

Am Rand des Ozeans : das Jurameer

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **72 (2020)**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Interessanterweise wurden gemäss Hübscher (1947–1948) die «Rätschichten» von Hallau einst von einer «Düngerfabrik aus dem Waadtland» auf den Phosphorgehalt untersucht, jedoch ohne für einen Abbau ausreichend hohe Konzentrationen nachweisen zu können.

Die ursprünglich rein auf lithologischen Kriterien abgestützte Zuordnung ins «Rhät» (oberste Stufe der Trias) konnte zunächst nicht bestätigt werden. Die genaue Datierung der entsprechenden Schichten gestaltet sich schwierig: Die palynologischen Analysen (Analyse fossiler Pollen) von Achilles and Schlatter (1986) deuten auf ein leicht höheres Alter hin, so dass das «Rhät-Bonebed» aus Hallau eben nicht ins Rhät sondern in die nächst ältere Stufe, ins Nor zu stellen wäre. In einer regionalen Übersicht über die palynologische Biostratigraphie der Nordschweiz konnte jedoch das Rhät in entsprechenden Profilen durchaus nachgewiesen werden (Schneebeili-Hermann et al., 2018). Das Rhät wurde auch in der Bohrung Benken anhand von fossilen Pollen und Sporen in dunklen Tonsteinen mit Muschelabdrücken eindeutig nachgewiesen. Es ist das erste Anzeichen des Meeressvorstosses von Norden her. Erste tektonische Bewegungen, die letztlich zur Bildung des Nordatlantiks führen sollten, läuteten eine neue Ära ein.

5. Am Rand des Ozeans: Das Jurameer

Der Übergang von der Trias in den Jura ist in unserer Gegend generell mit einer Schichtlücke dokumentiert: Zwischen dem «oberen Mittelkeuper» und der «Pylonotum-Zone» des untersten Jura (Schlatter, 1983) fehlen Ablagerungen. Es zeichnet sich ein deutlicher Wechsel ab, denn unter dem Einfluss eines steigenden Meeresspiegels etablieren sich mit dem Jurazeitalter bei uns stabil marine Bedingungen: Während der nächsten rund 50 Millionen Jahre lag die Region Schaffhausen im Meer, und zwar sowohl unter dem Einfluss des Ozeans im Süden (Tethys), als auch unter jenem des Nordmeers (Borealis) (Abb. 41).

5.1 Der Untere Jura: Starker Einfluss des nahen Festlandes

Sandige Einlagerungen zeigen aber an, dass zunächst auf nahegelegenen Festländern (Böhmisch-Vindelizisches Festland) nach wie vor Kristallingesteine abgetragen wurden. Dadurch gelangte auch sehr viel Ton in die Meeresablagerungen, der die Sedimente dunkelgrau bis schwarz färbt. In Mitteleu-

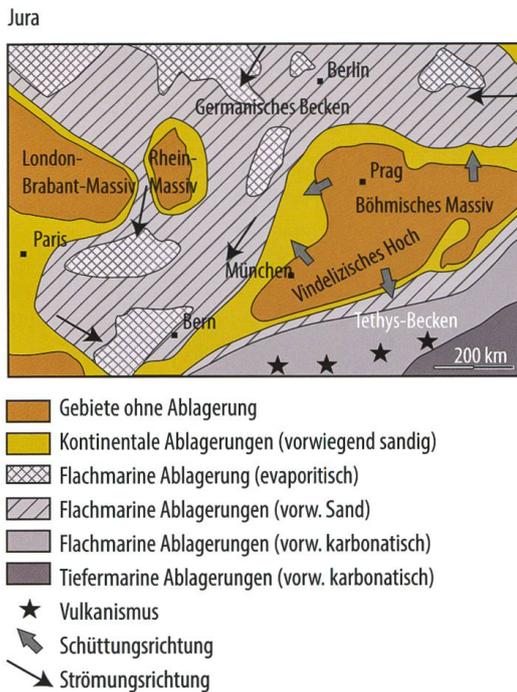


Abb. 41: Paläogeographie im Jura

delte. Er wurde zu Ehren seines Fundortes (Hallau) als *Plesiastropecten hallovensis* beschrieben (Peyer, 1944).

ropa trägt daher der «Untere Jura» bzw. «Lias» auch die Bezeichnung «Schwarzer Jura».

Die unterste Einheit der **Staffelegg-Formation**, das **Schambelen-Member**, setzt über einer Erosionsfläche ein und ist ein dunkelgrauer bis schwarzer Tonstein («Schweichel» oder «Insektenmergel»), offensichtlich abgelagert in sehr flachem Wasser. In der erwähnten Grabung von 1942 in Hallau wurden auch diese Sedimente untersucht. Dabei wurden spektakuläre Reste von Stachelhäutern (Echinodermen) gemacht: Schlangensterne, eine Seelilie und ein Seestern, bei dem es sich um eine für die Wissenschaft neue Art handelte.

