 1989/1990 kann geschlossen werden, dass wahrscheinlich der ganze Reiat vom Gletscher der grössten Vereisung überfahren wurde. Es ist dabei zu bemerken, dass die im Gebiet Reiathof-Neufeld und NE von Dicki (alle SW und S von Opfertshofen) eingetragenen künstlichen Aufschüttungen aus vorwiegend im Januar 1990 zugeführtem lehmigem Schotter- und Moränenmaterial aus dem Bibertal bestehen und leicht zu Fehlinterpretationen führen könnten.

Gebiet N und NW des mittleren Bibertals und SSW von Hohenstoffeln

Jenseits des oben genannten mittleren Abschnitts des Bibertals finden sich Moränen der grössten Vereisung verbreitet auf den Hochflächen in Richtung Tengen. Besonders häufig sind in jenem Gebiet Findlinge aus Olivin-Nephelinit (Hegau-Basalt), und gelegentlich trifft man auch auf Phonolith-Findlinge. Diese Beobachtung lässt sich nur durch alpine Gletscher erklären, die diese Gesteine aus dem Hegau gegen Westen transportierten. Gleichartige Moränen bedecken auch den Südwesthang des Hohenstoffeln.

Region Schleithelm-Wutachtal

Auch im westlichen Kartengebiet findet sich im Gebiet Baggenbrunnen nördlich von Schleithelm (677.8/290.25) eine lokale pleistozäne Ablagerung (alpine Geschiebestreu bei SCHALCH 1912). Handbohrungen ergaben, dass die Ablagerung des dortigen «Geschiebelehms» etwa ein Meter mächtig ist. Sie enthält alpine Geschiebe (keine Karbonatkomponenten), aber auch Schwarzwald-Gesteine. Die Schwermineralanalyse des sandigen Schlämmrückstandes dieser Ablagerung ist in Tabelle 8 enthalten. Epidot ist zusammen mit Staurolith und Disthen alpiner Herkunft (vermutlich Linth-Gletscher), während der hohe Zirkon-Anteil und der deutliche Monazitgehalt für eine Herkunft aus dem Schwarzwald

sprechen. Es ist somit wahrscheinlich, dass beide Herkunftsgebiete beteiligt sind. Ein gleichartiger Befund ergab sich für das Geschiebelehm-Vorkommen von Glegg, 3 km WSW von Schleithem (auf Atlasblatt 74 Neunkirch).

Da auch Buntsandstein, Schilfsandstein und Stubensandstein Monazit führen (Tab. 2, p. 12 und 3, p. 25), ist bei der Interpretation Vorsicht geboten (lokale Herkunft).

Eine Handbohrung im Hochwald (Koord. 681.320/293.130/670, 2 km östlich von Grimmelshofen) ergab neben dem Nachweis eines ?«Rhät»-Vorkommens auch das Vorhandensein eines überlagernden Verwitterungslehms mit einem Sandrückstand, der ein an Zirkon und Monazit reiches Schwermineralkonzentrat liefert. Dort ist Kontamination durch tieferliegende Keupersandsteine nicht möglich, es sei denn durch glaziale Aufschürfung und Zufuhr.

Die Frage der Ausdehnung des Schwarzwald-Gletschers während der grössten Vereisung ist umstritten, und ausserdem ist es fraglich, ob die Relikte in der Umgebung von Schleithem der «Riss»-Eiszeit zuzuschreiben oder älter sind.

PFANNENSTIEL & RAHM 1963, RAHM 1981, HANTKE et al. 1976 und HANTKE 1987 postulieren einen weit nach Osten (bis an den Randenfuss und zur Baar) reichenden damaligen Schwarzwald-Gletscher, während dies PAUL (1965, 1966, 1971b) und SCHREINER (1979, 1986) verneinen (vgl. dazu auch HANTKE et al. 1987, HANTKE 1987).

Tabelle 8: *Schwerminerale des Sandrückstandes aus dem Geschiebelehm von Baggenbrunnen (700 m westlich des Staufenbergs)*

| | | | |
|------------|------|----------|------|
| Granat | 42 % | Zirkon | 46 % |
| Epidot | 17 % | Rutil | 8 % |
| Staurolith | 2 % | Monazit | 18 % |
| Disthen | 6 % | Turmalin | + |
| Apatit | 2 % | | |

Granat ist in % aller Schwerminerale angegeben, die übrigen sind in % aller Schwerminerale ohne Granat aufgeführt.

q_{3s} **Reliktische Lokalschotter** (vorwiegend umgelagerte Juranagelfluh: S von Bergen)

Hauptvorkommen

Unmittelbar südlich der Abwasserreinigungsanlage (ARA) von Bergen lag zur Zeit der Arbeiten für Blatt Beggingen-Singen an der westlichen Talflanke des Durachtals ein kleines Schottervorkommen (Koord. 688.160/293.600/600, das in einer kleinen Grube ausgebeutet wurde. Die damals ausgezeichneten Aufschluss-

verhältnisse ergaben überraschende Resultate, die für die Geologie des Pleistozäns von Bedeutung sind.

Beschaffenheit der Schotter von Barga

Eine geröllstatistische Untersuchung ergab folgende approximative Zusammensetzung:

- 30–50 % lokaler Malmkalk-Schotter (sogenannter «Grien»), kantengerundet, mit deutlich erkennbarer Dachziegellagerung und Einregelung, die auf einen Transport von Norden nach Süden schliessen lässt.
- 50–70 % Gerölle aus umgelagerter Juranagelfluh (Malmkalk, Dogger, Muschelkalk, nur vereinzelt Buntsandstein).
- Vereinzelt Geschiebe von Randen-Grobkalk mit bis zu 50 cm Kantenlänge.
- Ca. 1 % alpine Gerölle und Geschiebe mit bis zu 50 cm Kantenlänge.
- Vereinzelt Fetzen (bis über 30 cm gross) aus grüngrauem, tonigem Moränematerial mit kleinen, überwiegend alpinen Geschieben und solchen aus lokalem jurassischem Malmkalk und aus der Juranagelfluh. Die Schwermineralfraktion ist entsprechend gemischt (Granat; Epidot, Staurolith, Disthen, Zirkon, Rutil, aber kein vulkanogener Apatit).

Hegau-Vulkanite (Phonolith, Olivin-Nephelinit, Tuffe) konnten keine gefunden werden.

Die Auszählung einer aus der Wand entnommenen Probe alpiner Geschiebe ergab folgende Resultate (Anzahl gefundener Exemplare, mit Angabe der maximalen Durchmesser):

- | | |
|--|----|
| – Molassesandstein, grau, plattig, führt kleine Glimmer, Typus Untere Süsswassermolasse des Appenzeller Vorderlandes (Gäbris-Schüttung, mit entsprechenden Schwermineralen), Komponentengrösse bis 40 cm Kantenlänge | 3 |
| – Flyschsandstein, Gerölle, bis 5 cm Kantenlänge | 2 |
| – Schwärzlicher Kalk, Quintner Kalk, eckig, max. 10 cm Kantenlänge | 1 |
| – Kieselkalke, eckig, bis 25 cm Kantenlänge | 6 |
| – Gault-Glaukonitsandsteine, bis 6 cm Kantenlänge | 4 |
| – Kalkbreccien, Gerölle, 4 cm Kantenlänge | 2 |
| – Dichte alpine Kalksteingerölle, max. 3 cm Kantenlänge | 13 |
| – Radiolarit, Geröll, 12 cm Kantenlänge | 1 |
| – Verrucano, Ostalpin, 5 cm Kantenlänge | 1 |
| – Verrucano, Sernifittyp, Helvetikum oder Ostalpin | 1 |
| – Chloritschiefer, flach, 3 cm Kantenlänge | 1 |
| – Gneis, 5 cm Kantenlänge | 1 |

Die Sandfraktion des Schotters von Barga besteht aus lehmigem Kalkgrus jurassischer Herkunft (Randen) und einem deutlichen Anteil an Quarzsand. Sie enthält kaum eindeutig identifizierbare alpine Schwerminerale, aber einen Granatgehalt von 25 %. Der Anteil ohne Granat setzt sich wie folgt zusammen: 38 % Zirkon, 9 % Rutil, 5 % Titanit, 2 % Monazit und Akzessorien. Dies bedeutet, dass der Sand vorwiegend aus der Juranagelfluh stammt (mit darin enthaltenen Triassanden) und einen beträchtlichen Anteil an aufgearbeiteten vulkanischen Tuffen enthält, die im Gebiet rund um Barga und Wiechs in der Molasse sehr häufig sind.

Weitere Vorkommen

Durchaus gleichartige Schotter wie bei der ARA Barga kamen seit 1949 auch wiederholt in Baugruben unmittelbar am Westrand von Barga zum Vorschein. Im November 1994 bestand Einblick in eine Baugrube westlich des Dorfes von Barga (Koord. 687.580/294.140/615). Es wurden lehmige Schotter aus umgelagerten Juranagelfluh-Geröllen, aus lokalem Malmkalkschutt mit einem kleinen, aber deutlichen Anteil an alpinen Geröllen (Kieselkalk, Quarzite etc.) angetroffen. Das Vorkommen kann als gleichartig wie jenes südlich der Abwasserreinigungsanlage von Barga gedeutet werden. Übereinstimmendes Material kam auch auf der linken Talseite, gegenüber dem Hauptvorkommen südlich von Barga, in frisch gepflügten Äckern zum Vorschein.

Eine Geröllstreu mit alpinen Geschieben konnte WNW von Wiechs (W Pt. 671 der schweizerischen Karte, nördlich von Pt. 674,4 der deutschen Karte) gefunden werden.

Weiter südlich im Durachtal wurde aus der Basiszone des Hanges gegenüber von Schlauch Material aus Handbohrungen und Maulwurfhügeln bis 15 m über der Talsohle untersucht. Es wurden keine Juranagelfluh-Gerölle gefunden, doch enthielt das lehmige, Sand führende Material deutlich Granat, selten Epidot, viel Zirkon und sehr selten auch Pyroxen in der Schwermineralfraktion. Das Material kann als nach Süden verschwemmtes Äquivalent des Schotters von Barga gedeutet werden (Interpretation des Pyroxens siehe weiter unten).

In diesem Zusammenhang muss auch eine 2 m dicke Lage von verschwemmten Geröllen der Juranagelfluh erwähnt werden. Sie liegt nach HÜBSCHER (1958) bei der Grundwasserfassung nördlich von Merischausen (687.870/291.360/540) unter 13 m Lehm und Malmkalkschutt.

Die Talfüllungen im Hauental NW von Barga und im Tälchen NE von Barga bestehen aus feinem, lehmigem Material lokaler Herkunft (Bohrungen, sedimentpetrographische Tests). Dagegen wurde im Lölitobel neben viel lokalem und lehmigem Malmschutt, etwas Juranagelfluh- und Molasse-Material sowie solches alpiner Herkunft (mit entsprechenden Komponenten und Schwermineralen) gefunden.

Die Vorkommen von stark lehmigem Malmkalk-Hangschutt in der Gegend von Oberbarga–Mannshopt enthalten nur Lokalmaterial und als Schwerminerale solche aus den dort vorkommenden Tuffiten. Diese Lockergesteinsmassen wurden von HANTKE (1987) als Lokalmoränen gedeutet. Dieser Auffassung schliesst sich der Autor (F. H.) an.

Die Bedeutung der eiszeitlichen Ablagerungen um Barga

Die beschriebenen, pleistozänen Schotter von Barga können nur dem grössten Eisvorstoss im Alpenvorland zugeschrieben werden und wurden bisher in die «Riss»-Eiszeit gestellt. Sie erbrachten für das gesamte Gebiet der Schweiz

den nördlichsten Nachweis von glazigenem alpinem Material und sind dem von Osten vorstossenden Rhein-Gletscher zuzuordnen. Zudem ergibt sich, dass das Durachtal – das Haupttal im Randengebiet – zu jener Zeit bereits existierte und auf das heutige Niveau eingetieft war.

Es muss angenommen werden, dass Eis von Osten her (Opfertshofen und Altdorf SH) über Wiechs und den kleinen Pass von Pt. 671 (Schweizer Karte) bzw. «Bauernhof» (Deutsche Karte) NW von Wiechs und über das Lölitobel ins Tal von Bargaen vorstiess und sich dort Richtung Norden ausbreitete. Die Schotter von Bargaen können nicht als rein fluviale Ablagerung gedeutet werden. Sie sind moränenartig ausgebildet.

Beim Vorstoss aus Osten arbeitete der Gletscher in der Gegend nördlich von Wiechs beträchtliche Mengen an Juranagelfluh-Material und ursprünglich anstehendem Randen-Grobkalk auf und schob das Ganze als Moräne vor sich her ins Durachtal. Erst später wurde die Moräne von Schmelzwässern dem Gefälle entsprechend teilweise nach Süden verschwemmt, wobei zusätzlich Malmkalk-Hangschutt von der westlichen Talflanke aufgenommen wurde. Mit Sicherheit lässt sich ein Eisvorstoss anhand alpiner Lesesteine nur über den genannten Pass von Pt. 671 Richtung Löli belegen.

