

Beiträge zur Kenntnis und Entstehung des unteren Weißjuras am Ostrand des südlichen Oberrheingrabens

von

Fritz Kabelac

Mit fünfzehn Abbildungen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	6
Der Weißjura am Ostrand des südlichen Rheintalgrabens	6
Die Vorkommen	6
Die Aufschlüsse der Isteiner Scholle	7
Profil Hardberg bei Istein	7
Profil Kleinkems	13
Profil Klotzenfelsen	17
Profil Engetal	19
Die Aufschlüsse in den Schollen von Kandern	22
Die Behlen-Scholle	22
Die Hohe Scholle	25
Zusammenfassung der Profilbeschreibungen	27
Die Lithogenese des unteren Weißjuras in Oberbaden	29
Die Riff-Frage	34
Die Splitterkalke	36
Zur Genese der Jaspisknollen	40
Das Sequanien	45
Die Beziehungen des oberbadischen Weißjuras zu dem schwäbisch-schweizerischen Jura	47
Die Beziehungen des unteren Weißjuras zu seiner tertiären Auflagerung	50
Zusammenfassung	53
Literaturverzeichnis	54

Herrn Professor Dr. PFANNENSTIEL danke ich herzlich für Anregung und Unterstützung bei dieser Arbeit. Auch Herrn Dr. WITTMANN (Lörrach) bin ich für manche Anregung zu Dank verpflichtet. Die Arbeit ist eine Kurzfassung gleichnamiger Dissertation, Freiburg i. Br., 1954.

Einleitung

Unter dem Tertiär des Rheintalgrabens kommt nur in seinem südlichsten Abschnitt als jüngstes Mesozoikum noch Malm vor. Es handelt sich hierbei um Schichten des in raurachischer Facies ausgebildeten unteren Malms, der sich in die Stufen:

Sequanien
Rauracien
Oxfordien

gliedert. Davon hat das tonige Oxfordien noch die größte Verbreitung; das kalkige Rauracien und Sequanien sind anstehend rechtsrheinisch heute auf kleine Gebiete im badischen Oberland beschränkt.

Die versteinerungsreichen und sehr charakteristischen Gesteinsserien (Abb. 1) wurden seit Beginn der geologischen Forschung in diesem Gebiet zu Anfang des 19. Jahrhunderts in zahlreichen Arbeiten erwähnt. Die drei wichtigsten davon sind die von O. HUG (1897), der über den Isteiner Klotz eine erste genauere Aufnahme und Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse brachte, und die Kartierungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden der Blätter Kandern von C. SCHNARRENBARGER (1915) und Lörrach von O. WITTMANN (1952). Stark wurde die stratigraphische und paläontologische Forschung auch durch die Arbeiten im benachbarten schweizerischen Jura beeinflusst.

Bei der Untersuchung des kalkigen Gesteinskomplexes der unteren Malmschichten, vor allem nach der noch wenig geklärten Genese, ergaben sich auch neue Gesichtspunkte über den Aufbau und die Stratigraphie des Rauraciens und Sequaniens.

Der Weißjura am Ostrand des südlichen Rheintalgrabens

Die Vorkommen

Unter Weißjura wird hier der kalkige Komplex (Rauracien und Sequanien) der noch vorhandenen Malmschichten verstanden, der auf den Tonen und Mergeln des Oxfordiens auflagert. Wie schon erwähnt, ist das Rauracien heute anstehend auf wenige hohe Schollen am Ostrand des südlichen Rheintalgrabens beschränkt. Es sind diese:

Der Isteiner Klotz
Die Hohe Schule
Der Behlen

Ferner gibt es noch an mehreren Stellen im südlichen Baden Residuen, wo Rauracien in Form von großen Blöcken vorkommt. Wahrscheinlich ist an diesen Stellen das Anstehen im festen Verbande nicht mehr gewahrt, und es haben Umlagerungsvorgänge stattgefunden. Diese Stellen finden sich am



Abb. 1: Der Klotzenfels bei Istein
Alter Stich aus J. Poppel und E. Huhn (1850)

Schönbergsattel bei Freiburg (STEINMANN und GRAEFF, 1897), an der Röthe südlich Müllheim (STEINMANN und REGELMANN, 1903) und SO von Auggen (SCHNARRENBARGER, 1915). Umgelagertes Rauracien findet man in den tertiären Küstenkonglomeraten der Vorbergzone südlich von Freiburg (H. KIEFER, 1928), der Lahrer Gegend (H. KIEFER, 1931, und O. WITTMANN, 1934), der Umgebung von Baden-Baden (O. GÖPPERT, 1932), dem Meeresand von Lörrach (O. WITTMANN, 1951) und in den Tuffschloten von Maleck und Herbolzheim (K. SAUER, 1947 und 1949) (siehe Abb. 2).

Die Aufschlüsse der Isteiner Scholle

Für die Erkenntnis des Aufbaues des Rauraciens sind die Aufschlüsse der Isteiner Scholle besonders wichtig, weil hier das Rauracien noch vollständig erhalten ist. Das beste Profil gewinnt man am Hardberg bei Istein im großen Steinbruch der Lonza-Werke GmbH. Denn nur hier ist das Liegende und Hangende des Rauraciens beieinander aufgeschlossen. Deswegen dient dieses Profil als Leitprofil, in das die anderen Teilprofile eingehängt werden können. Es sei im folgenden ausführlicher beschrieben.

Profil Hardberg bei Istein

Oxfordien: Im Liegenden der Kalkmasse des Rauraciens sind noch 8 m Tone mit den charakteristischen Kalkknollen aufgeschlossen. Es handelt

sich bei dieser Serie von frisch blaugrauen, verwittert gelbbraunen Tonmergeln um die obersten Schichten des Terrain à Chailles, die wegen ihres Reichtums an Pholadomyen von Schweizer Geologen auch Pholadomyenmergel genannt werden. Es bildet die obersten Schichten des Oxfordiens mit *Cardioceras cordatum* Sow. HUG (1897) gibt eine Liste der darin enthaltenen Fauna; WITTMANN (1952) beschreibt das Profil der aufgeschlossenen Serie. Interessant sind in ihnen die Kalkknollen, die überwiegend in ganz bestimmten Horizonten streng in der Schichtung der Tonmergel liegen. Die Knollen einzelner Lagen können zur Knollenhorizonten zusammenwachsen. Diese Horizonte folgen in rhythmischen Abständen von 60—70 cm. Nur ganz vereinzelt liegen einzelne Knollen in den reinen Tonen, dann haben sie immer Fossilreste im Inneren. Überhaupt zeigen nur wenige Knollen beim Anschlagen keine organische Spuren. Fast alle Pholadomyen sind darin eingebacken. V. NOSTIZ (1949) hat in Schicht 7 und 13 des WITTMANNschen Oxfordien-Profiles (1952) schon eine Mikrofauna nachgewiesen. Diese Mikrofauna ist aber auf alle Tonschichten des Profils verteilt und z. T. noch artenreicher und führt neben den Foraminiferen auch Ostracoden. Die Menge an Ostracoden ist offenbar vom jeweiligen Kalkgehalt der Probe abhängig. Bei starker Kalkführung verkümmert die Fauna. Daneben finden sich vereinzelte Spongiennadeln und reichlich Ophiurenreste im Schlämmrückstand (vgl. W. MOHLER, 1938).