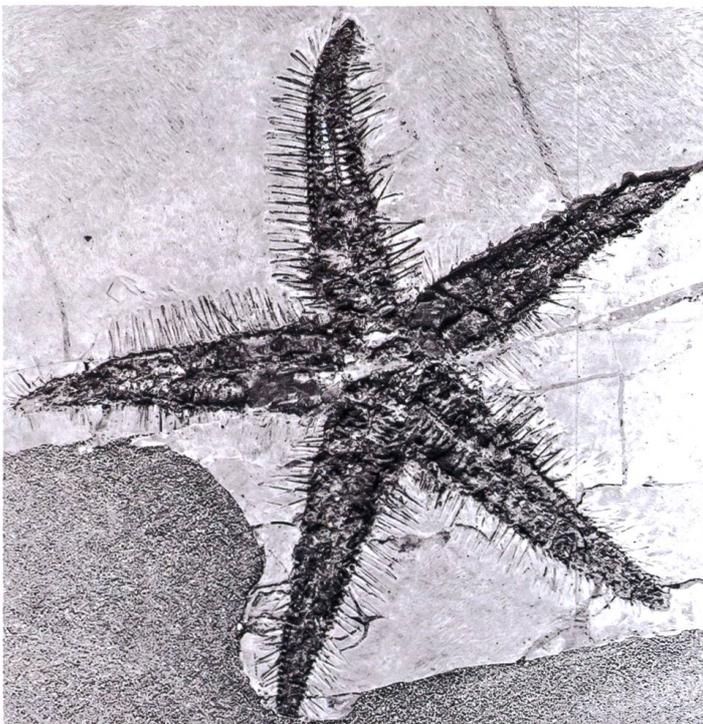


Abb. 42: Abbildung des *Plesiastropecten hallovensis* aus der Originalpublikation von Peyer (1944). Aus dem Schambelen-Member (Schweichel) der Angulatuszone des Unteren Juras von Hallau. Durchmesser ca. 12 cm.

Trotz nach wie vor hohem Einfluss der Festländer werden aber auch Karbonate, also Kalkgesteine, zunehmend wichtiger. Die «Angulaten- und Arienkalk» (**Beggingen-Member** der **Staffelegg-Formation**, Reisdorf et al., 2011) sind Kalksandsteine, die vor allem aus Quarzsand, Tonmineralien, Echinodermen- und Muschelfragmenten bestehen, mit geringmächtigen Zwischenlagen von Ton- und Siltsteinen (Mächtigkeit rund 3 m). Der enorme Fossilreichtum sowie die intensive Bioturbation (Durchwühlung durch Organismen) bezeugen ein von Leben erfülltes Milieu. Das Vorkommen von Phosphorit in diesen Gesteinen deutet zudem auf einen hohen Nährstoffgehalt hin. Diese Gesteine sind unter Sammlern wegen der häufigen Fossilien sehr beliebt, da sie u.a. grosswüchsige Ammoniten enthalten (Abb. 43). Doch auch Muscheln (*Cardinia*, *Plagiostoma* und *Gryphaea arcuata*, s.u., Abb. 45) treten sehr häufig auf. Ein eigentlicher Aufschluss für Sammler in diesen Schichten besteht auf dem Oberhallauerberg («Rummele»).



Abb. 43: Grosswüchsige Ammoniten aus der Gruppe der Arietiten (Unterfamilie Arietitinae) mit Durchmessern bis weit über 50 cm sind charakteristisch für das Beggingen-Member und damit auch für die Region Schaffhausen. Gelegentlich findet man sie als «Wandschmuck» eingemauert bei Bauernhäusern oder wie hier in der Fassade des Museums Stemmler.

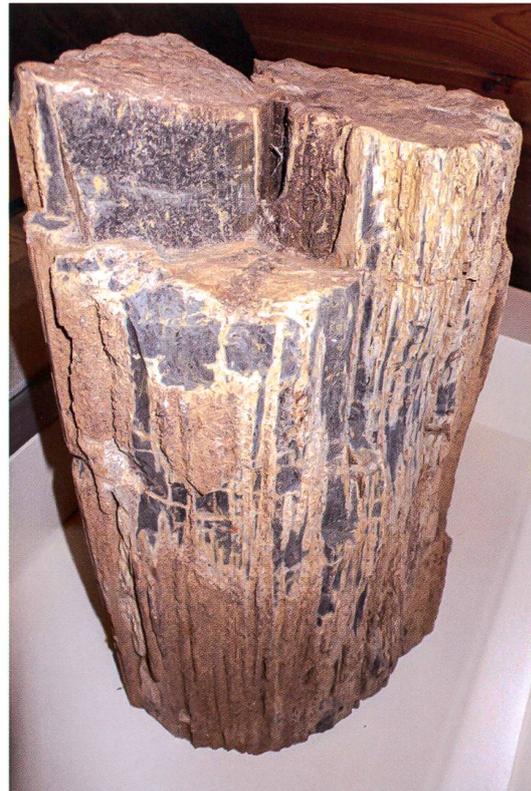


Abb. 44: Fossile bzw. verkieselte Hölzer aus dem Beggingen-Member zeugen von der Nähe der Festlandes. Es handelt sich vermutlich um den Rest des Stammes einer Araukarie. Museum zu Allerheiligen, Fundort Beggingen.