SCHALCH (1916) vermutete aufgrund von Basaltblöcken (Olivin-Nephelinith aus dem Hegau) westlich von Schlauch und auch in Gruben im Westteil von Wiechs einen Eisvorstoss von Wiechs her über das alte Zollhaus Richtung Schlauch ins Durachtal. Die erwähnten Basaltblöcke sind heute westlich von Schlauch nicht mehr aufzufinden. Im Tälchen Wiechs–Schlauch fehlen sowohl Geschiebe alpiner oder jurassischer Herkunft als auch solche von Hegau-Vulkaniten.

In diesem Zusammenhang sind mittelalterliche «Rennöfen» von Interesse, die GUYAN (1968) aus dem Durachtal, von Merishausen, aus dem oben erwähnten Gebiet WNW von Schlauch, von Bargaen und von Oberbargaen beschreibt. In diesen Öfen wurde Doggeroolith verhüttet, und in allen Fällen wurde Hegau-Basalt (Olivin-Nephelinith) als Ofenbaustoff verwendet. Sämtliche Verhüttungsstellen lagen am alten Talsträsschen von Merishausen nach Bargaen und Oberbargaen. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die von SCHALCH (1916) erwähnten Basaltblöcke nicht durch den Gletscher zugeführt wurden, sondern durch den Menschen hierher gebracht wurden. Ein Eisvorstoss von Wiechs Richtung Schlauch ist allerdings trotzdem nicht völlig auszuschliessen.

Weitere Belege für die grösste Vereisung im Kartiergebiet

Beim Vorstoss des Rhein-Gletschers zur Zeit der grössten Vereisung (konventionell «Riss»-Eiszeit) vom Bodenseegebiet her nach Westen und Nordwesten wirkten der Randen und der Reiat als Barrieren. Das Eis wurde dadurch entlang der Randen-Verwerfung kanalisiert. Ausgehend von dieser Linie erreichte es beim höchsten Eisstand das Durachtal bei Bargaen. Im Westteil des Karten-

gebietes gibt es Indizien für alpine Eisvorstösse bis in die Region von Schleithelm (siehe p. 80).

ABLAGERUNGEN UND MORPHOLOGISCHE ZEUGEN DER WÜRM-VEREISUNG

Sedimente der letzten Eiszeit, welche mit der Würm-Vereisung korreliert wird, findet man auf dem Gebiet von Atlasblatt Beggingen-Singen nur im Ostteil des Gebietes (Anteil Blatt Singen). Der Würm-Gletscher erreichte zur Zeit seines maximalen Vorstosses von Welschingen (Hegau) her das Gebiet Ertenhag nördlich des Hohenstoffeln, ca. 1 km NE der rechten oberen Ecke des Kartenblattes. Von SE her reichte das Eis bis Weiterdingen, und von Süden her bedeckte es das Gebiet zwischen Hohenstoffeln und Randen-Verwerfung bis Opfertshofen, Hofen, Büsslingen und Beuren. Mit dem Vordringen des Gletschers kam es zuerst zur Ablagerung von Vorstoss-Schottern, verbunden mit intermediären Staulehmen. Später wurde das ganze Gebiet zwischen mittlerem Bibertal und Hohenstoffeln von Moränen bedeckt.

q_{4sv} Vorstoss- und Eisrand-Schotter der Würm-Vergletscherung

Diese Art von Schottern kommt vor allem im Bibertal (teilweise kalkig zementiert) vor. In der Grube südlich des Bahnholz WSW von Schlatt a. R., die derzeit ausgebeutet wird, sind diese Schotter mit Beckentonen vergesellschaftet. Sowohl die Tone als auch die Schotter wurden wahrscheinlich von den überfahrenden Eismassen stark gestaucht.

Einlagerungen von Staulehm in Vorstoss-Schottern können auch – je nach Stand des Abbaus – in der Mergelgrube Biberegg der Portland-Cementwerk Thayngen AG beobachtet werden (sehr schön aufgeschlossen im Jahr 1998).

q_{4m} Moräne der Würm-Vergletscherung (würmzeitliche Ablagerungen i. Allg.)

Die Karte zeigt die teilweise ausgeprägten Moränenwälle. Im Lohrenwald SW von Binningen ist das Würm-Maximum durch eine bedeutende Zahl bemerkenswerter Phonolith-Findlinge und durch eine ganze Gruppe von Söllseen (Toteislöcher) dokumentiert. Gleichartige Söllseen finden sich auch in der Gegend von Schlatt a. R. und WNW von Barzheim.

q_{4t} Bänderton, Seeton (Beckenton)

Zusammen mit den Vorstoss-Schottern kommen nicht selten Einlagerungen von Tonen vor, bei denen es sich um Staulehmbildungen in kleinen, lokalen Becken handeln dürfte. Solche Becken wurden beispielsweise in den Vorstoss-

Schottern am Rand des Bibertals SW von Schlatt beobachtet. Einlagerungen von Staulehm in den Vorstoss-Schottern können auch – je nach Stand des Abbaus – in der Mergelgrube Biberegg der Portland-Cementwerk Thayngen AG beobachtet werden (sehr schön aufgeschlossen im Jahr 1998). Im Bibertal, 900 m SE von Bibern auf deutschem Gebiet, konnten in einer Bohrung (Nr.4, 1974; vgl. p.99) keine Seetone gefunden werden, wohl aber im Gebiet der Wixlen, Thayngen, an der linken Talseite des Bibertals (Erdsondenbohrung 1998). Dort liegen Seetone unterhalb der 16 m mächtigen Vorstoss-Schotter. Die vermutlich noch tiefer liegenden, grundwasserführenden Rinnenschotter wurden bei der Bohrung nicht angetroffen.

Lokale, wärmzeitliche Seetone wurden früher bei Hofen (ERB 1931), NW von Bibern, und nördlich von Büsslingen ausgebeutet. Grössere Ausdehnung haben solche Tone (durch Bohrung nachgewiesen, SCHREINER 1983) bei Binningen. Neu nachgewiesen wurden Seetone in der Bohrung von Altdorf (Nr.7; vgl. p.102).

q_{ds} Niederterrassen- und Rückzugs-Schotter

Ein bedeutendes Schotterfeld befindet sich 1 km NE von Binningen und wird in einer grossen Kiesgrube abgebaut.

q_{sR} Malmkalk-Schotter der Randen-Täler

Malmkalk-Schotter mit wenig gerundeten Komponenten bilden die Talsohle im Merishausertal (Durachtal) und im Tal von Beggingen nach Schleitheim und in einigen kleineren Tälchen. Sie sind unterschiedlichen Alters und oft mit holozänem Auelehm bedeckt, der als Überflutungssediment interpretiert wird. Möglicherweise ist er auf Hochwasser, verursacht durch alemannische Rodungen, zurückzuführen (GUYAN 1968).

Im Durachtal liegt der Fels unter den Malmkalk-Schottern bei Bargaen in etwa 11,5 m Tiefe, bei der Grundwasserfassung nördlich von Merishausen bei 15 m, bei der Fassung der Reiat-Wasserversorgung südlich von Merishausen bei 18 m und bei der Ziegelhütte nördlich von Schaffhausen bei 30 m Tiefe (siehe auch VON MOOS 1968).

q_{sw}/q_{sm} Wutach- und Merenbach-Schotter (mit Kristallingeröllen aus dem Schwarzwald)

Schotter mit Grundgebirgsgeröllen aus dem Schwarzwald kommen im Wutach- und im Merenbachtal vor und können unterschiedlichen Alters sein. Sie werden oft von holozänem Auelehm überdeckt (siehe auch Malmkalk-Schotter der Randentäler). Die rezenten Wutach-Schotter enthalten sowohl beträchtliche Mengen an Karbon-Gesteinen aus der Gegend von Lenzkirch, als auch Trias-

Gesteine. Im September 1989 wurde das Areal der Firma Stotmeister SE der Unteren Mühle Weizen (Wutachtal) durch Abgrabung des dortigen Muschelkalk-Hangschutts erweitert. Dabei kam bei Koord. 677.430/291.200 im lehmigen Hangschutt etwa 2 m über dem Strassenniveau eine hangwärts auskeilende, bis 0,8 m mächtige Einlagerung von Schwarzwald-Schottern zum Vorschein (auf der Karte nicht darstellbar).

Pleistozän – Holozän

q_L Hanglehm, Schwemtlehm, Verwitterungslehm unterschiedlichen Alters

Lehmdecken und ältere Böden kommen vor allem auf den Muschelkalk-Hochflächen im Wutachgebiet, in geringerem Masse auch auf dem Randen und Reiat vor. In diesen Böden (besonders in der Gegend von Blumegg, auf dem Lausheimerfeld und auf dem Kalvarienberg, aber auch auf dem Randen und Reiat) finden sich fast immer geringe, aber deutliche Mengen von Pseudobohn-erzkörnern pleistozänen Alters. Sie bestehen teilweise aus Brauneisenstein (Goethit), teilweise aus dem stark magnetischen Maghemit (kubisches γ -Ferrioxid Fe_2O_3). Dieses Mineral wurde von B. Hofmann (Naturhistorisches Museum Bern) identifiziert. Es konnte erstmals auf Schweizer Gebiet, auf Atlasblatt 74 Neunkirch, nachgewiesen werden. Die Körner sind maximal 10 mm gross, meist aber viel kleiner, und unterscheiden sich deutlich von siderolithischem Bohnerz.

Pseudobohnerz mit Maghemit wurde auch in einer karbonatischen Spaltenfüllung (mit Schutt von Trigonodus-Dolomit und «Lettenkohlen»-Gestein) SW von Blumegg in der Steilwand des Hauptmuschelkalkes sowie in einer karbonatisch verheilten Kluft in einem Block des Hauptmuschelkalk-Hangschutts, 1,3 km NW von Weizen bei Koord. 675.600/292.810/615, gefunden.

Hangschutt und Verwitterungsdecken, stark verlehmt Hangschutt im Allgemeinen, Bergsturzschutt

Grosse Massen von Kalkschutt bedecken vor allem die Steilhänge der Oxford-Kalke im Randengebiet und des Hauptmuschelkalkes im Wutachtal und in dessen Nebentälern. Oft kommen darin grosse, versackte Felspartien vor. Im Merishausertal verursachten Nachsackungen beim Bau der Nationalstrasse N4 grosse bautechnische Probleme (VON MOOS 1968).

Malmkalkschutt kommt stellenweise auch auf den Hochflächen des Randens vor, so 400 m NE des Hagens. In einer Grube wurde dort, 1987, das Schulterblatt eines Mammuts gefunden. Dieser Fund deutet auf ein eiszeitliches Alter der Ablagerung hin (HANTKE & HÜNERMANN 1988).

Am Fuss der Kalksteinhänge und -wände ist der Hangschutt lehmarm; über mergelig-tonigem Untergrund nimmt der Lehmantel deutlich zu. Auch auf den Hochflächen des Randen kommen lehmige Verwitterungsdecken mit beträchtlichem Anteil an Kalksteinschutt vor, so z. B. auf dem Hohen Randen.

Während die Kalkstein-Hangschuttmassen im Randen- und Wutachgebiet in ihrer Entstehung teilweise weit in das Pleistozän zurückreichen können (wie im Klettgau), sind die grossen Muschelkalk-Schuttmassen in der Wutachschlucht oberhalb des Bahnhofs Lausheim (W von Grimmelshofen) relativ jung. Sie entstanden nach der Wutachablenkung nach Süden (vgl. RAHM 1961).

Der Westhang des Hohenstoffeln ist mit lehmigem Blockschutt bedeckt, der grosse Mengen an Olivin-Nephelinit-Komponenten enthält.

Auf der Juranagelflur bestehen Verwitterungsdecken und Hangschutt aus lehmigem Material mit Juranagelflur-Geröllen.

Kalktuff unterschiedlichen Alters

In den Tälern des Muschelkalkgebietes, vor allem im Weilertal NW von Stühlingen und im Rohrbachtal (Tal von Lembach) fanden sich einstmals bedeutende, z. T. bis 20 m mächtige Kalksinterbildungen. Nach dem Stand der Karte von Schalch (Blatt Stühlingen), die von 1909 datiert ist, scheint ein wesentlicher Abbau erst nach dieser Zeit stattgefunden zu haben. Die Vorkommen sind weitgehend erschöpft, trotzdem wird im Rohrbachtal gelegentlich noch Kalktuffgrus gewonnen.

Torfmoor

Das Torfmoor von Binningen hat eine beträchtliche Ausdehnung. Es enthält keine Seekreide-Unterlage (Bohrungen in SCHREINER 1983) und ist stellenweise von Schwemmléhm bedeckt.