Rauracien Über den Pholadomyen-Mergeln liegen frisch blaugraue, etwas sandige Mergel mit zahlreichen Korallenstöcken von *Thamnastraea*, die O. HUG (1897) *Thamnastraeenmergel* nannte. Wie WITTMANN (1952) schreibt, ist die Grenze zum liegenden Oxfordien millimeterscharf. Diese Grenze wird sowohl durch einen Wechsel im Gestein wie auch eine Änderung der Fauna gekennzeichnet.

Der Kalkgehalt nimmt plötzlich bedeutend zu, so daß petrographisch Mergelkalke vorhanden sind. Auch ist durch den geringen Sandgehalt die Struktur der Mergelkalke gröber als die der Oxfordienmergel. Die Korallenstöcke sind dazu leicht verkieselt, so daß sich diese Schichtserie durch einen relativ hohen Kieselsäuregehalt (etwa 10%) auszeichnet. Dieser petrographische Wechsel als Grenze bedingt einen starken Quellhorizont und tritt morphologisch überall deutlich hervor.

In der Fauna stellen sich plötzlich massenhaft flache, teller- bis pilzförmige Korallenstöcke ein, die in der Schichtung eingelagert sind und den primär schlecht geschichteten Mergeln eine Schichtung geben. Außer den von HUG und WITTMANN genannten wichtigsten Fossilien, wie *Thamnastraea arachnoides* Park., *Glypticus hieroglyphicus* Gf., dem häufigeren *Cidaris florigemma* Ph., findet man kleine Muscheln und Brachiopoden sowie die großen, meist rötlichblau bis violett gefärbten Wurzelstöcke und Stielreste von *Millericrinus horridus* d'Orb. Die vorher so charakteristischen Pholadomyen verschwinden, reguläre Seeigel und besonders deren Stacheln sind häufiger als im Liegenden.



Abb. 2:

Skizze der Rauracien-Vorkommen

Die Thamnastreaenmergel gehen unter allmählicher Abnahme der Toneinschüttung in die hangenden Korallenkalke über. Eine eigentliche Obergrenze der Thamnastreaenmergel gibt es nicht, 4 m über der Liegendgrenze des Rauraciens zieht eine Grenzstufe durch, über der der überleitende mergelige Kalk bedeutend härter ist und die auch als kleiner Quellhorizont fungiert. Über ihr liegen aber z. T. auch noch blau gefärbte und gelb verwitternde Mergelkalke. Darüber folgen die massigen, klotzigen Korallenkalke. Die unteren Partien dieses mächtigen und reinen Kalkkomplexes

(etwa noch 6—8 m über dem Thamnastraeenmergel) sind noch unreiner und zeigen eine Untergliederung von Kalkmergelzonen in reinen Kalken. Diese Schichten enthalten viele Thamnastraeen, die mit ihrem flachen Querschnitt die Schichtung anzeigen. Nach oben im Profil werden die Thamnastraeen größer und liegen mit ihren Querschnitten nicht mehr so streng eingeregelt in der Schichtung, die hier allerdings nur durch schwache Färbungsunterschiede und eine sehr grobe Bankung gekennzeichnet ist. Außer den Korallenstöcken der Thamnastraeen findet man in dem allmählich völlig weiß und schichtungslos werdenden Gestein eine reiche Fauna von Einzelkorallen, Seeigelstacheln und Brachiopoden, die häufig, wie HUG und WITTMANN schreiben, in Nestern vorkommen, aber auch in ganzen Horizonten geradezu gesteinsbildend sein können. Häufig sind auch mit Calzit ausgefüllte Hohlräume, die wohl aufgelöste Seeigel darstellen. Die Korallenkalke sind dicht, zähe, hellweiß bis hellgrau und meist ziemlich körnig und grob kristallin. Durch die massige und klotzige Ausbildung tritt der Korallenkalk morphologisch überall stark durch steile Felswände in Augenschein. Die Mächtigkeit des Korallenkalkes beträgt am Hardberg 40—42 m. Da die Thamnastraeen aber über das ganze Profil des Korallenkalkes verteilt vorkommen, kann man den Thamnastraeenkalk (nach HUG 3 m) vom „eigentlichen Korallenkalk“ (nach HUG 8 m) nicht gut trennen.

Die obersten Partien des Korallenkalkes sind verschieden entwickelt. Zwischen den körnigen grobkristallinen, oft gelblich-weißen Korallenkalcken schieben sich sehr dichte, äußerst feinkörnige Kalkpartien von mehr grauweißer Farbe ein, die aber auch noch die korallogene Fauna enthalten und durch besonders große, flache Korallenstöcke ausgezeichnet sind. Die Korallenstöcke sind stets allseitig von Sediment umgeben. Trotz der großen Häufung der Korallenstöcke in kleinen Arealen sitzen die Stöcke nicht direkt aufeinander. An anderen Stellen beobachtet man gerade an der Obergrenze des Korallenkalkes eine besonders reiche Korallenentwicklung. Hier ist dann das Gestein erfüllt von großen, ästigen Korallenstöcken, vor allem der Gattung *Calamophyllia*, neben flachen, teller- bis pilzförmigen Korallenstöcken.

Der Korallenkalk wird am Hardberg an einer scharfen Grenze von dichten, weißen bis gelblichen Kalken überlagert, die sehr hart und äußerst spröde sind. Wegen ihrer Sprödigkeit zersplittern die Kalke leicht in kleine scharfkantige Scherben, und man nennt sie deswegen auch „Splitterkalke“. Diese Partie entspricht offenbar zum Teil den Brachiopodenkalcken von HUG (1897), obwohl Brachiopoden hier nur vereinzelt vorkommen. Die Kalke sind ebenfalls ungeschichtet, zeigen stellenweise durch geringfügige Farbunterschiede eine zonenhafte Schichtung und sind grob gebankt. Durch tektonische Beanspruchung sind die Splitterkalke sehr stark zerklüftet. Die Hauptklüftung streicht 160—170° und fällt stark nach Westen ein. Dadurch entsteht eine steil stehende Plattung. An vielen Stellen beobachtet man, daß die Klüfte nicht in dem liegenden Korallenkalk weitergehen; dieser hat sich

der tektonischen Beanspruchung gegenüber anders verhalten. Wie WITTMANN (1952) erwähnt, stellen sich hier zahlreiche Drucksuturen ein, die zu richtiger Breckzienbildung führen können, d. h. kleine, mehr oder weniger kantige Kalkbrocken liegen in einem Netzwerk von zerriebenen, weichen, meist dunkel gefärbten Lösungsrückständen eingebettet.

Die Kalke unterscheiden sich auch in der Fauna von den liegenden Korallenkalken. Korallen kommen nur noch sehr spärlich vor, meist kleine Einzelkorallen. Häufiger sind Muscheln (*Lucina*, *Astarte*, *Pecten*), Schnecken und auch mit Kalzit ausgefüllte Hohlräume ehemaliger Fossilien. Außerdem sind die Splitterkalke fossilärmer, und was man an Fossilresten findet, ist oft schlecht erhalten und kaum zu bestimmen.