Auf manchen Feldern und Rebhängen zum Beispiel in Gächlingen, Hallau oder Oberhallau fällt das häufige Auftreten der Greifenmuschel (*Gryphaea arcuata*) auf. Diese «aberrante» Verwandte der Auster zeichnet sich durch eine besondere Entwicklung aus: während die Jungtiere auf einem harten Substrat (Stein, Muschelschale o. ä.) festgewachsen sind, leben Alttiere halb eingegraben im weichen Sediment. Ihr massenhaftes Vorkommen deutet darauf hin, dass beide Substrate im Beggingen-Member vorhanden waren. Mit einer gewissen Regelmässigkeit werden in diesen Schichten auch Reste von Wirbeltieren gefunden. Insbesondere kann dabei auf den von der Kantonsschule Schaffhausen ausgegrabenen Schwanz eines grossen Ichthyosauriers hingewiesen werden (Früh, 1959–1962). Dieser Skelettrest ist heute im Museum zu Allerheiligen ausgestellt.

Das Meer wurde im Verlauf des Unteren Jura zunehmend tiefer. Der «Obtusus-Ton» (**Frick-Member**, ca. 10 m mächtig) stellt eine monotone Abfolge siltiger Tonsteine dar. Makroskopisch erkennbare Fossilien sind selten, aber gelegentlich pyritisiert erhalten. Dünne Lagen von feinkörnigem Sandstein und Lagen von Pyrit/Markasit sowie tonige, eisenhaltige Konkretionen können auftreten. Am Raa in Beggingen war diese Abfolge vor einigen Jahren noch zugänglich; heute sind nur noch die überlagernden «Obliqua-Schichten» (Grünschholz-Member) aufgeschlossen; knollige, phosphoritreiche Kalksandsteine. Es folgt eine Zeit der Mangelsedimentation («Numismalis-» und «Amaltheenschichten»; **Breitenmatt-Member** und **Rickenbach-Member**), vermutlich unter der Wellenbasis. Mangelsedimentation heisst, dass über vergleichsweise lange Zeiträume nur wenig abgelagert wurde. Sofern gar keine Sedimentation stattfand, konnten sich sogenannte Hartgründe («Hardgrounds») bilden, also krustige Lagen mit einer starken Verfestigung durch



Abb. 45: *Gryphaea* ist eine ausgestorbene, mit den Austern verwandte Muschelgattung. Bei uns wird sie versteinert häufig in den Schichten des Unteren Juras gefunden. Die dickwandige linke Klappe ist stark gebogen, die rechte Klappe deckelförmig. Beim adulten Tier war die gebogene linke Klappe im Substrat des Meeressediments vergraben, während die rechte Klappe sich öffnete, um Nahrung aus dem Wasser zu filtrieren. Durch die Krümmung der linken Klappe wurde verhindert, dass Substrat angesaugt wurde. Exemplar aus Gächlingen, Länge 7 cm.

Kalkzemente. Typisch in dieser Phase sind einzelne «Belemniten Schlachtfelder», also Massenauftreten von zusammengeschwemmten Belemnitenrostren (Abb. 46). Diese Einheiten sind generell schlecht aufgeschlossen.

Der darüberliegende «Posidonienschiefer» (**Rietheim-Member**, ca. 7 m mächtig, jedoch stark schwankend) ist ein bituminöser, feingeschichteter



Abb. 46: Belemniten sind ähnlich wie Ammoniten Reste von Kopffüßern, also ausgestorbene Verwandte der heutigen Tintenfische. Sie treten in gewissen Schichten in riesiger Zahl auf, da sie durch Strömung zusammengeschwemmt wurden.

Tonmergel. Da dieser Tonmergel in verwittertem Zustand in dünne, kartonartige Blätter zerfällt, gab man ihm den Namen «schistes-carton», also «Kartonschiefer». Eingeschaltete laminierte Kalkbänke stinken beim Anschlagen mit dem Hammer auffallend nach Bitumen; daher der landläufige Name «Stinkkalk». Das Rietheim-Member wurde in einem Meeresbecken abgelagert, dessen Tiefenwasser aufgrund von submarinen Schwellen nicht wie das Oberflächenwasser mit dem offenen Ozean in Verbindung stand. In diesem tieferen Wasser entwickelte sich unter dem Einfluss des warmen Klimas (26° mittlere Wassertemperatur) und

der reichen biologischen Aktivität (Plankton) möglicherweise saisonal eine Sauerstoffuntersättigung. Organisches Material wurde nicht vollständig abgebaut, sondern in Form von Faulschlamm sedimentiert. Die Erhaltung der feinen Schichtung zeigt, dass grabende oder wühlende Bodenlebewesen, die die Schichtung durchmischen hätten, über lange Zeiträume kaum vorhanden waren. Tierleichen blieben unbehelligt am Boden liegen und wurden im Sediment eingebettet. In Süddeutschland sind diese Schichten viel mächtiger als in der Region Schaffhausen und dank unzähliger spektakulärer Fossilien beispielsweise von Fischeosauriern weltberühmt (Holzmaden, Doggernhausen). Die «Posidonienschiefer» gehen in knollige Kalkbänke der «Jurensis-Schichten» mit ihren zahlreichen Ammoniten und Belemniten über. Die unregelmässigen harten Knollen («Knauer») bilden sich oft um organisches Material, bei dessen Abbau durch chemische Prozesse Karbonate verstärkt auskristallisieren konnten.