Sedimente in Söllseen

Im weitgehend verlandeten *Brudersee* (Söllsee 1,1 km westlich von Barzheim) wurden 1981 im Rahmen einer Abklärung zuhanden der kantonalen Natur- und Heimatschutzkommission Schaffhausen vom Verfasser Bohrungen durchgeführt. In der Mitte des Moors wurde folgendes Profil erbohrt:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Seeton | 10 cm |
| Torf | 10 cm |
| Seeton | 10 cm |
| Torf | 210 cm |
| Seeton mit dünnen torfigen Lagen | 60 cm |
| Torf | 180 cm |
| Torfgyttja | 8 cm |

| | |
|---|------|
| Hellbeige Schicht, Laachersee-Bimstuff enthaltend | 2 cm |
| Torfige Gytija | 5 cm |
| Toniger Torf und Seeton | 5 cm |
| Liegendes: Moräne | |

Ein Teil dieser Moorfüllung wurde zur Schaffung einer freien Wasserfläche ausgebagert.

Der im Profil des Brudersees angetroffene vulkanische Staub (Bimstuff) wurde während der Laachersee-Eruption vor 11 000 Jahren ausgeworfen und über Hunderte von Kilometern durch den Wind verfrachtet. Er konnte in etlichen Mooregebieten der Nordschweiz als nur wenige Millimeter mächtige Lage von vulkanischem Staub nachgewiesen werden (HOFMANN 1963). Eindeutig identifizieren lässt sich der Tuff anhand seiner charakteristischen vulkanischen Mineralien, Pyroxen und Hornblende. Innerhalb der jüngsten nacheiszeitlichen Ablagerungen stellt er eine der wichtigsten Zeitmarken dar.

TEKTONIK

Tektonisches Hauptelement des Kartengebietes ist die Randen-Verwerfung. Sie streicht zwischen Fützen und Thayngen in WNW–ESE-Richtung. Gegen NW zieht sie weit in den Schwarzwald hinein, gegen SE ist die Fortsetzung ungewiss. In der quartärgeologischen Übersichtskarte 1: 200 000 ist besonders gut zu erkennen, wie die Randen-Verwerfung die Trias/Jura-Grenze versetzt. Dieser scheinbare Versatz ist nicht auf sinistrale Scherung zurückzuführen, sondern wird durch das Zusammenspiel von SE-gerichtetem Einfallen der Sedimente und NE-gerichteter Abschiebung an der Randen-Verwerfung verursacht. Zwischen Thayngen und Barga spaltet sich die Randen-Verwerfung in mehrere konjugierte Bruchflächen auf. Die komplizierteste Zone liegt im Bereich Wiechs–Barga–Hoftal–Randenhof. An den mit 70–80° gegen NE einfallenden Scherflächen wurden die NE Blöcke insgesamt um bis zu 240 m (nach SCHREINER 1970, 1992) abgeschoben. Vor allem dank den Sondierbohrungen für die Tongrube Biberegg (1 km SSE von Bibern), die von Büchi und Müller AG im Auftrag der Portland-Cementwerk Thayngen AG aufgenommen wurden, lässt sich der Abschiebungsbetrag und die Geometrie der Randen-Verwerfung genauer angeben. In Figur 11, p. 58–59 sind diese Bohrungen zusammen mit der Bohrung Nr. 4 eingetragen. Anhand der versetzten Basis der Zementmergel (bei einer geschätzten Mächtigkeit der Bolustone und der Zementmergel), lässt sich ein Abschiebungsbetrag von ca. 225 m angeben. Es zeigt sich deutlich, dass neben den steil SE-fallenden auch konjugierte, flach SW-fallende Brüche auftreten müssen. Der

extrem flache Einfallswinkel der SW-fallenden Scherfläche ergibt sich durch die Konstruktion (Einhaltung der Schichtmächtigkeiten des höheren Malms). Bestätigt wird diese Hypothese durch die Feldaufnahme im Jahr 1988 (dargestellt in Fig. 11). In Figur 16 ist im Durachtal bei Barga ebenfalls eine konjugierte, SW-fallende Scherfläche zu erkennen.

In der Tongrube Biberegg lassen sich an der nördlichen der beiden gegen NE einfallenden Scherflächen struktureologische Messungen vornehmen.

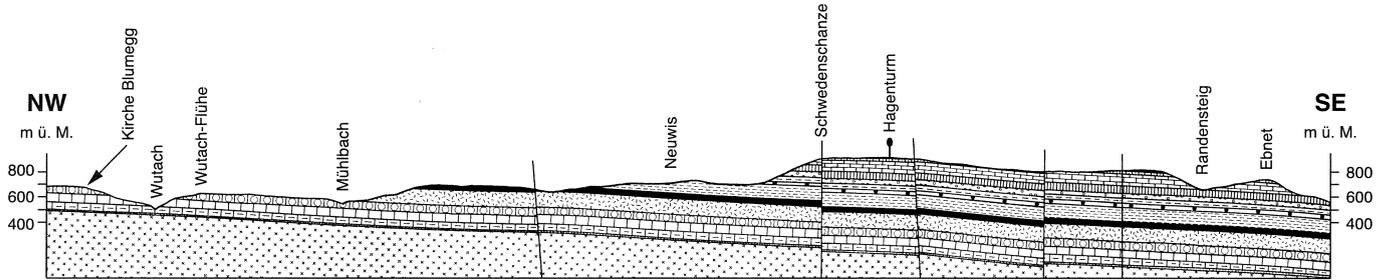
| Fallrichtung der Hauptabschiebungsfläche (gegen NE einfallend) | Fallrichtung der Rutschharnische auf der Hauptabschiebungsfläche |
|--|--|
| 048/69 | 092/68 |
| 044/70 | 077/63 |
| 058/69 | 079/68 |

Fallrichtung von konjugierten, gegen SW fallenden Abschiebungsflächen: 201/57, 220/47.

Mit Hilfe der konjugierten Scherflächen lässt sich für $\sigma_1 = 286/71$, $\sigma_2 = 134/20$ und $\sigma_3 = 040/08$ je ein Durchschnittswert konstruieren. Es fällt auf, dass das im Feld gemessene Einfallen der Rutschharnische nicht auf der Fläche liegt, die σ_1 und σ_3 aufspannen (bzw. auf der Fläche, die normal zu σ_2 liegt). Dies kann nur bedeuten, dass die Rutschharnische nicht zusammen mit den konjugierten Scherflächen angelegt wurden. Als mögliche Erklärung ist denkbar, dass die anfänglich als reine Abschiebung aktive Randenerverfaltung ($\sigma_1 =$ nahezu vertikal) bei der letzten Bewegung eine zusätzliche, dextrale Scherkomponente erhalten hat. Die konjugierten Abschiebungen wurden während der reinen Abschiebungsphase angelegt, die Rutschharnische sind das Resultat der jüngsten Bewegungen. Diese Hypothese wird bestätigt durch die Analyse von mehreren Erdbeben, die zwischen März 1995 und August 1996 im Gebiet zwischen Thayngen und Singen stattgefunden haben. Nach mündlicher Mitteilung von N. Deichmann (Erdbebedienst Schweiz) ergeben die Analysen der Herdflächenlösungen das einheitliche Bild einer WNW–ESE-streichenden, dextralen Blattverschiebung mit einer Herdtiefe von 9 km. Ausgehend von diesen Erkenntnissen ist anzunehmen, dass die ursprünglich als reine Abschiebung aktive Randenerverfaltung durch die gegenwärtig aktive, Nord–Süd gerichtete Einengung als dextrale Blattverschiebung reaktiviert wurde. Zusammen mit der möglicherweise ebenfalls als Abschiebung aktiven «Schienberger-Nordwand-Verfaltung» im Bodenseegebiet bildet die Randenerverfaltung den SW-Rand der «Hegau-Mulde» (GEYER & GWINNER 1986). Diese Mulde wird gegen NE durch SW-gerichtete Abschiebungen östlich von Singen begrenzt. Da innerhalb der «Hegau-Mulde» die Jüngere Juranagelfluh-Serie um einiges mächtiger ausgebildet ist als auf den umliegenden Hochflächen und da die meisten Hegau-Vulkanite auf das Gebiet der Mulde beschränkt sind, vermuten GEYER & GWINNER (1986) einen zeitlichen Zusammenhang zwischen der NE–SW gerichteten Dehnungstektonik, der Ablagerung der Jüngeren Juranagelfluh-Serie und dem Hegau-Vulkanismus.

Profil I: Profillinie: Nordwest (305°)–Südost

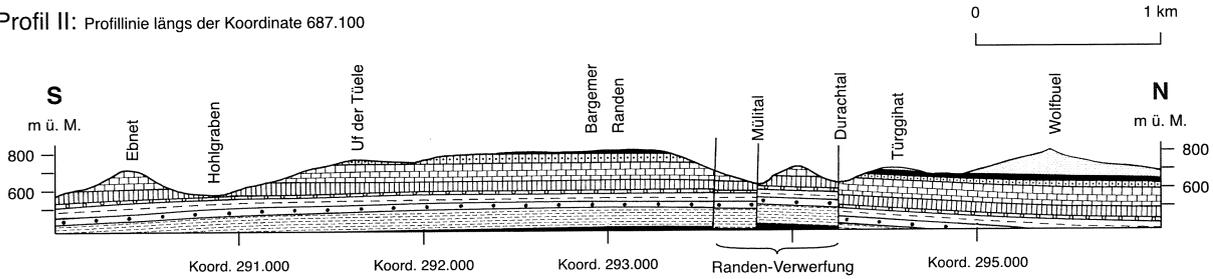
0 1 km



| | | | |
|---------|--------------|-------------------------------------|---|
| Tertiär | Eozän-Miozän | | OMM: Randen-Grobkalk, Albstein; OSM: Bolustone, Ältere Krustenkalke |
| | | | «Quaderkalk» |
| Jura | Malm | | Schwarzbach-Schichten |
| | | | «Wohlgeschichtete Kalke» |
| | | | Impresa-Mergel, Hombuck-Schichten Glaukonitischer Mergelkalk (Birmenstorfer Schichten) |
| | | | «Macrocephalus-Oolith» u. «Grenzalk» Wuerttembergica- u. Varians-Schichten |
| Dogger | | Parkinsoni-Schichten | |
| | | Murchisonae- bis Blagdeni-Schichten | |

| | | | |
|----------------|-------------|---------------------------------|---|
| Jura | Dogger | | Opalinus-Ton |
| | Lias | | Posidonien-schiefer u. Jurensis-Schichten Numismalis-Schichten u. Amaltheenschichten Arietenkalk u. Obtusus-Ton Psiloceras-Schichten u. Angulatusschichten |
| Trias | Muschelkalk | | Keuper: «Lettenkohle», Gips- u. Sandsteinkeuper, ?«Rhät»-Tone |
| | | | Oberer Muschelkalk: Hauptmuschelkalk u. Trigonodus-Dolomit |
| | | | Mittlerer Muschelkalk: Anhydritgruppe |
| | | | Unterer Muschelkalk: Wellengebirge |
| Bunt-sandstein | | Buntsandstein | |
| | | Kristallin: Granit und Rhyolith | |

Profil II: Profillinie längs der Koordinate 687.100



Profil III: Profillinie längs der Koordinate 685.600

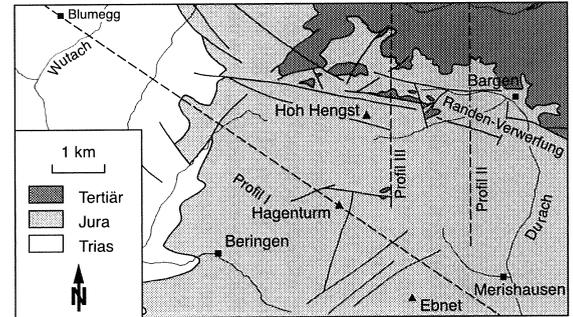
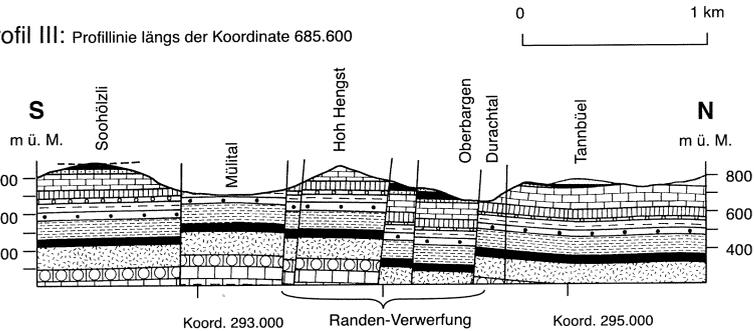


Fig. 16: Übersichtsprofile zu Atlasblatt Beggingen-Singen mit Übersichtskarte und Profilsuren.

Der Beginn der Abschiebungstektonik an der Randen-Verwerfung ist nur schwer festzulegen. Da der ehemalige Rand der Graupensandrinne die Randen-Verwerfung ungestört schneidet (siehe SCHREINER 1992), ist anzunehmen, dass die Verwerfung zu diesem Zeitpunkt noch nicht oder nur unbedeutend aktiv war.