Die Mächtigkeit dieser splitterigen Kalke beträgt im Lonza-Bruch 23 bis 25 m. Wegen ihrer starken Zerklüftung und der vielen kleinen Haarrisie in dem homogenen Gestein bildet diese Schicht im Gegensatz zu den liegenden Korallenkalken keine Felswände über lange Zeiten.

In diesen dichten, splitterigen Kalken liegen in den mittleren Partien zahlreiche Jaspisknollen, welche streng in einzelnen Horizonten wie Schnüre im Gestein liegen und stets der Schichtung folgen. Man kann vier Jaspishorizonte beobachten, die in einer Serie von 4 m verteilt sind. Die Jaspisknollen sind die gleichen, wie man sie von Kleinkems bisher kannte (siehe HUG, 1897, und WITTMANN, 1952) und wo sie FROMHERZ (1853) beim Bahnbau beschrieb.

Die obersten 8 m der Splitterkalke sind z. T. oolithisch entwickelt. Es wechseln hier Partien mit schönen, weißen, runden, 1 mm großen Ooiden mit Zonen, in denen die Ooide mehr unregelmäßig geformt sind. Bei allmählichen Übergängen zu dichten Kalken sieht man, wie die Ooide auf immer schmalere Zonen zurückgedrängt werden. Eine andere Übergangsart ist, daß die Ooide immer kleiner werden, bis sie nicht mehr zu erkennen sind.

Sequaniens: Über den ungeschichteten Kalken des Rauraciens liegt ein wohlgeschichteter Komplex, der aus einer Wechsellagerung aus mehr dickbankigen Kalkbänken und dünneren Mergelschichten besteht. Eine bis 60 cm mächtige, z. T. oolithische, stark mergelige Kalkzone leitet diese Serie ein. Die Schicht hat angewittert eine graugrüne Farbe, und O. HUG (1895) erwähnt aus ihr *Astarte* of. *supracorallina* d'Orb., ein Leitfossil des Sequaniens (*Astartien*).

Über diesem ersten mergeligen Horizont folgt eine 3 m mächtige harte Kalkbank, die über der Mergelzone im Profil überall klotzig hervorspringt. Diese Kalkbank kann örtlich durch eine etwas mergeligere Mittelpartie noch untergliedert werden, die durch zahlreiche, von Kalkalgen umkrustete Fossiltrümmer, sogenannte Mumien (O. WITTMANN, 1952), ausgezeichnet ist. Der Mumienhorizont ist 25—50 cm mächtig und nicht nur an die mergeligen Kalke gebunden, sondern er greift mit unscharfer Grenze in die liegende und hangende Kalkbank. Diese Leitbank bzw. die durch den Mumien-

horizont zweigeteilten Kalkbänke sind sehr hart und enthalten viele große Nerineen; deswegen nannten frühere Autoren diese Schichten Nerineenkalke. Die obere Hälfte der Leitbank ist besonders reich an Nerineen, die in einer bestimmten Lage alle in der Schichtebene liegen, darunter und darüber aber in allen möglichen Lagen vorkommen und sogar senkrecht zur Schichtung stehen. Die Leitbank wird durch einen geringmächtigen Kalkmergelhorizont (10 cm) abgeschlossen, aus dem WITTMANN (1952) kleine Austern beschreibt, die sehr häufig vorkommen. Diesem Profil der Sequanien-Basis entspricht das Profil im kleinen Steinbruch Fuchsrain NNO vom Bahnhof Istein (siehe O. WITTMANN, 1952); nur ist hier kein liegendes Rauracien mehr aufgeschlossen, und auch die basale Mergelschicht fehlt noch.

Diese lithologische Gliederung des Hardbergprofils ist durch zahlreiche chemische Analysen von horizontiert entnommenen Gesteinsproben anlässlich einer speziellen Untersuchung unterbaut. Die Splitterkalke sind die reinsten Kalke mit den geringsten Verunreinigungen durch Kieselsäure, Eisen-, Magnesium- und Aluminiumoxyd. Ihnen folgen mit nur geringen Unterschieden die Korallenkalke, die aber in ihren untersten 10 m zu den liegenden, stark unreinen Thamnastraeen-Mergelkalken überleiten. Sehr deutlich ist im chemischen Profil die Grenze zum hangenden Sequanien, wo die Verunreinigungen des Kalkes, besonders durch die eingeschalteten Mergelbänder, stark zunehmen. Das Terrain à Chailles hat nur noch einen geringen Kalkgehalt. Im Durchschnitt ergibt sich für die einzelnen Schichtglieder in Prozenten:

Schicht	Zahl der Ana- lysen	Ca-O- Gehalt	Gesamte Verun- reini- gung ‰	SiO ₂ ‰	Al ₂ O ₃ ‰	Fe ₂ O ₃ ‰	Mg O ‰	P ‰
Sequanienkalk	14	54,67	2,24	1,20	0,51	0,29	0,27	0,009
Splitterkalk	27	55,64	0,80	0,15	0,21	0,18	0,23	0,006
Korallenkalk	21	55,38	1,00	0,34	0,23	0,20	0,30	0,009
K.-Kalk (unterste 10 m)	4	52,85	4,37	1,28	0,53	0,41	1,85	0,014
Thamnastraeenmergel	4	48,10	12,34	6,50	1,40	1,37	2,99	0,016

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die gesamte Mächtigkeit des Rauraciens am Hardberg beträgt nach mehreren Messungen und durch Bohrungen geprüft 69 m, wovon 4—6 m auf die Thamnastraeenmergel, 40—42 m auf die Korallenkalke und 23—25 m auf die Splitterkalke entfallen. Dadurch ergibt sich eine größere als bisher bekannte Mächtigkeit des Rauraciens, die O. HUG (1897) mit ca. 50 m und WITTMANN (1952) mit mehr als 55 m angibt.

Das Sequanien ist am Hardberg ungefähr noch 12—15 m mächtig. Das Profil wird von einer alten, sehr stark verkarsteten Landoberfläche abge-

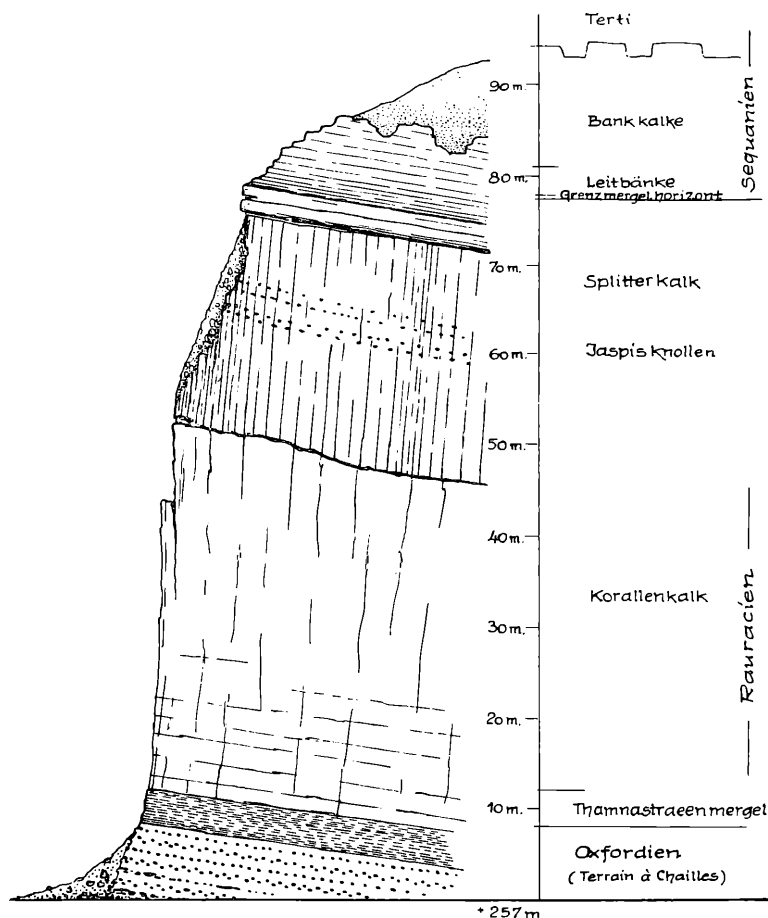


Abb. 3: Schematisches Profil vom Hardberg bei Istein (überhöht gezeichnet)