5.2 Der Mittlere Jura: Von Tonstein, Kalk und Eisenerz

In der folgenden Zeit bildete sich in der Region des Pariser Beckens eine Karbonatplattform. Diese drang zwar bis in die Schweiz vor, jedoch nur bis maximal in das Gebiet westlich der Aare. Östlich davon war das Wasser stets tiefer, die Sedimente blieben mergeliger und toniger. Man spricht von der keltischen (Westen) und der schwäbischen (Osten) Fazies; die Sedimente in der Region Schaffhausen werden also der schwäbischen Fazies zugerechnet. Die älteste Einheit des Mittleren Juras («Brauner Jura») ist der rund 100 m mächtige Opalinuston (**Opalinuston-Formation**), eigentlich sedimentologisch die Fortsetzung des Unteren Jura: eine recht monotone Abfolge von dunkelgrau-schwarzen Tonsteinen mit wenigen dünnen sandigen Sturmablagerungen (Wetzler und Allia, 2003). Er verdankt seinen Namen dem darin auftretenden Leitfossil *Leioceras opalinum* (Abb. 47). Die Sedimentation scheint

Karbonatfabriken der Meere

Kalksteine sind nicht nur bei uns enorm häufig. Erstaunlicherweise sind sie in der Regel nicht rein chemisch gebildet worden, sondern in den allermeisten Fällen auf die Tätigkeit von Organismen zurückzuführen. Kalksteine bestehen also in der Regel aus zerriebenen Skeletten von beispielsweise Kalkalgen, Muscheln, Schnecken, Korallen oder Stachelhäutern. Karbonat (in diesem Fall Calciumkarbonat oder Kalk) produzierende Organismen sind meist an flaches Wasser gebunden, so dass die Produktionsrate von Kalk im flachsten Wasser am höchsten ist. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sie wie die Korallen in Symbiose mit Algen leben, die Licht benötigen. So können sich unter dem Einfluss von steigendem Meeresspiegel bzw. absinkendem Meeresboden und bei (sub-) tropischem Klima Flachwasserbereiche bilden, die mit dem Meeresspiegel mithalten können, während der Meeresboden ringsherum in grössere Tiefen versinkt. Es bildet sich eine Karbonatplattform. Heute kann man diesen Prozess beispielsweise auf den Bahamas beobachten. Es werden in diesen Gebieten enorme Mächtigkeiten von biologisch gebildetem («biogenem») Kalk abgelagert. Wenn die Produktion von Kalk den Anstieg des Meeresspiegels übersteigt, kann die Karbonatplattform sich auch in die umliegenden Tiefwasserbereiche ausbreiten und dadurch auch flächenmässig wachsen.



Abb. 47: *Leioceras opalinum*, der für den «Opalinuston» namengebende Ammonit. Sammlung Schalch, Museum zu Allerheiligen.



Abb. 48: Tongrube Birchbühl; Abbaustelle im Opalinuston, ein Rohstoff für die Ziegeleiindustrie. Die Grube wird wieder aufgefüllt mit sogenanntem «Inertstoff», also mehrheitlich Bauschutt, der nicht anders verwertet werden kann.

stark durch tektonische Aktivität an Störungsflächen kontrolliert worden zu sein, die die Nordschweiz in unterschiedlich tiefe Becken gliederte. Die Absenkung war vermutlich recht hoch, wogegen die Arbeiten von Alia (1996) auf eine Ablagerungstiefe von lediglich 30–50 m hindeuten.

Der Opalinuston spielt aufgrund seiner mineralogischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften bei der Schweizer Suche nach einem Tiefenlager für radioaktive Abfälle eine prominente Rolle. Seine Fähigkeit, gewisse Isotope zurückzuhalten, seine geringe Wasserdurchlässigkeit und seine Eigenschaft, wassergängige Risse aufgrund von Quellprozessen schnell wieder dicht zu verschliessen, zeichnen ihn als mögliches Wirtgestein für diese Abfälle besonders aus. Natürlich ist er auch ein willkommenes Gestein für die Einlagerung «konventioneller» Abfälle (Abb. 48). So wurde beispielsweise die Deponie Pflumm in Gächlingen aus genau diesem Grund ebenfalls im Opalinuston angelegt.