Auf dem Reiat fallen die Jurasedimente einheitlich mit $3,2^\circ$ gegen SE ein, während die Tertiärbasis mit $1,8^\circ$ gegen SE gekippt ist (Fig. 14, p. 68). Die Jurasedimente müssen demnach zwischen ihrer Ablagerung und der Bildung der Bolestone um $1,4^\circ$ gegen SE gekippt worden sein. Nimmt man an, dass im Eozän die Oberfläche horizontal lag, so wurde der gesamte Sedimentstapel seit damals um weitere $1,8^\circ$ gegen SE gekippt.

Im Randengebiet wurde die schon von SCHALCH (1916) erkannte Bruchtektonik weiter analysiert. SE der Linie Hagen – Bargemer Randen lässt sich eine ENE–WSW streichende Flexur erkennen (Fig. 16, p. 92–93). Eine deutliche und durch gute Leithorizonte dokumentierte Bruchtektonik ist auch im Keuper- und Muschelkalkgebiet beidseits der Wutach zu erkennen. Es ist anzunehmen, dass die Anhydritgruppe mit ihrer Plastizität und durch die allfällige Auflösung von Salzlagern Auswirkungen auf die Tektonik gehabt hat.

MINERALISCHE ROHSTOFFE

Eisenerze

Die im Kartengebiet vorkommenden Dogger-Erze (*Macrocephalus-Oolith*) gaben während des Zweiten Weltkrieges Anlass zu Schürfungen zwischen Barmen und Merishausen und in der Gegend von Beggingen. Die angetroffenen Eisengehalte lagen bei max. 24 % (HÜBSCHER 1948).

Bohnerze des Siderolithikums wurden im Gebiet des Hoftals in einigen wenigen Gruben abgebaut, ebenso SW und S von Wiechs. Die Grubengebiete sind auf der Karte eingetragen. Vereinzelt trifft man auch auf Schürflöcher in der Molasse und auf völlig ausgeräumte Taschen im Malmkalk.

Gips

Keupergips wurde im Lachenbruch 1 km westlich des Mattenhofs abgebaut und wohl hauptsächlich als Düngegips verwendet.

Einige zerfallene Stollenmundlöcher sind um Grimmelshofen und bei der Unteren Mühle Weizen zu sehen. Sie weisen auf früheren Bergbau in der Anhydritgruppe hin.

Keramische Rohstoffe

Bänderton wurde W von Hofen und NW von Bibern für Ziegeleizwecke abgebaut (ERB 1931).

Die Feinsande von Lohn und auch die mergeligen Ablagerungen der «Brackwassermolasse» NE von Büthenhardt werden noch immer in bescheidenem Umfang für Keramikzwecke (Lohn) gewonnen. Als Besonderheit wurden von des 17. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts aus tonig-siltigen Ablagerungen der «Brackwassermolasse» von Lohn in grosser Zahl gebrannte Gebäckmodel hergestellt (Bossierer-Werkstatt Stüdlin, Lohn, WIDMER & STÄHELIN 1999). Die Model dienen zur Ausformung von Backwaren.

In Beggingen (NE Dorfrand) wird noch gelegentlich Obtusus-Ton als Ziegeleirohstoff abgebaut und in Pfungen verarbeitet.

Zementrohstoffe

In der Grube Biberegg im Bibertal werden Mergel der Unteren Süsswassermolasse durch die Portland-Cementwerk Thayngen AG abgebaut. Die Mergel werden in der gleichen Grube getrocknet, gemahlen und zur Zementproduktion den Kalken, die früher im Steinbruch Wippel bei Thayngen (heute weiter nördlich) gewonnen wurden, beigemischt.

1988 wurden gelegentlich auch in der Kiesgrube auf der der Grube Biberegg gegenüberliegenden Talseite (SW von Schlatt a. R.) vorkommende Beckentone der Zementherstellung in Thayngen zugeführt.

Bei der Unteren Mühle Weizen bestand bis in die sechziger Jahre eine kleine Zement- und Kalkfabrik, die Muschelkalk aus dem Steinbruch östlich von Grimmelshofen und lokale Orbicularis-Mergel zusammen mit Hanglehm verwertete.

Bituminöse Schiefer

Während des Zweiten Weltkrieges wurden die Posidonienschiefer bei Gächlingen auf ihren Bitumengehalt überprüft (HÜBSCHER 1948). Nur eine Probe (vermutlich aus der Basiszone) ergab einen öligen Anteil von 3,15 %, alle übrigen Werte lagen tiefer, meist unter 1 %. Ähnliches gilt für die Posidonienschiefer des Kartengebietes. Diese Gesteine sind somit im Kanton Schaffhausen wesentlich weniger bituminös als in einigen Gegenden Baden-Württembergs.

Bausteine, Kies

Früher wurden aus unterschiedlichsten geologischen Formationen Bausteine gewonnen (vgl. DE QUERVAIN 1969):

Muschelkalk: Geschätzt war der Dögginger Oolith (Hangendoolith, «Elbenstein») wegen seines massigen Charakters. Er erlaubte die Gewinnung grosser Blöcke eines witterungsbeständigen Gesteins und wurde für viele, teilweise noch heute erhaltene Brunnenrötre verwendet.

Schilfsandstein war ein begehrter Baustein, der vor allem im Seewi-Steinbruch, am Hochwald und am Worberg gewonnen wurde, ebenso in mehreren kleineren Brüchen zwischen Schleithelm und Beggingen. Die Brüche wurden zu Anfang des 20. Jahrhunderts aufgegeben. Aus dem Seewi-Steinbruch stammte Material für den Turm des Münsters zu Allerheiligen, Schaffhausen, und für verschiedene Anwendungen an den Klostergebäuden; nach WANNER & WANNER (1985) diente das Gestein auch für den Bau der Elisabethenkirche in Basel, der Rheinbrücke Koblenz AG, der Klostergebäude von St. Blasien im Schwarzwald, für die allegorischen Statuen am Hauptportal des Zürcher Bahnhofs und für viele andere Anwendungen. Aus Schilfsandstein bestehen auch Kleinskulpturen (Masken), die im 11. Jahrhundert für die Abtskapelle des Klosters zu Allerheiligen in Schaffhausen geschaffen wurden und im dortigen Museum noch erhalten sind (GUYAN 1987). In prähistorischer Zeit wurde Schilfsandstein zu Wetzsteinen verarbeitet.

Stubensandstein wurde teilweise als Baustein verwendet, ebenso als Bau- und – die tonigen Partien – als Scheuersand.

Arietenkalk wurde in kleinen Gruben für den Strassenunterhalt und als Baustein abgebaut.

«*Wohlgeschichtete Kalke*» boten sich wegen der leichten Gewinnbarkeit als natürlich vorgeformte Mauersteine an und wurden in zahlreichen Brüchen im Randengebiet gewonnen.

«*Quaderkalk*» wurde in einem Steinbruch bei den Reithöfen abgebaut, ebenso in kleinen Brüchen nördlich und östlich von Lohn.

Kalktuff lieferten die heute weitgehend erschöpften Steinbrüche im Rohrbachtal (Tal von Lembach). Der Kalktuff war bis in die jüngere Zeit ein geschätzter Baustein, der auch im Kanton Schaffhausen verwendet wurde.

Rundkies: In einer grossen Grube NE von Binningen wird Niederterrassen-Schotter abgebaut und aufbereitet, in einer kleinen Grube SW von Schlatt a. R. wird Vorstoss-Schotter als Wandkies abgebaut. Alle übrigen Gruben sind aufgegeben.

Brechsotter: Der Steinbruch im Hauptmuschelkalk 1,5 km ENE Grimelshofen wurde 1988 neu eröffnet. An Ort und Stelle wird dort Brechsand und Schotter unterschiedlicher Körnungen für den Strassenbau hergestellt.

Waldstrassen-Belagsmaterial

Malmkalk-Hangschutt, im Kanton Schaffhausen mit dem keltischen Wort «Grien» bezeichnet, wird in kleinen, meist von den Gemeinden betriebenen Gruben für den Unterhalt von Waldstrassen gewonnen. Die weithin sichtbare Grube an der Luckenhalde östlich von Beggingen ist erschöpft und bis auf den anstehenden Fels freigelegt (Aufschluss für Oxford-Mergel und Lochen-Schichten).

Ebenfalls für die Beschotterung von Waldstrassen wurde gelegentlich Tri-nodonus-Dolomit verwendet (Baggenbrunnen nördlich Schleithem).

Torf

Im Binninger Riet wurde früher gelegentlich Torf gewonnen, vor allem in Mangelzeiten.

GRUNDWASSER UND BOHRUNGEN

Grundwasser

Im Kartengebiet Beggingen-Singen treten mehrere Grundwasserträger auf:

- Niederterrassen-Schotter nördlich von Binningen
- Wutach-Schotter
- Malmkalk-Schotter im Durachtal
- Malmkalk-Aquifer
- Muschelkalk-Aquifer

Im Durachtal und im Bibertal sind der Entnahme von Trinkwasser aus den quartären Schottern mengenmässig Grenzen gesetzt. Um die Wasserversorgung der Reiatorte längerfristig zu gewährleisten, wurde im Rahmen eines Schaffhauser Sondierprogramms untersucht, ob es im Reiat möglich ist, Karstgrundwasser aus dem Malm-Aquifer zu gewinnen. Dabei wurden einerseits sämtliche Quellen des Reiat aufgenommen und andererseits wurden zwei Bohrungen (Bohrungen Nr.7 und 8) bis ins Oxfordien abgeteuft (OEKOGEO AG SCHAFFHAUSEN 1996, 1997).

Anhand dieser Untersuchungen lässt sich der Reiat in drei Gebiete unterteilen:

- Gebiet mit seichtem Karst zwischen dem Wutachtal und dem Durachtal: Von den Hochflächen des westlichen Randens sickert das Wasser durch den verkarsteten Malmkalk hinunter bis auf die Impressa-Mergel. Entlang dieser Sohlschicht strömt es gegen SE und erreicht im Durachtal, über der

Ausbisslinie der Impresa-Mergel, wieder die Oberfläche. Die Quellen, die auf dieses austretende Wasser zurückzuführen sind, führen sehr unregelmässig kaltes und wenig mineralisiertes Wasser.

- Gebiet mit tiefem Karst zwischen dem Durachtal und dem Fulachtal (südlich vom Kartenblatt, auf Blatt 8218 Gottmadingen von SCHREINER 1992): Bedingt durch das durchschnittliche Einfallen der Schichten mit $2-3^\circ$ gegen SE liegt die Sohlschicht des Malmkalk-Aquifers im Fulachtal schon deutlich unterhalb der Talsohle. Dies führt dazu, dass die Quellen im Fulachtal in erster Linie als Überlaufquellen ausgebildet sind. Das Wasser, das sie führen, fliesst regelmässiger und ist höher mineralisiert und temperiert als im Durachtal. Beide Beobachtungen sprechen für längere Verweilzeiten des Wassers unterhalb des Oberen Reiat.
- Im Gebiet von Altdorf und Hofen nördlich der Randen-Verwerfung liegt ein Deckel von tertiären Gesteinen auf dem Malmkarst. Da das Wasser in den tieferen Schichten nicht durch den impermeablen Deckel entweichen kann, ist es gespannt. In der Bohrung Altdorf (Bohrung Nr.7) wurde innerhalb der «Wohlgeschichteten Kalke» ein solcher Aquifer erbohrt. Das hoch mineralisierte Wasser tritt dort mit 2,75 bar (5.3.1997) aus, die Wassertemperatur liegt bei $16,8^\circ\text{C}$. Obwohl genügend Wasser austreten würde, kann es auf Grund der hohen Natrium- und Sulfatgehalte nicht als Trinkwasser genutzt werden. Der niedere Tritiumgehalt ($^3\text{H} < 0,6 \text{ TU}$, $1 \text{ TU} = 0,119 \text{ Bq/l}$ [$1 \text{ TU} = 1 \text{ Tritiumeinheit}$]) weist auf ein Alter grösser als 40 Jahre hin. Möglicherweise handelt es sich um Grundwasser, das im Pleistozän während einer Kaltzeit gebildet wurde.

Der tiefer liegende Aquifer des Muschelkalkes wurde im Rahmen der NAGRA-Sondierung in Siblingen erbohrt (Bohrung Nr.5, NAGRA 1992). Die stärksten Wasserbewegungen in dieser Bohrung wurden in 153 m Tiefe, innerhalb des stark porösen Trigonodus-Dolomits (bis 30 % Porenraum), angetroffen. Das leicht gespannte Wasser fliesst dort sowohl in Poren als auch in Klüften und ist wenig mineralisiert.