schnitten. Auf dieser liegen wohl vielfach umgelagerte, bunte Residualtone der Oberkreide und des Alttertiärs (siehe Abb. 3).

Profil Kleinkems

Die Gliederung des Rauraciens von O. HUG (1897) erfolgte hauptsächlich nach den Aufschlüssen bei Kleinkems. Diese sind inzwischen stark erweitert worden und ergeben tiefere Einblicke in das Rauracien. Das Profil liegt im aufsteigenden Jurasockel vom Isteiner Klotz.

Das Liegende des Rauraciens sowie seine unterste Stufe, die Thamnastraeenmergel, konnten entgegen einer Bemerkung HUGs (1897) an der Vollenburg knapp südlich Kleinkems nicht festgestellt werden. Auch WITTMANN (1952, S. 28) stellte dies bei seiner Kartierung fest. Bei dem Bau des Zufahrtsstollens zum großen Bruch zeigte sich, daß typischer Korallenkalk bis 3 m unter das Niveau des Rheinsträßchens hinabreicht, obwohl man hier schon südlicher, also durch die Heraushebung in einem tieferen Teil des Rauraciens ist als bei der von HUG genannten Stelle unter der Vollenburg. Im alten Rheinbett bei der Einmündung des Nebentälchens im Gewann „Wallis“ steht ebenfalls in + 236 m Höhe noch reiner, körniger Korallenkalk an.

Die tiefsten im Bruchbereich von Kleinkems aufgeschlossenen Partien sind grobkristalline Korallenkalken mit der typischen Korallenfauna, überwiegend kleine Thamnastraeenstöcke, die hier häufig von Bohrmuscheln angebohrt sind. Neben den Rasenkorallen kommen aber auch in den tiefsten Schichten Einzelkorallen vor.

Der Korallenkalk wird von den Splitterkalken überlagert. Schon HUG (1897) beschreibt den Charakter seines Brachiopodenkalkes als splitterig. Er gibt dichte Kalken mit Brachiopoden 35 m, Korallenkalk 8 m mächtig an. An der Ostwand des Hauptbruches sieht man im Norden die Überlagerung des Korallenkalkes mit Splitterkalken in + 265 m und am Südende des Bruches in + 267 m Höhe. Daraus ergibt sich bei den derzeitigen Aufschlußverhältnissen eine Mächtigkeit des Korallenkalkes von mindestens 33 m. Nicht überall ist die Grenze zum Splitterkalk scharf. Häufig ist eine Übergangszone ausgebildet, die den obersten Partien des Korallenkalkes entspricht. Sie besteht petrographisch schon aus sehr dichten Kalken, führt aber noch besonders große Korallenstöcke (im Querschnitt oft 5 cm dick und bis 40 cm lang). Die Übergangszone ist sehr reich an Terebrateln, die hier geradezu gesteinsbildend auftreten und in Schillagen übergehen. Sie wird 6 m mächtig und geht seitlich in reinen Korallenkalk über.

Die Splitterkalke sind hier ebenfalls dichte bis feinstkörnige, blendend weißgraue Kalken, sehr hart und spröde. Sie sind arm an Versteinerungen, obwohl Fossilien nicht ganz so selten sind wie in Istein. Häufig sind wieder Hohlräume ehemaliger Versteinerungen im Gestein. Die Splitterkalke sind stark von Klüften mit Lösungserscheinungen durchzogen und gehen in richtige Breckzien über. Der Komplex ist kaum geschichtet und fällt schwach 3—5° nach Norden. Sowohl im liegenden Korallenkalk wie in der Übergangszone, aber auch in den dichten Splitterkalken sieht man die von WITTMANN (1952) beschriebenen „Nester“, die mit dünn geschichteten Mergelkalken und graugrünen Mergeln gefüllt sind.

In den Splitterkalken liegen die bekannten Jaspisknollen. Sie liegen normalerweise in Schnüren in der Schichtung des Gesteins, sind aber oft in den großen Karsttaschen sekundär angereichert. Die Jaspisse sind auf eine

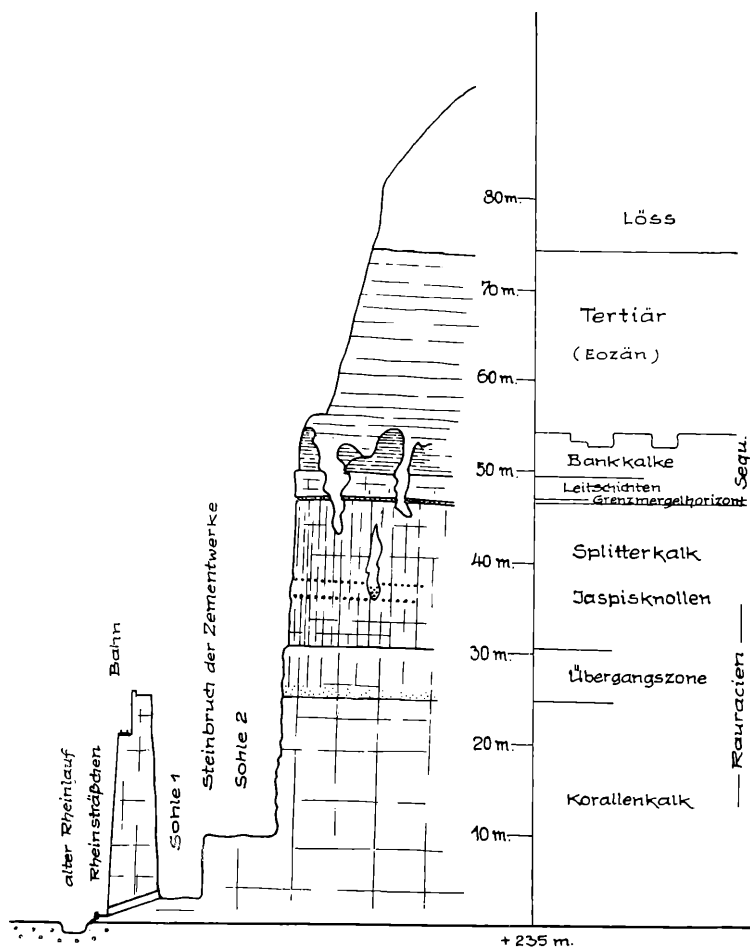


Abb. 4: Schematisches Profil von Kleinkems (stark überhöht)

etwas mächtigere Zone verteilt als in Istein. Man zählt auch bis zu vier Horizonte, etwa 8—12 m unter der Rauracienobergrenze. Unmittelbar unter der Obergrenze kommen noch bis 1 m mächtige, weiße, z. T. etwas kreidige Oolithe vor mit schönen runden, 0,5—1 mm großen Ooiden.