Über dem Opalinuston folgen die in der Region Schaffhausen aber vom Opalinuston nicht unterscheidbaren «Murchisonaeschichten» (17 m mächtig, Abb. 49). Darüber folgt eine rund 30 m mächtige Abfolge von sandigen Mergeln und Kalksandsteinen. Schöne, wedelförmige Grabspuren von Würmern (Zoophycos) verhalfen dem «Wedelsandstein»

(**Wedelsandstein-Formation**) zu seinem Namen. Es folgt eine Serie von abwechslungs- und fossilreichen tonig-sandigen Schichten (Humphriesi-, Blagdeni-, Subfurcaten-, Parkinsonia-Württembergica-, Varians-, Macrocephalus- und Anceps-Athleta-Schichten). Diese ganze Serie ist einerseits durchsetzt von Hartgründen, also Zeiten mit sehr reduzierter Sedimentation, und andererseits charakterisiert durch eine starke Anreicherung von Eisen.

Eisenoole, kleine Kügelchen aus Tonmineralien und Eisenhydroxiden, treten teilweise gesteinsbildend auf. Das Eisen verleiht dem Gestein



Abb. 50: Gestein mit Eisenooiden, sogenannter Eisenoolith, war andernorts ein wichtiges Eisenerz. Er wird immer wieder verwechselt mit dem Bohnerz. Es handelt sich aber um eine ganz andere Bildung, die Eisenoole (kleine Kügelchen) sind viel kleiner als die Erbsen des Bohnerzes. Sammlung Franz Hofmann, Fundort Osterfingen, Museum zu Allerheiligen.



Abb. 49: *Ludwigia* - ein charakteristischer Ammonit der «Murchisonae-Schichten» des Wutach-Gebietes. Sammlung Schalch, Museum zu Allerheiligen.

die typisch rot-braune Färbung, die dem Mittleren Jura auch zur Bezeichnung «Brauner Jura» verholfen hat. Im Gegensatz zu zeitäquivalenten Schichten im Kanton Aargau ist die ganze Serie in der Region Schaffhausen sehr reich an Ton (siehe Seite 41). Diese Schichten sind sehr verwitterungsanfällig und daher bei uns generell schlecht aufgeschlossen. Ein klassisches Profil befindet sich jedoch am Westabhang des Eichberges

bei Blumberg, wo 1966 ein Bergsturz die entsprechenden Schichten freigelegt hat (Hahn, 1971). Manchmal werden zum Beispiel beim Bau von Waldstrassen diese aufgrund ihres Fossilreichtums bei Sammlern sehr beliebten Schichten angeschnitten: Ammoniten, Belemniten, Seeigel und Seelilienstielglieder sind in einzelnen Lagen häufig zu finden.

Die jüngsten Schichten des Mittleren Juras hatten jedoch auch wirtschaftliche Bedeutung: In Blumberg wurden eisenreiche Schichten (Macrocephalus-Schichten; in der Schweiz: **Bözen-Member**) während des Zweiten Weltkrieges als Eisenerz ausgebeutet. Im Fricktal (Herznach-Wölflinswil) wurde entsprechendes Material bis in die 1960er Jahre in einem Bergwerk abgebaut (Jeannot, 1951). Auch in Schaffhausen gab es Untersuchungen, die jedoch zeigten, dass die ergiebigen Schichten rasch nach Süden auskeilen und daher auf dem Gebiet des Kantons Schaffhausen zu wenig mächtig sind (Hübscher,

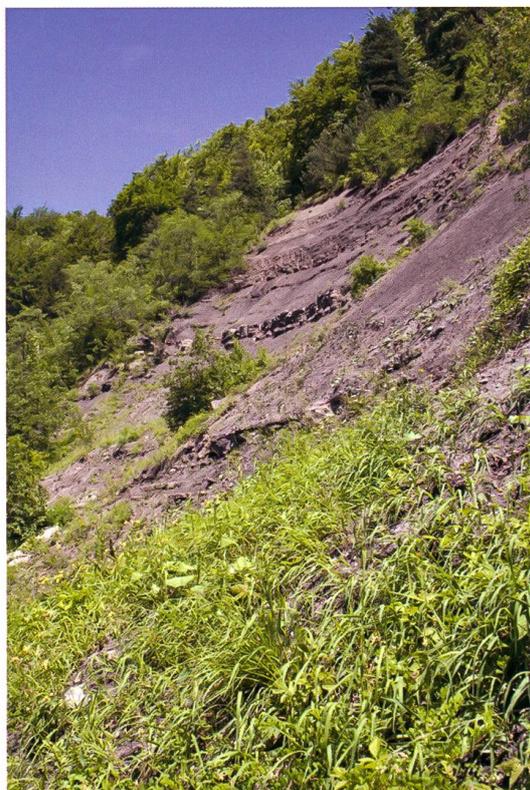


Abb. 51: Durch den hohen Tongehalt sind die Gesteine des Mittleren Juras bei uns sehr weich und verwitterungsanfällig. Es gibt daher nur wenige Stellen, an denen sie im Detail untersucht werden können. Eine dieser Stellen ist der Eichberg bei Blumberg, wo ein Bergsturz vor Jahrzehnten die entsprechenden Schichten freilegte.

1947–1948). Im Mittelalter wurden diese Eisenerze insbesondere im Durachtal ausgebeutet und in lokalen Rennöfen verhüttet (Bänteli et al., 2000).