Bohrungen

Bohrung Nr. 1

Von einer im Jahr 1832 nicht näher bezeichneter Stelle im Dorf Beggingen wurde eine Salzbohrung abgeteuft (IM THURN 1840, SCHMIDT 1921) stammt folgendes Profil:

| | |
|--|--------|
| Keuper | –75 m |
| Lettenkohle | –105 m |
| Muschelkalk-Dolomit (Trigonodus-Dolomit) | –120 m |
| «Encrinitenkalk» (Hauptmuschelkalk) | –150 m |
| Anhydrit führender Salzton | –180 m |

Bohrung Nr. 2

In einer bei IM THURN (1840) mit 1836/38 datierten Bohrung «Beggingen/Schleitheim» wurde in der Anhydritgruppe eine Salzsole mit 4 bis 5 % NaCl angetroffen.

Bohrung Nr. 3

Östlich von Beuren am Ried, bei Koord. 695.210/295.100/500, wurde in den dreissiger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts eine Eisenerzbohrung abgeteuft, von der das nachfolgende Profil stammt (nach ERB 1958, gekürzt und angepasst nach SCHREINER 1983):

| | |
|--|----------|
| Serie der Jüngerer Juranagelfluh | –68 m |
| «Brackwassermolasse»: Kirchberger Schichten (12 m) unten wenige Dezimeter Graupensand | –80 m |
| Untere Zementmergel bis «Plattenkalke», bei 122 m Breccienbank (60 m) | –140 m |
| Setatus- und Subeumela-Schichten, oberer «Quaderkalk» (29 m) | –169 m |
| «Quaderkalk» (14 m) | –183 m |
| Schwarzbach-Schichten (17 m) | –200 m |
| «Wohlgeschichtete Kalke»: 249–266 m: plattige Kalke durchbrochen von «basalem Tuff» (69 m) | –269 m |
| Impressa-Mergel und Hornbuck-Schichten (25 m) | –294 m |
| Fleckenmergel und Glaukonitbank (8,4 m) | –297 m |
| Macrocephalus-(Eisen)-Oolith (8,4 m) | –305 m |
| Varians- und Knorri-Schichten (10,8 m) | –316,6 m |
| Humphriesi-Schichten (11,6 m) | –364,6 m |
| Sowerbyi-Schichten (24 m) | –388,6 m |
| Murchisonae-Schichten (19,6 m) | –408,2 m |
| Opalinus-Ton | –420,0 m |

Bohrung Nr. 4

1974 wurde im Bibertal SE von Bibern, auf deutschem Gebiet, bei Koord. 693.660/291.420/455 eine Untersuchungsbohrung durchgeführt, die nach SCHREINER (1983) folgendes Profil antraf:

| | |
|---|-------|
| Auelehm | –4 m |
| Alpiner Kies, oben zunehmend Juragerölle | –7 m |
| Molassemergel, Untere Süsswassermolasse und evtl. Obere Süsswassermolasse?; Serie der Juranagelfluh | –65 m |
| Ältere Krustenkalke und begleitende Mergel | –67 m |
| Boluston | –68 m |

Bohrung Nr.5

1988 wurden westlich der Mergelgrube Biberegg (1 km südlich von Bibern) mehrere Kernbohrungen durch die Firma Büchi und Müller AG im Auftrag der Portland-Cementwerk Thayngen AG abgeteuft. Von den 17 Kernbohrungen wurden 4 exemplarische Bohrungen ausgewählt. Auskünfte zu den restlichen Bohrungen erteilt entweder die Portland-Cementwerk Thayngen AG oder die Schweizerische Geologische Dokumentationsstelle der Landeshydrologie und -geologie in Bern.

Bohrung Nr.5a

Nr.102 nach BÜCHI UND MÜLLER AG (1989); Koord. 693.235/291.103/511,13:

| | |
|--|---------|
| Humus, Erde (0,3 m) | -0,3 m |
| Toniger Silt mit Kies: Jura- und Alpengerölle (0,5 m) | -0,8 m |
| Delta-Ablagerungen: toniger Silt und Feinsand (6,7 m) | -11,9 m |
| Krusten- und Knollenkalk: rötlicher Ton und Feinsand mit Jurakalk-Geröllen (2,5 m) | -14,4 m |
| Boluston (23 m): | |
| – Ockerfarbener bis rötlicher Ton–Tonstein mit Bohnerz (11,8 m) | |
| – Heller Kalk und grüner Ton (1,2 m) | |
| – Ockerfarbener Tonstein mit wenig Bohnerz (10,0 m) | -37,4 m |
| Zementmergel: hellgrauer Kalk mit grünen Tonzwischenlagen (2,6 m) | -40,0 m |
| «Plattenkalke»: hellgrauer, kompakter Kalk mit Echinodermenbruchstücken 46,0–46,7 m stark brecciös, ab 47,0 m z. T. wie «Zuckerkornlochfels» ausgebildet (12,0 m) | -52 m |
| Setatus- und Subeumela-Schichten: grauer, «zuckerkornlochfels-artiger» Kalk, stark brecciirt (>8 m) | -60 m |

Bohrung Nr.5b

Nr.103 nach BÜCHI UND MÜLLER AG (1989); Koord. 693.171/291.033/533,53:

| | |
|---|---------|
| Deckschicht: Erde, Humus (0,3 m) | -0,3 m |
| Seeablagerung, im unteren Teil evtl. «Brackwassermolasse»: Ton bis Tonstein mit wenig Sand und Kies (4,0 m) | -4,3 m |
| Ältere Juranagelfluh-Serie: Mergel mit Kalksand und Kalk-Feinkies (3,9 m) | -8,2 m |
| Krusten- und Knollenkalk: braune Kalkbreccie, leicht tonig (1,0 m) | -9,2 m |
| Bohnerzlehm: roter Lehm mit Bohnerz und hellen Kalkgeröllen (2,6 m) | -11,8 m |
| Zementmergel: graugrüne Mergel und mergelige Kalke, in den mergeligen Partien: Onkoide und Pyrit (8,0 m) | -19,8 m |
| Karst: Krusten- und Knollenkalk und Bohnerzlehm: graugrüner, bzw. rotbrauner Mergel, teilw. tonig (4,4 m) | -24,2 m |
| Bohnerzlehm (3,6 m) | -27,8 m |
| Zementmergel: mikritischer, hellbrauner Kalk mit tonigen Zwischenlagen, stark zerklüftet (7,4 m) | -35,3 m |
| «Plattenkalke»: | |

- Hellbeiger, mikritischer Kalk mit feinen Mergelzwischenlagen und Bioklasten (9,3 m)
- Graue, knollige Kalke mit Mergelzwischenlagen (11,2 m) –55,7 m
- Beige und graue mikritische Kalke mit Mergelzwischenlagen, knollig, stark zerklüftet (13,3 m) –69,0 m

Bohrung Nr.5c

Nr.105 nach BÜCHI UND MÜLLER AG (1989); Koord. 693.067/291.162/545,21:

Deckschichten:

- Stark siltiger Ton mit Kalk- und Quarzgeröllen (1,0 m)
- Toniger Sand mit Kalk- und Quarzgeröllen (7 m) –1,7 m
- Ältere Juranagelfuh-Serie? Bunte Tone mit weissen Pisoiden und mikritischer Kalklage (2,7 m) –4,4 m
- Krusten- und Knollenkalk, Bohnerzlehm: Wechsellagerung von Ton und mergeliger Kalkbreccie, gegen unten zunehmend Bohnerzlehm (14,9 m) –19,3 m
- Zementmergel: hellbeiger, mikritischer Kalk mit grünen Mergelzwischenlagen (6,6 m) –28,4 m
- «Plattenkalke»: hellbeiger, mikritischer Kalk mit mergeligen Zwischenlagen (33 m) –66,8 m
- Setatus- und Subeumela-Schichten: grauer, mikritischer oder massiger Kalk mit Mergelzwischenlagen (>4,2 m) –71,0 m

Bohrung Nr.5d

Nr.110 nach BÜCHI UND MÜLLER AG (1989); Koord. 692.762/291.379/578,26:

- Deckschichten: Silt, teilweise sandig, mit eckigen Jurageröllen (4,5 m) –4,5 m
- Heller, mikritischer Kalk; ?Zuordnung (0,7 m) –5,2 m
- Ockerfarbener, grünlicher Ton; ?Zuordnung (0,5 m) –5,7 m
- «Plattenkalke»: heller, mikritischer Kalk mit tonigen, dünnen Zwischenlagen (15,9 m) –21,6 m
- Randen-Verwerfung. Tektonische Kalkbreccie (10,0 m) –31,6 m
- «Quaderkalk»:
- Heller, mikritischer Kalk mit tonigen Zwischenlagen, einzelne Schalenbruchstücke, stark zerklüftet (5,3 m)
- Hellbeiger, mergeliger Kalk mit zwischengelagerten Mergelbänken; fossilreich, 39,7–44 m: glaukonitführend mit Hartgroundbildung (12,3 m) –49,2 m
- Schwarzbach-Schichten: dunkelgraue Mergel mit beigen bis grauen Kalkbänken; fossilreich (14,3 m) –63,5 m
- «Wohlgeschichtete Kalke»:
- Graue, mergelige Kalke mit Mergelzwischenlagen; reich an Trochiten: Crinoidenschichten (6,8 m)
- Beiger bis grauer, mikritischer Kalk mit tonigen Zwischenlagen (>9,7 m) –80,0 m

Bohrung Nr.6

Die Sondierbohrung Siblingen der NAGRA (NAGRA 1992) vom 1.9.1988 bis 2.4.1989 ist ca. 3 km südlich des Kartenblattes lokalisiert (Atlasblatt 74 Neunkirch). Koord. 680.090/286.693/574,35; Endtiefe: 1502,6 m:

| | |
|--|-----------|
| Quartär | -0,5 m |
| Bohrverlust | -2,8 m |
| Jurensis- bis Numismalis-Schichten: | |
| - Graue Mergel mit Ammonitenbruchstücken | -10,80 m |
| - Feingeschichteter, grauschwarzer Ton mit Muschelschalen (Posidonien) | -17,80 m |
| - Siltige, dunkelgraue, feingeschichtete Mergel | -22,80 m |
| Bohrkernverlust | -25,05 m |
| Obtusus-Ton (15,13 m) | -40,18 m |
| Arietenkalk (2,41 m) | -42,59 m |
| Angulatenschichten (0,42 m) | -43,01 m |
| Psiloceras-Schichten (5,77 m) | -48,78 m |
| ?«Rhät» (6,27 m) | -55,05 m |
| Knollenmergel (8,98 m) | -64,03 m |
| Stubensandstein (4,87 m) | -68,90 m |
| Obere Bunte Mergel (4,31 m) | -73,21 m |
| Gansinger Dolomit (2,39 m) | -75,60 m |
| Schilfsandstein s. l. (10,31 m) | -85,91 m |
| Gipskeuper (82,88 m) | -168,79 m |
| «Lettenkohle» (8,24 m) | -177,03 m |
| Trigonodus-Dolomit (30,74 m) | -207,77 m |
| Hauptmuschelkalk (25,93 m) | -233,70 m |
| Dolomit der Anhydritgruppe (15,69 m) | -249,39 m |
| Sulfatschichten der Anhydritgruppe (49,03 m) | -298,42 m |
| Orbicularis-Mergel (6,87 m) | -305,29 m |
| Wellenmergel («Wellenkalk») (25,74 m) | -331,03 m |
| Wellendolomit (8,47 m) | -339,50 m |
| Oberer und Mittlerer Buntsandstein (9,12 m) | -348,62 m |
| Cordierit-Biotit-Granit | -1502,6 m |

Bohrung Nr.7

Im Rahmen des hydrologischen Projekts Schaffhausen-Ost (OEKOGEO AG SCHAFFHAUSEN 1997) wurde zwischen dem 27.11 und 11.12.1996 300 m SW von Altdorf eine Grundwasserbohrung abgeteuft. Koord. 691.121/293.173/535,95:

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Wegbefestigung (0,5 m) | -0,5 m |
| Bachschutt (1 m) | -1,5 m |
| Würmzeitliche Seeablagerung (8,5 m) | -10 m |
| ?Untere Süßwassermolasse (43 m): | |
| - Nagelfluh (15 m) | -25 m |
| - Braune Mergel (25 m) | -50 m |
| - Nagelfluh (3 m) | -53 m |
| Setatus-Subeumela-Schichten? (16 m) | -69 m |
| «Quaderkalk» (35 m) | -104 m |
| Schwarzbach-Schichten (14 m) | -118 m |
| «Wohlgeschichtete Kalke» (32 m) | -150 m |
| Impressa-Mergel (72 m) | -222 m |

| | |
|-------------------------------|--------|
| Birmenstorfer Schichten (2 m) | -224 m |
| Macrocephalus-Oolith (2 m) | -226 m |

Bohrung Nr. 8

Im Rahmen des gleichen Sondierprogramms wurde zwischen dem 27.11 und 11.12.1996 500 m WSW von Lohn eine Grundwasserbohrung abgeteuft. Koord. 691.654/290.015/583,67:

| | |
|---|--------|
| Hangschutt mit verstütztem Block von Malmkalk | -12 m |
| Setatus-Subeumela-Schichten | -20 m |
| «Quaderkalk» (14 m) | -32 m |
| Schwarzbach-Schichten (17 m) | -63 m |
| «Wohlgeschichtete Kalke» (93 m) | -156 m |
| Lochen-Schichten (11 m) | -167 m |
| Impressa-Mergel (>22 m) | -189 m |

Bohrung Nr. 9

Eine Gruppe von vier unmittelbar beeinanderliegenden Erdsondenbohrungen erbohrte 1998 am linken, steilen Hang des Bibertals NE von Wixlen bei Thayngen folgendes Profil (Aufnahme F. Hofmann). Untergrenze der Bohrung (im Seeton) bei 430 m ü. M.; Talboden des Bibertals bei 445 m ü. M.:

| | |
|--|-------|
| Baugrube, Moräne mit überwiegendem Anteil an alpinen Geschieben und Findlingen aus alpinem Kalk, Typus Quintner Kalk | -8 m |
| Kiesiges Moränenmaterial vom Typus der Baugrube, unten lehmig und gelb (12 m) | -20 m |
| Schotter, eisrandnah, 20–30 % nichtalpine Malmkalke, wohl aus Juranagelfluh des Bibertals stammend (8 m) | -28 m |
| Schotter mit überwiegend alpinen Komponenten, deutlicher Kristallinanteil, nur sehr wenig lokaler Malmkalk (8 m) | -36 m |
| Schotter mit deutlichem Anteil an lokalem Malmkalk | -38 m |
| Grauer Seeton, fein, kalkhaltig | -54 m |

SCHREINER (1983) beschreibt weitere Bohrungen im Bereich von Blatt Beggingen-Singen, welcher auf Blatt 8218 Gottmadingen der Geologischen Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg übergreift.