Das Sequanien liegt in Kleinkems nur noch als dünne Decke auf dem Rauracien. Maximal sind noch 8 m am Südenende des Hauptbruches vorhanden. Durch die unmittelbare Nähe der tertiären Landoberfläche ist das Sequanprofil schon stark gestört, und die Schichten sind kaum mehr in ihrem

ursprünglichen Verband. Aber auch hier setzt über dem ungeschichteten Rauracien plötzlich eine gute Schichtung ein.

Aus den Profilen folgt, daß das Sequanien — wie in Istein — mit einer 20—50 cm mächtigen, wulstigen, flaserigen Mergelkalkschicht einsetzt, die Ooide und Schill sowie eine Fauna von Brachiopoden, Seeigeln, Muscheln und Schnecken enthält (M. MIEG, 1895). Darüber folgen harte, graue Kalkbänke, die Mumien und Nerineen enthalten. Diese Abfolge 2—3 m mächtiger, harter Kalkbänke entspricht den Leitbänken von Istein. Unter der Tertiärauflagerung folgen noch bis zu 5 m geschichtete, harte und dichte Kalke (siehe Abb. 4).

Die Analysen einiger horizontalisiert entnommener Gesteinsproben entsprechen ganz dem chemischen Profil von Istein.

Schicht	Anzahl der Analysen	Ca-O- Gehalt	Gesamt- Verunrei- nigung ‰	Si O ₂ ‰	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ ‰
Sequanienkalk	2	53,27	4,84	4,22	0,49
Splitterkalk	3	55,78	0,47	0,15	0,23
Korallenkalk	5	55,56	1,03	0,62	0,32

Der Malm taucht nördlich von Kleinkems, westlich des Buchholzes, unter das auflagernde Tertiär. Seine Gesteine bilden den Sockel der Isteiner Scholle bis Efringen. Meist sind nur die harten Korallenkalke sichtbar, die als 10—15 m hohes Felsband überall heraustreten. Es sind neben den Korallenkalken aber auch das liegende Oxfordien, die Thamnastraeenmergel, Splitterkalke mit Jaspissen am Bahnwärterhaus südlich von Buchgraben und dort auch Sequanien zu sehen. Für ein durchgehendes Profil sind alle diese Lokalitäten nicht geeignet, da sie in zu kleine Schollen aufgeteilt sind und jede Scholle nur kleine Profilausschnitte bietet. Es wurde aber versucht, an den nachfolgenden Orten auch aus kleineren Aufschlüssen Profile zusammenzustellen, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Profil Buchgraben (südlich von Kleinkems bei Bahn-km 254,2)

Nach den Angaben von M. MIEG (1894) und O. HUG (1897) steht hier über dem Rheinsträßchen das Oxfordien mit dem Terrain à Chailles an. Die Grenze Oxfordien/Rauracien liegt in + 262 m Höhe. Es folgen dann etwa 5 m braun verwitterte Mergel, die wenig weiter nördlich im Bahnniveau anstehen.

Auf diese Mergel folgen etwa 8 m z. T. schwach geschichtete, meist dunkelgraue Kalke voller Korallen, überwiegend Thamnastraeen. Dann treten klotzige, 20—30 m hohe, ungeschichtete Felsen aus grauen bis weiß-grauen Kalken heraus, angefüllt mit reicher Korallenfauna. Schließlich legt

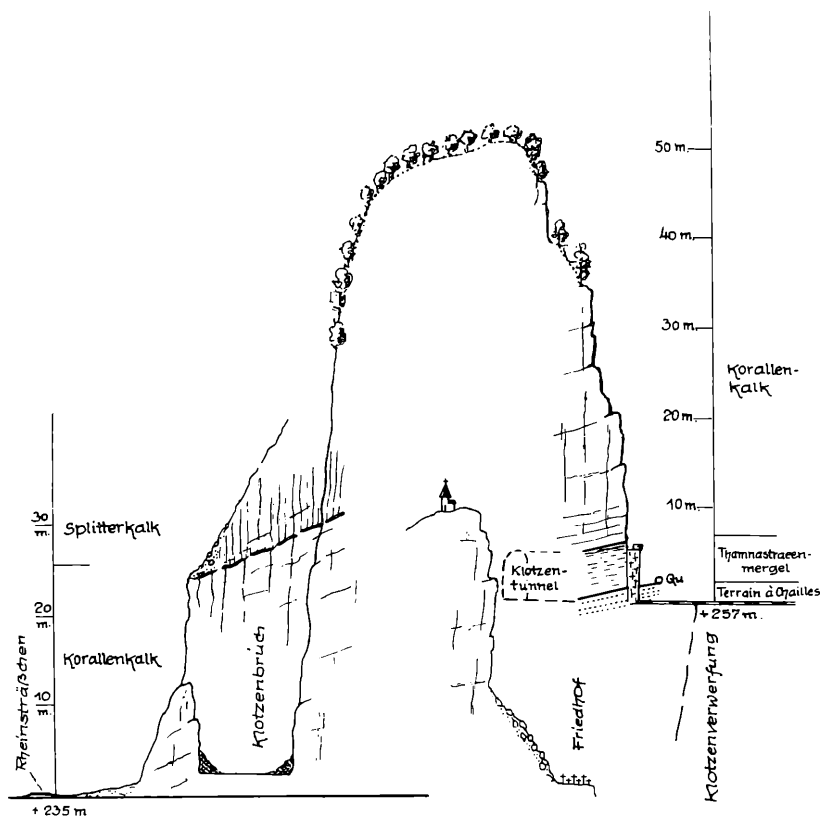


Abb. 5: Schematischer Querschnitt durch den Klotzenfelsen
(stark überhöht gezeichnet)

sich Löss darauf und verdeckt das weitere Profil. 5—6 m höher ist ein deutlicher Geländeknick, der sehr wahrscheinlich den leicht zerfallenden Splitterkalken entspricht. Auch hier haben wir somit eine Mächtigkeit des Korallenkalkes von ungefähr 40 m.

Profil Klotzenfelsen

Der Klotzenfelsen stellt die hohe Eckscholle aus Rauracien gegen den Isteiner Graben Osten dar. Der Gesteinskomplex fällt z. T. stärker nach WSW ein.

Am Südausgang des Klotzentunnels ist die Grenze Oxfordien/Rauracien in + 259 m gegenüber dem Bahnwärterhäuschen zu erkennen. Das Oxfordien ist bei der Tieferlegung der Tunnelsohle im Zuge der Elektrifizierung

der Rheintalbahn 1954 angeschnitten worden. Es zieht sich noch 25—30 m in den Tunnel nach SW einfallend hinein. Die Grenze ist wasserstauend und läßt eine kleine Quelle austreten. Die Knollenbänke sind etwa 80 cm voneinander entfernt.