Die Frage, warum es in diesen Schichten zu einer derart beachtlichen Häufung von eisenreichen Sedimenten kam, ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (z. B. Gehring, 1986). Dies hängt einerseits mit der tropischen (lateritischen) Verwitterung auf den umliegenden Festländern zusammen. Das Eisen wurde an Tonmineralien gebunden (adsorbiert) in das offene Meer transportiert und schliesslich abgelagert. Andererseits wurde das Eisen in einem Milieu mit geringen Sedimentationsraten (zum Beispiel auf lokalen Hochzonen) durch Auflösungs- und Fällungsprozesse im Sediment und unter Sauerstoffmangel, sowie durch wiederholte Erosion und Sedimentation aufkonzentriert. Es lassen sich

eigentliche, durch Schwankungen des Meeresspiegels angetriebene Zyklen erkennen, wobei vor allem bei tiefem Meeresspiegel die höchste Konzentration von Eisen zu beobachten ist.

5.3 Reine Kalke und Schwammriffe

Am Übergang zum Späten Jura veränderte sich die paläogeographische Situation in Mitteleuropa. Im Norden bildete sich eine Schwelle (Brabanter und Rheinisches Massiv), im Süden öffnete sich der Zugang zum offenen, warmen Ozean der Tethys. Der Einfluss des vom Festland eingeschwemmten Materials wie Sand und Ton («terrigenes Material») geht zurück, die Produktion von Kalk nimmt zu. Insgesamt findet daher ein Farbumschwung der Gesteine vom «Braun» des Mittleren Juras zum «Weiss» des Späten Juras statt. Am Anfang dieser Entwicklung stehen die «Glaukonitsandmergel» (10–15 m mächtig). Glaukonit ist ein häufiges, grünliches Mineral, das sich am Meeresboden bildet, oft bei steigendem Meeresspiegel. Es folgen zunächst Tonmergel-Gesteine mit kalkigen Einlagerungen («Impressa-Mergel» bzw. **Effingen-Member** [43–49 m], **Hornbuck-Member** [10 m]), in denen fossile Schwämme, die für den Späten Jura in unserer Gegend so typisch sind, zunehmend häufiger werden. Die Schichten des Hornbuck-Members gehen in die «Wohlgeschichteten Kalke» (**Villigen-Formation**, 90 m) über. Dies sind sehr feinkörnige (mikritische), regelmässig geschichtete und häufig fossilarme Kalkbänke mit feinen mergeligen Zwischenlagen. Die Wassertiefe wird auf wenige Dutzend Meter geschätzt. Sie sind für einen Grossteil der auf dem Randen zu beobachtenden Steilstufen verantwortlich. Darüber folgen mit den «Mittleren Malmmergeln» (**Schwarzbach-Formation**, 14–30 m) noch einmal etwas tonigere Schichten bzw. eine Wechsellagerung von Kalkmergel und tonigen Kalken. Diese grauen Schichten sind ausgesprochen reich an fossilen Schwämmen, Ammoniten,



Abb. 52: Die Grenze zwischen Mittlerem und Oberem Jura ist im Feld sehr unscheinbar und, da meist stark verwittert, selten gut zu beobachten.

tion von Kalk nimmt zu. Insgesamt findet daher ein Farbumschwung der Gesteine vom «Braun» des Mittleren Juras zum «Weiss» des Späten Juras statt. Am Anfang dieser Entwicklung stehen die «Glaukonitsandmergel» (10–15 m mächtig). Glaukonit ist ein häufiges, grünliches Mineral, das sich am Meeresboden bildet, oft bei steigendem Meeresspiegel. Es folgen zunächst Tonmergel-Gesteine mit kalkigen Einlagerungen («Impressa-Mergel» bzw. **Effingen-Member** [43–49 m], **Hornbuck-Member** [10 m]), in denen fossile Schwämme, die für den Späten Jura in unserer Gegend so typisch sind, zunehmend häufiger werden. Die Schichten des Hornbuck-Members gehen in die «Wohlgeschichteten Kalke» (**Villi-**

gen-Formation, 90 m) über. Dies sind sehr feinkörnige (mikritische), regelmässig geschichtete und häufig fossilarme Kalkbänke mit feinen mergeligen Zwischenlagen. Die Wassertiefe wird auf wenige Dutzend Meter geschätzt. Sie sind für einen Grossteil der auf dem Randen zu beobachtenden Steilstufen verantwortlich. Darüber folgen mit den «Mittleren Malmmergeln» (**Schwarzbach-Formation**, 14–30 m) noch einmal etwas tonigere Schichten bzw. eine Wechsellagerung von Kalkmergel und tonigen Kalken. Diese grauen Schichten sind ausgesprochen reich an fossilen Schwämmen, Ammoniten,

Belemniten, Seeigeln, Seelilienresten, Brachiopoden und Muscheln (Abb. 53, 54, 55 und 57). Dank des Tongehaltes der Schichten lassen sich die Fossilien einfach aus dem Gestein isolieren. Diese Mergel stellen einen Grossteil der berühmten Fossilfundstellen der Region Schaffhausen (z. B. Hemmental, Orserental). In der Region Thayngen wurden aus diesen Schichten Reste eines Meereskrokodils geborgen. Sorgfältige Aufsammlungen von Ammoniten erlauben durchaus feinstratigraphische Analysen (Moor, 2009). Gygi (1986) schätzt die Wassertiefe aufgrund der Fossilien auf rund 120 m.