LITERATURVERZEICHNIS

- ACHILLES, H. & SCHLATTER, R. (1986): Palynostratigraphische Untersuchungen im «Rhät-Bonebed» von Hallau (Kt. Schaffhausen) mit einem Beitrag zur Ammonitenfauna im basalen Lias. – *Eclogae geol. Helv.* 79/1, 149–179.
- ADELMANN, S. (1982): Selbständige Kartierung entlang der Randenerverwerfung (Hegau/Randen) N Schaffhausen. – Unpubl. Diplomarb. Univ. Heidelberg.
- (1983): Schwermineralogische Untersuchungen an Sedimenten der Brackwassermolasse nördlich Schaffhausen (Schweiz) und vom Bodanrück (Bodensee, Bundesrepublik Deutschland). – Unpubl. Diplomarb. Univ. Heidelberg.
- ALTMANN, H.J. (1965): Beiträge zur Kenntnis des Rhät-Lias-Grenzbereichs in Südwest-Deutschland. – Diss. Univ. Tübingen.
- AMBRUSTER, TH., BIRNER, J., LIBOWITZKI, E. & BERAN, A. (1998): Crystal chemistry of Ti-bearing andradites. – *Europ. J. Mineral.* 10, 907–921.
- BAUMBERGER, E. (1923): Die Bohnerzgebiete im Kanton Schaffhausen. In: *Die Eisen- und Manganerze der Schweiz.* – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 13/1, 19–31.
- BRENNER, K. (1973): Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Mittelkeupers in Südwest-Deutschland. – *Arb. geol.-paläont. Inst. Univ. Stuttgart [N.F.]* 68, 101–222.
- BÜCHI UND MÜLLER AG im Auftrag der Portland-Cementwerk Thayngen AG (1989): Geologischer Bericht Nr.2702, Erweiterung Tongrube «Bibermeregg». – Unpubl., Portland-Cementwerk Thayngen AG Thayngen.
- BÜCHI, U.P. & HOFMANN, F. (1960): Die Sedimentationsverhältnisse zur Zeit der Muschelsandsteine und Grobkalke im Gebiet des Beckennordrandes der Oberen Meeresmolasse zwischen Aarau und Schaffhausen. – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 27/72, 11–22.
- BURKHARD, A. (1978): Baryt-Coelestin und ihre Mischkristalle aus Schweizer Alpen und Jura. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 58, 1–96.
- DIETL, G. (1977): The Braunjura (Brown Jurassic) in Southwest Germany. – *Stuttgarter Beitr. Natkd. B.* 25/4.
- ERB, L. (1931): Erläuterungen zu Blatt 146 Hilzingen [heute 8218 Gottmadingen] der geologischen Spezialkarte von Baden. – *Bad. geol. Landesanst. u. schweiz. geol. Komm.*
- (1936): Zur Stratigraphie des mittleren und jüngeren Diluviums in Süddeutschland und dem schweizerischen Grenzgebiet. – *Mitt. bad. geol. Landesanst.* 11, 1–34.
- (1958): Geologische Ergebnisse von drei Bohrungen auf Eisenerz im Hegau. – *Mitt. bad. Landesver. Natkd. Naturschutz [N.F.]* 7, 105–111.
- ETTER, W. (1990): Paläontologische Untersuchungen im unteren Opalinuston der Nordschweiz. – Diss. Univ. Zürich (Selbstverlag).
- FEHLMANN, H. & RICKENBACH, E. (1962): Die eisenhaltigen Doggererze der Schweiz. In: *Die Eisen- und Manganerze der Schweiz.* – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 13/7, 1–121.
- FISCHER, W. (1961): Über die Bildungsbedingungen der Posidonienschiefer in Süddeutschland. – *N. Jb. Paläont. Abh.* 111/3, 326–340.
- FRAAS, E.: *Der Petrefakten-Sammler.* – *Nachdruck der Erstausgabe 1910*, mit zusätzlichen Registern der Fossilnamen nach der geltenden Nomenklatur von H. Rieber, Ott, Thun und München, 1972.
- FRITZ, G.K. (1958): Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbreccien im Weissen Jura der Schwäbischen Alb. – *Arb. geol.-paläont. Inst. tech. Hochsch. Stuttgart [N.F.]* 13.
- FRÜH, H. (1962): Grabungsbericht zum Saurierfund in Beggingen. – *Mitt. natf. Ges. Schaffhausen* 27, 220–223.

- FÜCHTBAUER, H. (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. – Heidelberg. Beitr. Mineral. Petrogr. 4, 26–53.
- GENSER, H. (1966): Schichtenfolge und Stratigraphie des Doggers in den drei Faziesbereichen der Umgebung des Südschwarzwaldes. – Oberrh. geol. Abh. 15, 153–610.
- GEYER, O.F. (1961): Beiträge zur Stratigraphie und Ammonitenfauna des Weissen Jura K (Unterkimmeridgium) in Württemberg. – Jh. Ver. vaterl. Natkd. Württemb. 116, 84–113.
- GEYER, O.F. & GWINNER, M.P. (1962): Der Schwäbische Jura. – Sammlung geol. Führer 40, Borntraeger, Berlin.
- (1986): Geologie von Baden-Württemberg (3. Aufl.) – Schweizerbart, Stuttgart.
- (1991): Geologie von Baden-Württemberg (4. Aufl.) – Schweizerbart, Stuttgart.
- GRAF, H.R. (1988): Die Juranagelfluh und ihre Unterlage zwischen Zurzach AG und Randen SH. – Unpubl. Diplomarb. Univ. Zürich.
- (1991): Die OMM und OSM im Gebiet des Kleinen Randen (südlicher badischer Klettgau). – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 36, 1–44.
- GWINNER, M.P. (1962): Subaquatische Gleitungen und resedimentäre Breccien im Weissen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg). – Z. dtsh. geol. Ges. 113, 571–590.
- GUYAN, W.U. (1968): Beitrag zur Kulturlandschaftsgeschichte des Durachtals. – In: Festschrift Ernst Lieb "Das Durachtal", Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen 27–54.
- (1987): Schaffhausen, Schätze der Region. – Schweiz. Bankgesellschaft Schaffhausen, Thayngen.
- GYGI, R.A. (1969): Zur Stratigraphie der Oxford-Stufe (oberes Jura-System) der Nordschweiz und des süddeutschen Grenzgebietes. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 136.
- GYGI, R.A. & PERSOZ, F. (1986): Mineralostratigraphy, litho- and biostratigraphy combined in correlation of the Oxfordian (Late Jurassic) formations of the Swiss Jura range. – Eclogae geol. Helv. 79/2, 385–454.
- HÄGELE M. & KLEMM U. (1998): Geochemie der Eisenoolithe im Mitteljura der Schwäbischen Alb. – Unpubl. Diplomarb. Univ. Stuttgart.
- HAGDORN, H. & SIMON, T. (1988): Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes. – Forsch. aus Württembergisch Franken 28, Thorbecke/Sigmaringen.
- HAHN, W. (1971): Der Jura. – In: SAUER, K. & SCHNETTER, M. (1971): Die Wutach. – Bad. Landesver. Natkd. u. Naturschutz, Freiburg i. Br., 117–133.
- HAHN, W. & SCHREINER, A. (1971): Neue Zeichen und Benennungen der Jura-Schichten auf den geologischen Karten Baden-Württembergs. – Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver. [N. F.] 53; 275–279.
- HALDIMANN, P., NAEF, H. & SCHMASSMANN, H. (1984): Fluviale Erosions- und Akkumulationsformen als Indizien jungpleistozäner und holozäner Bewegungen in der Nordschweiz und angrenzenden Gebieten. – NAGRA tech. Ber. NTB 84-16.
- HANTKE, R. (1987): Relief- und Talgeschichte des Randen-Berglandes (Kt. Schaffhausen und badische Grenzgebiete zwischen Schwarzwald und Hegau). – Eiszeitalter u. Gegenwart 37, 47–56.
- HANTKE, R., HOFMANN, F. & RAHM, G. (1987): Wie weit reichte das risszeitliche Eis auf der Ostabdachung des Südschwarzwaldes? – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 29, 39–46.
- HANTKE, R. & HÜNERMANN, K.A. (1988): Ein Mammut-Schulterblattfragment- und ein Basaltgeröllfund im Randen (Kt. Schaffhausen). – Eclogae geol. Helv. 81/3, 887–891.
- HANTKE, R., PFANNENSTIEL, M. & RAHM, G. (1976): Zur Vergletscherung der westlichen Alb. – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 66, 13–27.
- HAUS, H.A. (1951): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetroges im Bodenseegebiet während des Mittleren Miozäns. – Mittbl. bad. geol. Landesanst. 1950, 48–66.

- HAUS, H. A. (1952): Das Molassebecken im südwestdeutschen Gebiet. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 19/57, 25–30.
- HELING, D. (1965): Zur Petrographie des Schilfsandsteins. – Beitr. Mineral. Petrogr. 11, 272–296.
- HOFMANN, B. (1979): Blei-, Zink-, Kupfer- und Arsenvererzungen im Wellengebirge (unterer Muschelkalk, Trias) am südlichen und östlichen Schwarzwaldrand. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 31, 157–196.
- (1985): Mineralisationen von Pb, Zn, Cu und As in der Trias des südwestlichen Schwarzwaldrandes. Das Kristallin an der oberen Wutach als Beispiel eines möglichen Liefergebietes von Sedimentmaterial und erzbildenden Elementen. – Unpubl. Lizentiatsarb. Univ. Bern.
- (1989): Erzminerale in paläozoischen, mesozoischen und tertiären Sedimenten der Nordschweiz und Südwestdeutschlands. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 69/2, 345–357.
- HOFMANN, B. & HOFMANN, F. (1985): Die Mineralien des Steinbruchs Wippel bei Thayngen SH. – Schweizer Strahler 7/2, 53–65.
- HOFMANN, F. (1958): Vulkanische Tuffhorizonte in der Oberen Süsswassermolasse des Randens und Reiat, Kanton Schaffhausen. – Eclogae geol. Helv. 51/2, 371–377.
- (1962): Ein jungtertiärer Tuffschlot bei Hofen (Kanton Schaffhausen). – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 27, 185–191.
- (1963): Spätglaziale Bimsstaublagen des Laachersee-Vulkanismus in schweizerischen Mooren. – Eclogae geol. Helv. 56/1, 147–164.
- (1967a): Über die Tertiärbildungen im Kanton Schaffhausen. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 28, 171–210.
- (1967b): Neue Funde vulkanischer Tuffe in der Molasse des nördlichen Kantons Schaffhausen und seiner Grenzgebiete. – Eclogae geol. Helv. 60/2, 577–587.
- (1972): Über das Vorkommen der Wander- oder Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* im Bodensee- und Hochrheingebiet. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 29, 63–74.
- (1973): Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süsswassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen. – Eclogae geol. Helv. 66/1, 83–100.
- (1974): Mineralien des Kantons Schaffhausen. – Njbl. natf. Ges. Schaffhausen 26.
- (1976): Überblick über die geologische Entwicklungsgeschichte der Region Schaffhausen seit dem Ende der Jurazeit. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 42/102, 1–16.
- (1981): Blatt 1031 Neunkirch – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 74.
- (1987): Geologie und Entstehung des Durachtals. – Schaffhauser Magazin 10/1, 57 u. 59–61.
- (1991): Neuere Befunde zur Geologie, zur Lagerstättenkunde und zum historischen Abbau der Bohnerze und Bolustone der Region Schaffhausen (Schweiz). – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 26, 45–82 und Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 93 (1992).
- HOFMANN, F. & HANTKE, R. (1964): Blatt 1032 Diessenhofen – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 38.
- HOFMANN, F. & HÜBSCHER, H. (1977): Geologieführer der Region Schaffhausen. – Meier, Schaffhausen.
- HÜBSCHER, J. (1948): Untersuchungsergebnisse über die Doggererze und die Oelschiefer im Kanton Schaffhausen. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 22, 153–160.
- (1951): Ueber Quellen, Grundwasserläufe und Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen. – Njbl. natf. Ges. Schaffhausen 3.
- (1958): Vom Randen. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 26, 170–180.
- IM THURN, E. (1840): Der Kanton Schaffhausen, historisch-geographisch-statistisch gesehen. – In: Gemälde der Schweiz 12, St. Gallen – Bern.
- JORDAN, P. (1883): Zur Stratigraphie des Lias zwischen Unterem Hauenstein und Schinznach (Solothurner und Aargauer Faltenjura). – Eclogae geol. Helv. 76/2, 355–379.