Das Rauracien beginnt mit *Thamnastraeen*mergeln, die 5 m mächtig sind. Am Südportal des Tunnels folgen darüber zuunterst graue, oben weiße Korallenkalk, welche mit 12—15° nach Südwesten einfallen. Diese Korallenkalk bilden die ganze SO-Wand des Klotzenfelsens über dem Friedhof. Der eigentliche Klotzenfels unten an der Straße wird aus basalem Korallenkalk gebildet, ebenfalls die Felsen im Wald über dem Südportal des Tunnels.

Auch im Klotzenbruch steht überwiegend körniger, massiger Korallenkalk an, der in einzelnen Zonen grünlich-grau gefärbt ist und z. T. grob gebankt mit 15—20° nach SW einfällt. In ihm gibt es, wie in Kleinkems, auch einige Stellen mit geschichteter Fazies. Die Mächtigkeit des Korallenkalkes beträgt mindestens 40—45 m. Er wird von äußerst dichten, weißen Splitterkalken überlagert. Die Grenze zwischen beiden Serien liegt in der Nordwand des Klotzenbruches etwa 22 m über der Bruchsohle, das ist in + 261 m Höhe. Sie fällt ebenfalls nach W ein, so daß der vorspringende Teil, auf dem die St. Veitskapelle stand, ganz aus Korallenkalk besteht. Sehr charakteristisch hört dort die natürliche Felswand des Rauraciens gegen Westen auf, wo die Splitterkalke anfangen. Von Jaspissen fanden sich nur im Schutt einige Bruchstücke.

Der Splitterkalk wird von Löß zugedeckt; doch dürfte am Klotz ganz oben noch Sequanien vorhanden sein, das am Weg von Istein auf den Klotzenfels im Schutt an der Waldböschung oberhalb 320 m neben Splitterkalken enthalten ist (Abb. 5).

Profil Katzenrain (am Südportal des Hardbergtunnels)

Im westlichen Teil des Efringer Rebberges läßt sich noch einmal ein größeres zusammenhängendes Profil gewinnen. Das unterste sind gelblich-graue, körnige Korallenkalk, die wenig oberhalb der Straße Istein-Efringen anstehen. Oxfordien ist nicht mehr aufgeschlossen. Korallenkalk bildet auch die Felswand am Südportal des Hardbergtunnels, wo er von großen, ästigen *Calamophyllen*stöcken und Stöcken von *Stylosmilien* erfüllt ist. Die *Thamnastraeen* treten zurück; ferner sind Einzelkorallen von den Gattungen *Thecosmilien* und *Montlivaultia* vorhanden.

Über der Felswand steht im Wald dichter Splitterkalk an, mit einer deutlichen Oolithzone im Hangenden. Die Korallenkalk reichen etwa 14 m über Bahnniveau und sind damit 25 m aufgeschlossen. Die Grenzen zu den Splitterkalken sind verdeckt; da die Korallenfazies aber hier sehr weit hinauf geht, läßt sich seine Mächtigkeit mit 15 m, maximal 20 m, bis zum Sequanien feststellen.



Abb. 6: Dünnschliff-Foto durch eine Kalkalgenknolle (Solenoporaceae)
Schliff in der Hauptwachstumsrichtung des Thallus

Im obersten des Rebstückes im Gewinn „Katzenrain“ sind die Nerineenbank und die Mumienbank der Leitschichten angeschnitten. Zahlreiche Nerineen liegen in der Schichtung und sind stark abgerollt. Die Nerineenbank ist 1,4 m dick. Darüber folgen oben im Rebberg am Zufahrtsweg zur oberen Steinbruchsohle nochmals Sequanienkalke, die 110° streichen und 10° nach Süden einfallen. Da am nächst höheren Querweg schon Eozän ansteht, ist noch max. 16 m Sequanien vorhanden.

Profil Engetal

Am östlichen Schollenrand des Isteiner Klotzes ist durch den Engebach das Rauracien angeschnitten. Hier gibt es einige Profile im oberen Rauracien. Das liegende Oxfordien tritt nirgends mehr zu Tage.

Das Sequanienprofil vom *Leuselberg* ist von O. WITTMANN (1952) aufgenommen und beschrieben worden (S. 32—33). Hinzugefügt darf werden, daß in den oberen Mergelschichten einige Mikrofossilien enthalten sind. Es handelt sich um oft schlecht erhaltene und meist ausgefüllte, glatte Ostracodenschälchen verschiedener Arten. Die Häufigkeit ist wieder stark vom Kalkgehalt der einzelnen Schichten beeinflusst.

Ein weiteres Profil gibt der alte Steinbruch am *Egd* südlich von Wintersweiler: Unten steht nach Norden ansteigend typischer Korallenkalk an, mindestens 20 m mächtig. In ihm ist eine sehr reiche Korallenfauna enthalten, hauptsächlich verzweigte Stöcke von *Stylosmilia* und *Calamophyllia* und Stöcke von *Thamnastraea*.

Hinzu kommen hier an der Nordwand des Bruches zahlreiche oft lilarot angefärbte Knollen von Ei- bis Kopfgröße. Sie zeigen eine deutliche Schichtung von dunkleren und helleren Partien, die meist knollig-konzentrisch um einen Anfangskern herumziehen. Dünnschliffe zeigen eine deutliche pflanzliche Gewebestruktur und ein rhythmisches Wachstum um einen Ausgangspunkt. Diese Knollen sind Kalkalgen, und zwar *Solenoporaceen*. Die Systematik dieser Algengruppe ist noch im Fluß und keineswegs abgeklärt (vgl. J. PFENDER, 1930, und v. PIA, 1939). Doch darf man unsere Knollen auf Grund des Aufbaues und der Maße der Zellen wohl mit *Pseudochaetetes polyporus* Quenst. identifizieren (siehe Abb. 6). Viele Knollen liegen zerbrochen im Korallenkalk oder in einem organogenen Trümmerkalk, die einzelnen Bruchstücke nicht weit voneinander entfernt (siehe Abb. 7).

Nach oben wird der Korallenkalk dichter, enthält aber immer noch Korallenstöcke und ist stellenweise wieder körnig. Auch Brachiopoden sind in diesen Partien sehr häufig. Die Grenze zu den überlagernden Splitterkalcken ist unregelmäßig. Die Splitterkalke sind in den unteren Partien z. T. kreidig, z. T. gibt es oben in der nur 6—7 m mächtigen Serie feinoolithische Kalke.

Das folgende Sequanien ist wie überall durch seine gute Schichtung scharf vom Liegenden abgegrenzt und ist noch max. 13 m vorhanden. Im Norden des Steinbruches gewinnt man folgendes Profil:

4. 6 m gut gebankte, z. T. feingeschichtete Kalke,
 3. 4 m harte, dichte, weißgraue Kalke, stark zerbrochen und scherbilig zersplittert,
 2. 2,6 m harte, weißgraue Kalkbank, unten (1,2 m) mit vereinzelt Mumien, spätig oolithisch, mit Trümmerstruktur; oben (1,4 m) z. T. auch oolithisch, mit vielen Nerineen, viel Fossilsplitt.
 1. 0,2 m oolithische graue Kalkmergel.
- Liegendes: Splitterkalke.