Wegen des hohen Tongehaltes ist die Schwarzbach-Formation ein Stauhorizont, der die Karstwässer des Oberen Juras in ein unteres und ein oberes Stockwerk unterteilt. In der Formation und an ihrer Obergrenze treten zahlreiche Quellen aus.

Über der Schwarzbach-Formation folgen einerseits die «Quaderkalke» (35–40 m) mit überliegenden Setatus-Subeumela-Schichten (30 m), andererseits die «Massenkalke» (Teil der **Oberen Felsenkalke-Formation**; Abb. 56 und 59). Diese unterschieden sich weniger durch ihre stratigraphische Stellung, als durch ihren inneren Aufbau und gehen teilweise auch seitlich ineinander über. Die Wassertiefe dürfte erneut abgenommen haben. Grosse Schwamm-Mikroben-Riffe bildeten sich in grosser Zahl am Meeresgrund, und zwar in einer Meerestiefe, die sicherlich grösser war als bei heutigen Korallenriffen



Abb. 53: Fossiler Schwamm (*Cnemidastrium*) aus den Schwarzbach-Schichten des Orserentales



Abb. 54: Das kieselige, also aus SiO_2 bestehende Skelett der Kieselschwämme ist in der Regel nicht erhalten. Die Kieselsäure wurde normalerweise im Prozess der Diagenese gelöst und abtransportiert (siehe Abb. 3). Wenn das kieselige Skelett aber erhalten blieb, kann es mit Säure freipräpariert werden. Das abgebildete Beispiel stammt aus entsprechenden Schichten aus dem Kanton Aargau (Villiger Geissberg).



Abb. 55: Manchmal erlauben einzelne Schwämme Einblicke in die Vielfalt des damaligen Ökosystems. Hier (in der Mitte) ein Kalkröhrenwurm, der neben Bryozoen und anderen Organismen auf der Unterseite eines Schwammes aufgewachsen ist (Durchmesser der Spirale des Röhrenwurmes: ca. 2.5 mm, Fundort Orserental)



Abb. 56: Massenkalkfazies im Felsetäali in Schaffhausen. Im obersten Teil der Felsen ist der Übergang in die geschichteten Plattenkalke zu beobachten.



Abb. 57: Fossilien aus der Schwarzbach-Formation sind sehr häufig und innert kürzester Zeit findet man Ammoniten, Brachiopoden und Schwämme, sowie (hier nicht sichtbar) Belemniten, Seeigelstacheln und Seelilienstielglieder.

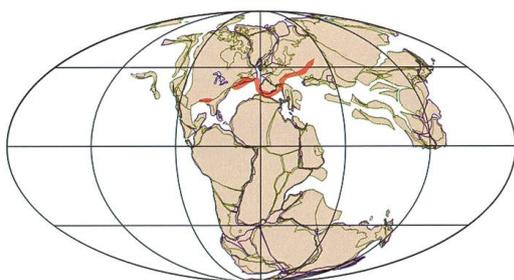
(Leinfelder, 2001; Leinfelder et al., 2002). Sie sind der Ursprung der ungeschichteten Massenkalkvorkommen, die das Bild der Landschaft heute stark prägen (zum Beispiel Rheinflussfelsen, Felsetäali, Kurz- und Langloch, Steinbruch Wippel bei Thayngen). In diesen Körpern sind die Schwämme heute oft kaum noch zu erkennen; diagenetische Prozesse während der Gesteinsbildung zerstörten die inneren Strukturen fast vollständig. Der Massenkalk verwittert löchrig, und er tendiert zur Höhlenbildung. Die archäologisch be-

deutsamen Höhlen vom Chesslerloch und vom Cherzenstübli sind Beispiele dafür.

Zwischen den Schwammriffen bildete feiner Kalkschlamm den regelmässigen, dickbankigen und in der Regel fossilarmen Quaderkalk. Nicht selten sind in ihm Lagen mit Feuersteinknollen zu erkennen (z. B. zwischen Lohn und Opfertshofen oder die jungsteinzeitlich ausgebeuteten Feuersteinvorkommen von Büntenhardt). Das Siliziumoxid, das die Feuersteinknollen aufbaut, dürfte nicht primär abgelagert worden sein, sondern aus den andernorts gelösten Nadeln und Skelettelementen der Kieselschwämme stammen. Massenkalk und Quaderkalk bilden über den tieferliegenden Kalken der Villigen-Formation die zweite Serie von prominenten Felsstufen in der Landschaft des Randens und des Südrandens.