- KIDERLEN, H. (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. – N. Jb. Mineral., Beilbd. 66B, 215–384.
- LEMCKE, K. (1972): Die Lagerung der jüngsten Molasse im nördlichen Alpenvorland. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 39/95, 29–41.
- (1985): Flussfracht von Ur-Main und Ur-Naab in der Schweiz und im deutschen Molassebecken. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 51/121, 13–21.
- (1988): Geologie von Bayern, I: Das bayerische Alpenvorland vor der Eiszeit. Erdgeschichte, Bau, Bodenschätze. – Schweizerbart, Stuttgart.
- LEMCKE, K., VON ENGELHARDT, W. & FÜCHTBAUER, H. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. – Beih. geol. Jb. 11.
- LEMCKE, K. & VOLLMAYR, T. (1970): Führer zur Exkursion in die Allgäuer Faltenmolasse am 21. Juni 1970. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 37/91, 18–24.
- MATTER, A. (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet (Entlebuch – Tal der Grossen Fontanne, Kt. Luzern). – Eclogae geol. Helv. 57/2, 315–428.
- MERKI, P. (1961): Der Obere Muschelkalk im östlichen Schweizer Jura. – Eclogae geol. Helv. 54/1, 137–220.
- MOOS, A. VON (1968): Geotechnische Beobachtungen und Erfahrungen längs der Neubaustrecke Landesgrenze–Bargen–Merishausen–Längenberg der Nationalstrasse N4 Kanton Schaffhausen. – In: Festschrift Ernst Lieb "Das Durachtal", Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen, 93–100.
- MÜLLER, G. & BLASCHKE, R. (1969): Zur Entstehung des Posidonienschiefers. – Naturwissenschaften 56/12, 635–636.
- MÜLLER, W.H., HUBER, M., ISLER, A. & KLEBOTH, P. (1984): Erläuterungen zur «Geologischen Karte der zentralen Nordschweiz 1:100 000». – NAGRA techn. Ber. NTB 84-25.
- NAGRA (1992): Sondierbohrung Siblingen. Untersuchungsbericht. – Beilagenband, NAGRA techn. Ber. NTB 90-34.
- OEKOGEO AG SCHAFFHAUSEN (1996): Hydrogeologie Schaffhausen-Ost; Zwischenbericht Teilgebiet Reiat. Unpubl. Bericht im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Schaffhausen. – Tiefbauamt Kant. Schaffhausen.
- OEKOGEO AG SCHAFFHAUSEN (1997): Hydrogeologie Schaffhausen-Ost; Zwischenbericht Bohrungen Altdorf und Lohn. Unpubl. Bericht im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Schaffhausen. – Tiefbauamt Kant. Schaffhausen.
- ORTLAM, D. (1970): Die Randfazies des Buntsandsteins im Schwarzwald, dargestellt auf der Basis paläopedologischer Korrelierungen. – Z. dtsh. geol. Ges. 121, 99–103.
- (1971): Die Randfazies des germanischen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald. – Geol. Jb. 89, 135–168.
- PAUL, W. (1936): Der Hauptmuschelkalk im südöstlichen Schwarzwald. – Mitt. bad. geol. Landesanst. 11, 125–146.
- (1965): Zur Frage der Rissvereisung der Ost- und Südostabdachung des Schwarzwaldes. – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 7, 423–440.
- (1966): Zur Frage der Rissvereisung der Ost- und Südostabdachung des Schwarzwaldes (II). – Mitt. bad. Landesver. Natkd. Naturschutz [N.F.] 9/2, 309–324.
- (1971a): Die Trias. In: SAUER, K. & SCHNETTER, M. (1971): Die Wutach, Teil Erd- und Landschaftsgeschichte des Wutachgebietes. – Bad. Landesver. Natkd. Naturschutz, Freiburg i. Br., 27–115.
- (1971b): Von der spätjurassischen (frühkretazischen?) Landwerdung bis zur Gegenwart: Portlandium (Valendis) bis Holozän. In: SAUER, K. & SCHNETTER, M. (1971): Die Wutach, Teil Erd- und Landschaftsgeschichte des Wutachgebietes – Bad. Landesver. Natkd. Naturschutz, Freiburg i. Br., 135–194.

- PEYER, B. (1956): Über Zähne von Haramiyden, von Triconodonten und von wahrscheinlich synapsiden Reptilien aus dem Rhät von Hallau, Kt. Schaffhausen, Schweiz. – Schweiz. paläont. Abh. 72.
- PFANNENSTIEL, M. (1931): Die Fauna der Kirchberger Schichten von Lohn am Randen. – Sitzber. Heidelb. Akad. Wiss. [math.-natw. Kl.], 1–19.
- (1958): Die Vergletscherung des südlichen Schwarzwaldes während der Risseiszeit. – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 48/2, 231–272.
- PFANNENSTIEL, M. & RAHM, G. (1963): Die Vergletscherung des Wutachtales während der Risseiszeit. – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 53, 5–61.
- (1966): Nochmals zur Vergletscherung des Wutachtales während der Risseiszeit. – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 8, 63–85.
- QUENSTEDT, F. A. (1843): Das Flözgebirge Würtembergs. 1. Ausg. – Laupp, Tübingen.
- (1856/58): Der Jura. – Laupp, Tübingen.
- (1882/88): Die Ammoniten des schwäbischen Jura. – Schweizerbart, Stuttgart (Revision der Gattungs- und Untergattungsnamen. Bearb. Deutsche Subkomm. Jura-Stratigr. – Schweizerbart, Stuttgart, 1973).
- QUERVAIN, F. DE (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. – Kümmerly & Frey, Bern.
- RAHM, G. (1961): Neue Gesichtspunkte zur Wutachablenkung. – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 51/1, 133–136.
- (1981): Die risseiszeitliche Vergletscherung des Südschwarzwaldes, der Baar und der westlichen Schwäbischen Alb (Baden-Württemberg). – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 23, 7–14.
- RICHTER, H. (1987): Die Mikrofauna des Unteren Toarciums der Nordschweiz. – N. Jahrbuch für Geologie 176/1, 137–155.
- RIEGRAF, W. (1985): Mikrofauna, Biostratigraphie und Fazies im Unteren Toarcium Südwestdeutschlands und Vergleiche mit benachbarten Gebieten. – Tüb. mikropaläont. Mitt. 3, 1–233.
- RUETZ, H. (1966): Geologische Untersuchungen im Raume Beggingen-Schleitheim, Kt. Schaffhausen, unter besonderer Berücksichtigung des Lias. – Unpubl. Diplomarb. Univ. Zürich.
- SCHALCH, F. (1873): Beiträge zur Kenntniss der Trias am südöstlichen Schwarzwalde. – Diss. Univ. Würzburg, Brodtmann/Schaffhausen.
- (1880): Die Gliederung der Liasformation des Donau-Rheinzuges. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. 1880/1, 177–266.
- (1881): Ueber einige Tertiärbildungen der Umgebung von Schaffhausen. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. 1881/2, 42–76.
- (1883): Geologische Beschreibung der Kantone St. Gallen, Thurgau und Schaffhausen. 2. Theil: Das Gebiet nördlich vom Rhein (Kanton Schaffhausen, Höhgau und Schienerberg). – Beitr. geol. Karte Schweiz 19.
- (1893): Die geologischen Verhältnisse der Bahnstrecke Weizen–Immendingen, mit besonderer Berücksichtigung der zwischen Fützen und Zollhaus entstandenen Braunjura-Aufschlüsse. – Mitt. grossherzogl. bad. geol. Landesanst. 2, 137–230.
- (1895): Ueber einen neuen Aufschluss in den untersten Schichten des Lias bei Beggingen, Kanton Schaffhausen. – Mitt. grossherzogl. bad. geol. Landesanst. 3/2, 253–258.
- (1897): Der braune Jura (Dogger) des Donau-Rheinzuges nach seiner Gliederung und Fossilführung. – Mitt. grossherzogl. bad. geol. Landesanst. (1899) 3/3: 1. Teil, 527–618, 3/4: 2. Teil, 689–773.
- (1906): Erläuterungen zu Blatt 132 Bonndorf der geologischen Spezialkarte des Grossherzogtums Baden 1:25 000. – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst.
- (1908): Erläuterungen zu Blatt 133 Blumberg der geologischen Spezialkarte des Grossherzogtums Baden 1:25 000. – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst.
- (1912): Erläuterungen zu Blatt 144 Stühlingen der geologischen Spezialkarte des Grossherzogtums Baden. – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst. u. schweiz. geol. Komm.

- (1914): Das Tertiärgebirge auf dem Reyath, Kanton Schaffhausen. – Mitt. bad. geol. Landesanst. 7/2, 701–734.
- (1916): Erläuterungen zu Blatt 145 Wiechs–Schaffhausen der geologischen Spezialkarte des Grossherzogtums Baden – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst. u. schweiz. geol. Komm.
- (1921): Erläuterungen zu Blatt 158 Jestetten–Schaffhausen der Geologischen Spezialkarte von Baden – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst. u. schweiz. geol. Komm.
- (1922): Erläuterungen zu Blatt 157 Griessen der Geologischen Spezialkarte von Baden – Grossherzogl. bad. geol. Landesanst. u. schweiz. geol. Komm.
- SCHALCH, F. & PEYER, B. (1919) Über ein neues Rhätvorkommen im Keuper des Donau-Rhein-Zuges. – Mitt. bad. geol. Landesanst. 8, 262–315.
- SCHIEMENZ, S. (1960): Fazies und Paläogeographie der subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. – Beih. geol. Jb. 38, 1–119.
- SCHLATTER, R. (1975): Geologische und paläontologische Untersuchungen im unteren Lias des Donau-Rheinzuges und im Kanton Aargau. – Unpubl. Diplomarb. Univ. Zürich.
- (1976): Die Stufe des Lotharingium im unteren Lias des Klettgau (Kanton Schaffhausen, Schweiz). – Stuttg. Beitr. Natkd., Ser. B (Geol. u. Paläontol.) 21, 1–21.
- (1979): Die geologisch-paläontologische Sammlung des Schaffhauser Geologen Ferdinand Schalch (1848–1918). – Paläont. Z. 53, 237–247.
- (1980a): Sammlung Schalch: die erdgeschichtliche Sammlung des Schaffhauser Geologen Ferdinand Schalch (1848–1918). – Njbl. natf. Ges. Schaffhausen 32.
- (1980b): Biostratigraphie und Ammonitenfauna des Unter-Pliensbachium im Typusgebiet (Pliensbach, Holzmaden und Nürtingen; Württemberg, SW-Deutschland). – Stuttgarter Beitr. Natkd. (B) 65, 1–261.
- (1982): Zur Grenze Pliensbachian–Toarcian im Klettgau (Kanton Schaffhausen, Schweiz). – Eclogae geol. Helv. 75/3, 759–771.
- (1983): Erstnachweis des tiefsten Hettangium im Klettgau (Kanton Schaffhausen, Schweiz). – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 32, 159–175.
- (1989a): Ein geologischer Querschnitt durch den Rand von Schleithem, nach Schaffhausen bis Thayngen (Exkursion H am 30. März 1989). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 71, 149–165.
- (1989b): Erstfunde von *Xiphoceras* (Ammonoidea) aus dem Obtusus-Ton (Lotharingium) der Region Schaffhausen. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 34, 1–12.
- (1991): Biostratigraphie und Ammonitenfauna des Ober-Lotharingium und Unter-Pliensbachium im Klettgau (Kanton Schaffhausen, Schweiz) und angrenzender Gebiete. – Schweiz. paläont. Abh. 113.
- SCHLICKUM, W.R. (1964): Die Molluskenfauna der Süsbrackwassermolasse Niederbayerns. – Arch. Molluskenkd. 9, 1–70.
- SCHLÜCHTER, C (1987): Talgenese im Quartär – eine Standortbestimmung. – Geographica helv. 1987/2, 109–115.
- SCHMIDT, C. (1921): Bericht über die Salzbohrung von Wilchingen (15. Mai bis 1. August 1921) (unveröffentlichter Bericht). – Schweiz. Geol. Dokumentationsstelle (Bern) 1247.
- SCHREINER, A. (1961): Graupensandrinne, Juranagelfluth und Deckentuff im Hegau. – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. 51, 245–260.
- (1965a): Die Juranagelfluth im Hegau. – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 7, 303–354.
- (1965b): Erläuterungen zu Blatt 8219 Singen der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25 000. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- SCHREINER, A. (1966a): Zur Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse zwischen der Oberen Donau und dem Überlinger See (Baden-Württemberg). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 48, 91–104.
- (1966b): Erläuterungen zu Blatt 8118 Engen der Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25 000. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.