Sehr charakteristisch ist die klotzige Kalkbank Nr. 2 des obigen Profils. Außer zahlreichen Nerineen und Brachiopoden fand ich hier ein zwar



Abb. 7: Kalkalgen (Solenoporaceae) im Korallenkalk
Alter Steinbruch am Egd südlich von Wintersweiler

schlecht erhaltenes, aber doch eindeutig zur Gattung *Diceras* gehörendes Exemplar (siehe Abb. 8).

Ein ganz ähnliches Profil ist im Steinbruch an der Westseite am Eingang zum Engetal zu sehen.

Im Gewann „Tannenrain“ geht der Korallenkalk bis 20 m über die Straße. Dann folgt eine Aufschlußlücke, die wohl den Splitterkalken entspricht und 8 m hoch bis zur Untergrenze des Sequanien in + 292 m Höhe reicht. Die Leitbänke bilden bei + 295 m eine deutliche Steilkante.

Nördlich davon sind im „Kalkgraben“ 20 m oberer Korallenkalk zu sehen. Darüber folgt ebenfalls eine Aufschlußlücke, wahrscheinlich wieder Splitterkalke; weiter oben sind Oolithe und darüber Mumien, wie im Bruch

gegenüber. Die Mächtigkeit des Splitterkalkes beträgt demnach 8—10 m. Darauf folgt in + 295 m das Sequanien mit der 3 m mächtigen Leitbank, die hier sehr einheitlich entwickelt ist. Schließlich sind noch 4 m dickbankige, reine Kalke des Sequaniens aufgeschlossen.

Ein größeres Profil gibt es noch am Wintersweiler Rebbberg, westlich des Ortes. Die Schichtfolge beginnt mit den mittleren Korallenkalken, die hier stark verkarstet sind. In einem 6 m langen und 2,5 m hohen, fast horizontalen Karsthohlraum lag ein fetter, dunkelbrauner bis schwarzer Ton. In den Korallenkalken ist ein neuer Steinbruch der „Degussa“ angelegt worden, der sie zur Zeit 25 m aufschließt. Die Spitze des Rebberges wird noch von einer Sequanienkappe (2 m harte, dickbankige Nerineenkalk) gebildet. Da die Untergrenze des Sequaniens in + 320—321 m liegt, ergibt sich vom Talboden eine Mächtigkeit des Rauraciens von 50 m, von denen sicher 30 m Korallenkalk sind. Die Splitterkalke sind im Walde verdeckt und bilden keine natürliche Felsen. Oberhalb des Bruches sind aber einige alte Schürflöcher, die einmal sehr dichten, grauen Kalk ohne Fossilien und einen ebenfalls fossilfreien, gelblichen, feinoolithischen Kalk zeigen. Die Splitterkalke zwischen Korallenkalk und Sequanien sind hier maximal 20 m, wahrscheinlich — auf Grund der Morphologie — aber nur 15 m oder noch weniger mächtig.

Am „K a p f“ besteht die Kappe noch aus geringmächtigen Sequanien, dessen Untergrenze bei + 335 m Höhe liegen dürfte. Darunter folgt bei + 320 m Höhe eine deutliche Steilkante, die wohl der Oberfläche des Korallenkalkes entspricht. Man kann hier als Mächtigkeiten 40 m Korallenkalk, 15 m Splitterkalke und noch maximal 10 m Sequanien angeben.

Rauracien und Sequanien kommen noch öfter im Engetal in kleinen Anrissen oberflächlich anstehend vor, bis sie am Fuße des „Engeberges“ südwestlich von Welmlingen unter dem Tertiär verschwinden.

Die Aufschlüsse in den Schollen von Kandern

Die Behlen Scholle

Am Behlen ist das Rauracien fast umlaufend aufgeschlossen: Das beste Profil gibt der große Kaisersche Steinbruch im Kandertal südlich von Kandern.

Hier hat sich die Kander bis auf das liegende Terrain à Chailles eingeschnitten. An der Basis im Bruch kommen in etwa + 330 m Höhe gerade noch grünlich-graue bis blaugraue Mergelkalke heraus, die zahlreiche dünne Thamnastraeenstöcke und Seeigelstacheln enthalten. Diese Mergelkalke bilden einen kleinen Quellhorizont. Die Mächtigkeit der Thamnastraeenmergel dürfte 6 m nicht überschreiten. Darüber folgen 10 m z. T. recht unreine, graue Kalke, die durch mergelige Zwischenlagen etwas geschichtet erscheinen und viele Korallenstöcke enthalten. Über diesem basalen Teil des Korallenkalkes liegen sehr massige, weiße bis leicht bräunliche, körnige Kalke mit

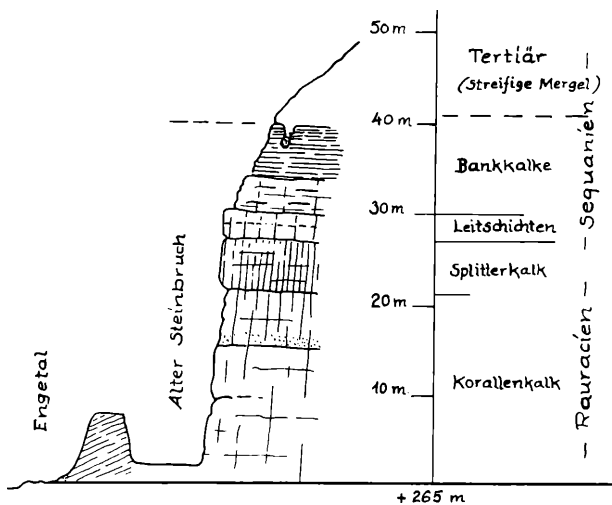


Abb. 8: Profil Egd (alter Steinbruch südlich Wintersweiler)

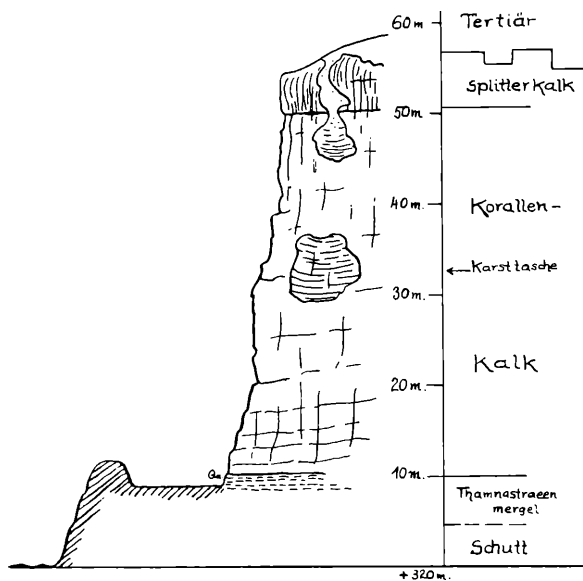


Abb. 9: Profil am Ostrand des Behlen (Kaiserscher Steinbruch)

Korallen, Brachiopoden, Schnecken und Seeigelresten. Der Korallenkalk ist hier 40 m mächtig. In den oberen 10—15 m werden die Kalke immer feinkörniger und dichter, enthalten aber noch dieselbe Fauna mit relativ großen Korallenstöcken.