Schwammriffe waren im Späten Jura ausserordentlich weit verbreitet (Abb. 58). Die Schwämme, vorwiegend die durch ein Kieselsäureskelett charakterisierten Kieselschwämme, erlebten eine enorme Blütezeit; ihre Riffkörper breiteten sich entlang der gesamten nördlichen Tethys aus, so dass wir ähnliche Riffbildungen heute von Nordamerika über Portugal, Spanien und Deutschland bis nach Rumänien beobachten können. Kieselschwämme spielen demgegenüber in den heutigen Meeren nur noch eine sehr untergeordnete Rolle. Man hat jedoch vor einigen Jahren durch Kieselschwämme aufgebaute Tiefwasserriffe vor der Küste Kanadas nachgewiesen; deren Lebensraum dürfte jedoch nicht mit jenem des Späten Juras vergleichbar sein (Conway et al., 2001). Dennoch ist die genaue Rekonstruktion der Lebensräume der jurassischen

Kieselschwämme schwierig und im Detail auch heute noch umstritten (Leinfelder, 2001; Leinfelder et al., 2002).



150 Millionen Jahre

Abb. 58: Ausdehnung der jurassischen Schwammriffe am Nordrand der Tethys während der Späten Jurazeit. Es handelte sich bei dem Band jedoch nicht um ein zusammenhängendes Barriereriff, sondern um zahlreiche kleinere und grössere Riffkörper.

«Setatus-Subeumela-Schichten» und «Massenkalk» gehen nach oben in die «Plattenkalke» (ca. 30 m, im Südosten bis 60 m) über: dünnebankte, plattige Kalke mit mergeligen Zwischenlagen (Abb. 59). Dieser Wechsel erfolgte nicht überall gleichzeitig, denn an einzelnen Stellen kann man beobachten, wie auch der Plattenkalk seitlich noch in die Massenkalkfazies übergeht. Weiter im Norden wurde

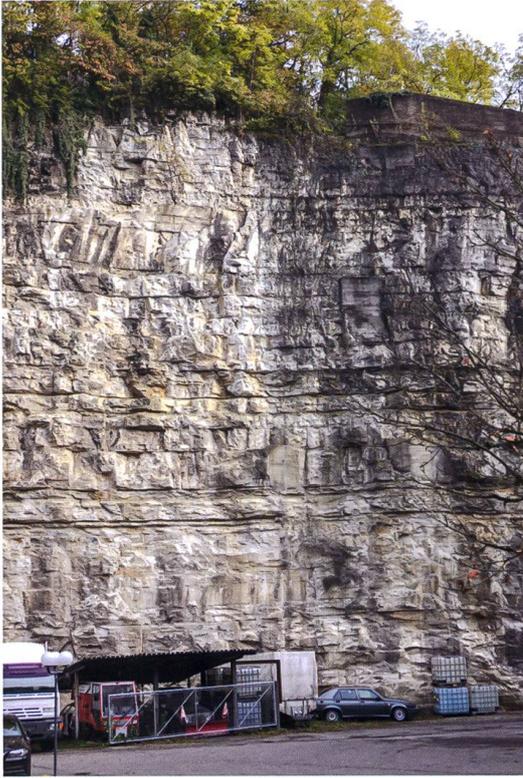


Abb. 59: Die «Plattenkalke» sind im Mühlental der Stadt Schaffhausen in Form von hohen Felswänden eindrücklich aufgeschlossen.

gleichzeitig in beinahe vollständig abgeschlossenen Lagunen der für seine Fossilien und den ikonischen *Archaeopteryx* berühmte Solnhofener Plattenkalk abgelagert. Der hiesige Plattenkalk ist deutlich gröber, weniger regelmässig und damit offener geprägt. Fossilien sind in dieser Schicht selten.

Die jüngste erhaltene Einheit des Oberen Juras ist der «Zementmergel» (**Zementmergel-Formation**, bis 20 m): hellgelbe bis grauweisse, homogene Kalkmergel mit dazwischen geschalteten Mergellagen. Die Mergel verwittern plattig, scherbilig und zeigen eine meist gelblich-weiße Verwitterungsfarbe.

«Plattenkalk» (und entsprechend Zementmergel-Formation) sind nur im Süden bzw. Südosten erhalten. Weiter nördlich wurden diese schon vor der Zeit der Bildung des Bohnerzes abgetragen (siehe nächstes Kapitel).

6. Die grosse Lücke im Archiv: Fehlende Ablagerungen aus Kreide und Paläozän

Ablagerungen der Kreidezeit fehlen in unserer Gegend vollständig. In den Alpen (z. B. in den Helvetischen Decken) sowie im südwestlichen Jura (südlich von Biel) sind auch kreidezeitliche Ablagerungen prominent vertreten. In unserer Gegend aber wurden Ablagerungen der Kreide und Ablagerungen des Paläozäns entweder gar nie gebildet oder aber vor der Sedimentation der noch jüngeren Gesteine («tertiäre» Molasse) bereits wieder erodiert. Es fehlen damit die Ablagerungen einer Zeitspanne von rund 100 Millionen Jahren. Modellierungen anhand mineralogischer Daten deuten darauf hin, dass in der Nordschweiz insgesamt 600–700 m Sediment erodiert wurden (Mazurek