- SCHREINER, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000, 1. Aufl. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- (1974): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000, 2. Aufl. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- (1979): Zur risseszeitlichen Vergletscherung des Südostschwarzwaldes und der westlichen Schwäbischen Alb. (Baden-Württemberg). – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 21, 137–159.
- (1983): Erläuterungen zu Blatt 8218 Gottmadingen der Geologischen Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- (1984): Hegau und westlicher Bodensee; 2. Aufl. – Sammlung geol. Führer 62. – Borntraeger, Berlin/Stuttgart.
- (1986): Neuere Untersuchungen zur Risseszeit im Wutachgebiet (Südostschwarzwald). – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 28, 221–244.
- (1992): Erläuterungen zu Blatt Hegau und westl. Bodensee der Geologischen Karte 1:50 000 von Baden-Württemberg, 3. Aufl. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- SCHWARZ, H.-U. (1975): Sedimentary structures and facies analysis of shallow marine carbonates (Lower Muschelkalk, Middle Triassic, Southwestern Germany). – Contr. Sedimentol. 3.
- SPITZ, W. (1930): Erläuterungen zu Blatt 122 Möhringen der geologischen Spezialkarte von Baden. – Bad. geol. Landesanst.
- SULSER, H. (1989): Über die veränderliche Gehäusegestalt des *Brachiopoden Rhynchonelloidella alemanica* (ROLLIER) aus den Varians-Schichten (Bathonian) verschiedener Fundorte. – Eclogae geol. Helv. 82/3, 903–943.
- URLICHS, M. (1977): The Lower Jurassic in Southwestern Germany. – Stuttgarter Beitr. Natkd. (B), 24, 1–41.
- WANNER, C. & WANNER, H. (1985): Geschichte von Schleithem. – Gemeinde Schleithem. Überarbeitete Neuauflage, Schleithem.
- WARTH, M. (1988): Lebten die Muscheln des Schilfsandsteins (Trias, Karn, km2) im Meer? – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 70, 245–266.
- WEBER, K. (1978): Geol. Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt 7137 Abensberg. – Bayer. geol. Landesamt, München.
- WEISKIRCHNER, W. (1963): In: ENGELHARDT, W. & WEISKIRCHNER, W. (1963): Die helvetischen Tuffe des Hegaus. – Fortschr. Mineral. 40, 68.
- WIDMER, H.P. & STÄHELIN, C. (1999): Schaffhauser Tonmodel. Kleinkunst aus der Bossierer-Werkstatt Stüdlin in Lohn. – Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen.
- WURSTER, P. (1964): Geologie des Schilfsandsteins. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg 33.
- (1968): Paläogeographie der deutschen Trias und die paläogeographische Orientierung der Lettenkohle in Südwestdeutschland. – Eclogae geol. helv. 61/1, 157–166.
- ZELLER, F. (1908): Beiträge zur Kenntnis der Lettenkohle und des Keupers in Schwaben. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. 1908, Beilbd. 25, 1–134.
- ZIEGLER, B. (1977): The «White» (Upper) Jurassic in Southern Germany. – Stuttgarter Beitr. Natkd. (B), 26, 1–79.
- ZÖBELEIN, H.K. (1985): Helicidenschichten und Albstein in der miozänen Vorlandmolasse Südwestdeutschlands. – Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 27, 41–92.
- ZÖBELEIN, H.K. & FÜCHTBAUER, H. (1986): Grimmelfinger Schichten (Helvet der Vorlandmolasse) bei Manching und Ingolstadt an der Donau und ihre Beziehungen zur Nachbarschaft. – Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. 26, 137–162.

GEOLOGISCHE KARTEN

(mit Topographie)

Siehe Figur 17, p. 113

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000

Blatt 3 Zürich–Glarus, von P. CHRIST† & W. NABHOLZ, 1950.

Geologische Karte der Schweiz 1:100 000

Blatt III Liestal–Schaffhausen, von C. MOESCH, U. STUTZ, P. MERIAN & W. VOGEL-GESANG, 2. Aufl., 1876.

Blatt IV Frauenfeld–St. Gallen, von F. SCHALCH, A. GUTZWILLER & J. SCHILL, 1879.

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000 (angrenzende Blätter)

Nr. 38 Diessenhofen (LK 1032), von J. HÜBSCHER, 1961.

Nr. 74 Neunkirch (LK 1031), von F. HOFMANN, 1981.

Geologische Spezialkarten (der Schweiz)

Nr. 35 Geologische Karte des Rheinlaufes unterhalb Schaffhausen, 1:25 000, von J. HUG, 1905.

Nr. 121 Geologische Karte der zentralen Nordschweiz 1:100 000, von A. ISLER, F. PASQUIER & M. HUBER, 1984 – NAGRA und schweiz. geol. Komm.

Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100 000

[Nr. 1] Bözberg–Beromünster, von H. JÄCKLI & T. KEMPF, 1972.

[Nr. 2] Bodensee, von T. KEMPF, 1980.

Sonstige schweizerische Publikationen (seit 1890)B₁ BAUMBERGER, E. (1920): Bohnerzgebiet im Klettgau, Schaffhausen, 1:50 000. – In: BAUMBERGER, E. (1923), Taf. I, Fig. 1.B₂ BAUMBERGER, E. (1920): Karte der Erzgebiete von Lohn, Stetten und Büttenhardt, im Kanton Schaffhausen, 1:50 000. – In: BAUMBERGER, E. (1923), Taf. I, Fig. 2.

H HANTKE, R. und Mitarb. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete (2 Blätter), 1:50 000. – In: Vjschr. natf. Ges. Zürich 112/2.

HH HEIM, A. & HÜBSCHER, J. (1931): Rheinfall. Geologische Karte 1:10 000. – In: Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 10.

– HÜBSCHER, J. (1960/66): Kanton Schaffhausen, öffentliche Grundwassergebiete 1:75 000. – Kant. Baudirektion.

Sch SCHINDLER, C. (1982): Baugrunderkarte Schaffhausen 1:10 000 (2 Blätter). – In: Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 32 (1981–1985) und Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt. 74 (1985).

S₁ SUTER, H. (1926): Geologische Übersichtskarte des Kantons Zürich, 1:125 000. – Orell Füssli, Zürich.S₂ SUTER, H. (1939): Geologische Karte des Kantons Zürich und der Nachbargebiete, 1:150 000. – In: Führer durch Zürich und Umgebung. Teil III: Geologie von Zürich, einschliesslich seines Exkursionsgebietes, (Leemann, Zürich).

Geologische Spezialkarte des Grossherzogtums Baden / Geologische Spezialkarte von Baden 1:25 000

- Nr. 119* Neustadt, von F. SCHALCH, 1903 (2. Ausg. 1985 = *Blatt 8015* Titisee-Neustadt).
Nr. 120 Donaueschingen, von F. SCHALCH, 1904 (2. Ausg. 1984 = *Blatt 8016*).
Nr. 121 Geisingen, von F. SCHALCH, 1909 (2. Ausg. 1984 = *Blatt 8017*).
Nr. 122 Möhringen, von W. SPITZ, 1925.
Nr. 132 Bonndorf, von F. SCHALCH, 1906 (2. Ausg. 1984 = *Blatt 8116* Löffingen).
Nr. 133 Blumberg, von F. SCHALCH, 1908 (2. Ausg. 1984 = *Blatt 8117*).
Nr. 144 Stühlingen, von F. SCHALCH, 1912 (2. Ausg. 1984 = *Blatt 8216*).
Nr. 145 Wiechs-Schaffhausen, von F. SCHALCH, 1914.
Nr. 146 Hilzingen, von L. ERB, 1930.
Nr. 157 Griessen, von F. SCHALCH, 1922 (2. Ausg. 1985 = *Blatt 8316* Klettgau).
Nr. 158 Jestetten-Schaffhausen, von F. SCHALCH, & K. GÖHRINGER, 1921 (Ausg. 1998* = *Blatt 8317/8417* Jestetten).

* = Vorläufige bzw. Aktualisierte Ausgabe

Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000

- Blatt 8019* Neuhausen ob Eck, von A. SCHREINER, 1979.
Blatt 8115 Lenzkirch, von V. BANGERT, 1992.
Blatt 8118 Engen, von A. SCHREINER, 1966.
Blatt 8119 Eigeltingen, von H. TOBIEN & A. SCHREINER, 1978.
Blatt 8215 Ühlingen-Birkendorf, von G. SAWATZKI, 1990* (2. Ausg. 1997*).
Blatt 8218 Gottmadingen, von A. SCHREINER, 1983 (3. Ausg. 1995).
Blatt 8219 Singen, von A. SCHREINER, 1973.
Blatt 8315 Waldshut-Tiengen, von G. SAWATZKI, 1990* (2. Ausg. 1997*).
8316/8416 Klettgau-Hohentengen am Hochrhein, von W. BAUSCH & T. SCHOBER, 1998.
Blatt 8318 Gailingen, von C. SZENKLER, 1997*.
Blatt 8319 Öhningen, von W. FREY, 1996*.

* = Vorläufige bzw. Aktualisierte Ausgabe

Geologische Übersichtskarte 1:200 000 (Bundesrepublik Deutschland)

- CC 8718 Konstanz, von A. SCHREINER, A. ZIZMANN, G. OTT & R. OBERHAUSER, 1991.

Sonstige deutsche Publikationen

- S SCHREINER, A. et al. (1992): Geologische Karte Hegau und westlicher Bodensee 1:50 000. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
 – Geologische Übersichtskarte von Südwestdeutschland, 1:600 000, 1954. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
 – Geologische Spezialkarte von Baden-Württemberg, 1:200 000: Blatt 3, 1962. – Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
 MS MÄUSSNEST, O. & SCHREINER, A. (1982): Karte der Vorkommen von Vulkangesteinen im Hegau, 1:50 000. – Abh. Geol. Landesamt Bad.-Württemb. 10.

Schweizerische topographische Grundlage

- 1011–1012 }
 1031–1032 } Blätter der Landeskarte der Schweiz 1:25 000

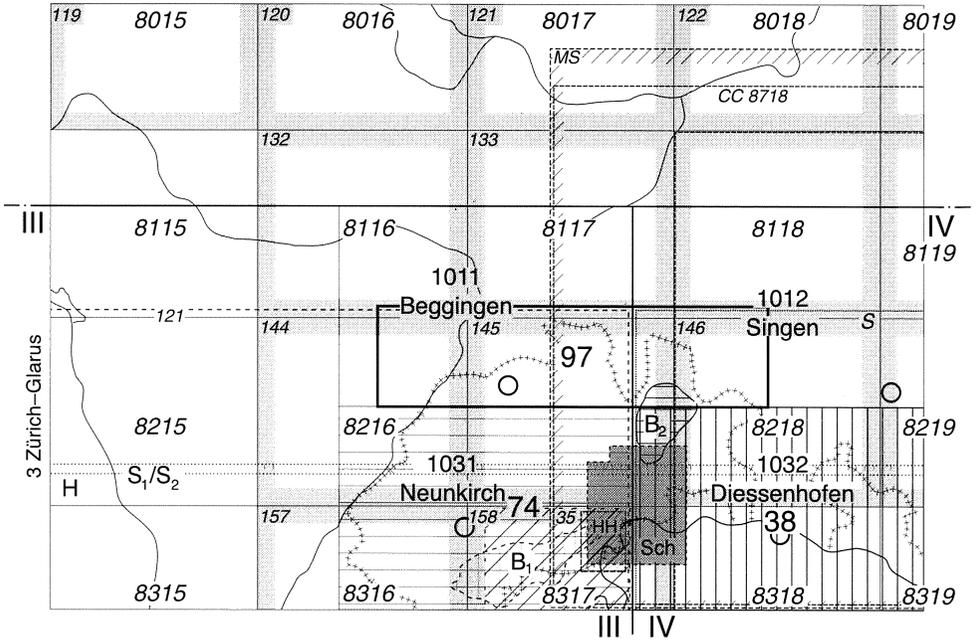


Fig. 17: Verteilung der geologischen Karten.