In den allerobersten Metern der 45 m hohen Bruchwand erfolgt der Wechsel in die reinen, dichten und kleinscherbig brechenden Splitterkalke. Damit hört das Rauracienprofil auf, und Tertiär legt sich darüber. Der Steinbruch ist stark verkarstet mit riesigen Taschen und Schlotten, die mit Bohnerzlehm und Huppersand ausgefüllt sind (siehe E. RUTTE, 1951). Die Kalke des Behlens sind stark zerklüftet ($20-30^\circ$ W). Sie streichen $90-110^\circ$ und fallen mit wenigen Graden nach NW (siehe Abb. 9).

Dieses Rauracien-Profil des Kaiserschen Bruches kann man in gleicher Art um den ganzen Behlen herum verfolgen. Meist sind die mittleren Partien des Korallenkalkes aufgeschlossen, die 10—20 m hohe Felsen bilden. Die Oberfläche der Korallenkalk zeigt überall eine kleinscherbig, rauhe Verwitterungsform. Auf solch einer Anwitterungsfläche sieht man fast nie Versteinerungen. Aber in allen künstlichen Brüchen ist zu erkennen, daß eine reiche Fauna in den Korallenkalken enthalten und über das ganze Profil verteilt ist. Am besten sieht man den Fossilinhalt auf angewitterten, künstlichen Aufschlußwänden.

Ein deutlicher Geländeknick in + 370 m Höhe am Ostabfall des Behlen zum Kandertal entspricht, eingehängt in das Profil des Kaiserschen Bruches, der Grenze Korallenkalk zu Splitterkalk. Die Splitterkalke sind z. T. in sich feingeschichtet.

Nördlich des Behlen steht am B ö s c h e r z e n südlich von Kandern im alten Kramerschen Steinbruch unterer Korallenkalk an, der 25 m aufgeschlossen ist. C. SCHNARRENBARGER gibt an der Basis noch Thamnastraeenmergel an. Da es sich um die untersten Partien des Korallenkalkes handelt, sind die Kalke viel mehr geschichtet und allgemein unreiner. Sie führen aber auch hier zahlreiche Korallen, Seeigelreste und Brachiopoden. In den obersten Partien zeigt sich ein Übergang zu weichen, kreidigen Kalken, die eine Kleinfaua von Muscheln und Brachiopoden enthalten. Der ganze Korallenkalk, um den es sich ausschließlich handelt, ist sehr stark verkarstet und zerhackt. Dabei zeigt sich, daß die ganze Kalkkappe des Böscherzen auf dem unterlagernden Oxfordton verrutscht ist, und man sieht auch gegen Norden riesige, mehrere Meter klaffende Abrißnischen.

Unter dem Küstenkonglomerat des Heubergfußes liegt östlich der Kandern an der Straße Kandern-Lörrach noch unteres Rauracien. C. SCHNARRENBARGER (1915) beschreibt hier die Thamnastraeenschichten. Heute sind nur noch die untersten, unreinen, sehr fossilreichen Korallenkalk aufgeschlossen.

Im Süden des Behlen sind in den Steinbrüchen nördlich von H o l z e n 15 m Korallenkalk zu sehen. Oben kommen in diesen Kalken Partien mit

viel Echinodermen-Bruchstücken vor (z. B. im Gewinn Suffert). Daneben enthält der Korallenkalk hier viel zerbrochenes Schalenmaterial. Auch sieht man in diesen Brüchen einzelne Stellen, wo Korallenstock auf Korallenstock sitzt, eingehüllt in körnigen Kalk mit viel Schalensplitt. Aber diese Bildungen ziehen nicht durch das ganze Profil, sondern sind nur lokal auf wenige Dezimeter beschränkt. Der Korallenkalk ist hier sicher auch 40 m, vielleicht sogar 50 m mächtig. Liegendes und Hangendes sind leider nicht aufgeschlossen. Der Kalk ist tektonisch beansprucht und daher stark zerklüftet. Die Schichten fallen nach Süden ein, deswegen die scheinbare größere Mächtigkeit.

Die Brüche von Hammerstein liegen ebenfalls in der nach SW flexurartig abtauchenden Malmplatte des Behlens. Daher sieht man in dem ersten Bruch trotz seiner tieferen Lage die obersten 10 m des Korallenkalkes. In den obersten Teilen ist wieder ein Übergang zu rauhen, kreidigen Kalken mit kleinen Muscheln und Schnecken zu beobachten. Auch gibt es in dieser Zone echte Echinodermenbreckzien, wo Korallen zurücktreten und das ganze Gestein aus Echinodermenresten besteht.

Im gleichen Niveau dahinter liegt ein zweiter Bruch im echten, mittleren Korallenkalk.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Rauracienplatte der Behlenscholle fast nur aus Korallenkalk besteht. Splitterkalke sind nur noch in Resten im Hangenden erhalten. Nicht nur das Sequanien fehlt hier, wie C. SCHNARRENBERGER (1915) schon schreibt, sondern auch das höhere Rauracien. Die Mächtigkeit des Korallenkalkes beträgt 40 m, die gesamte Mächtigkeit des Rauraciens 45—50 m. Wie die Profile der großen Aufschlüsse beweisen, geht die Fossilführung vor allem an Korallen durch das ganze Kalkprofil hindurch, so daß man von einer Zweiteilung in Thamnastraeenkalk und Brachiopodenkalk absehen sollte.

Die Hohe Schule

Auch in der nördlich an den Behlen angrenzenden Hohen Schule zwischen den Orten Tannenkirch, Hertingen und Liel bildet das Rauracien das Dach der Scholle.

Eine Reihe Brüche nördlich von Tannenkirch liegen im fossilreichen Korallenkalk. An einzelnen Stellen sieht man lokal echte Korallenbreckzien. Zonenweise gibt es spätig braune Kalke, die kaum Korallen führen.

Das Gestein fällt nach Süden mit etwa 8° ein und ist stark zerklüftet. Einige Verwerfungen ziehen NW/SO hindurch und setzen die südlichen Teile tiefer, z. T. neben Tertiär (Küstenkonglomerat). C. SCHNARRENBERGER gibt eine solche Stelle nördlich von Tannenkirch an. Eine zweite ist östlich von Hertingen, am südlichen Rand des kleinen Tälchens.

Das unterlagernde Oxfordien kann man auf Grund eines Quellhorizontes und des morphologischen Gegensatzes des flachen Gehänges der Tone gegen den steilen Absturz der Kalke in + 385 m Höhe annehmen. Bei den Korallenkalken handelt es sich wahrscheinlich um die unteren und mittleren Partien. Die Mächtigkeit dürfte 30—35 m betragen.

Weiter im Nordwesten kommen bei E t t i n g e n ganz basale Teile des Korallenkalkes heraus, mit vielen flachen, schön parallelen Thamnastraeenstöcken, auch stellenweise etwas geschichtet.

Im Nordosten von Tannenkirch sind in der Hohen Schule die mittleren Korallenkalkpartien 10—15 m aufgeschlossen. Die Oberfläche dieser Felsen zeigt wieder die typische kleinscherbige Verwitterungsfläche der harten und zähen Massenkalk. Die Mächtigkeit des Korallenkalkes beträgt hier 30—35 m.

Oben auf der Schollenoberfläche ist in + 470 m Höhe gerade noch die Grenze der liegenden Korallenkalk zu den hangenden, sehr reinen und dichten Splitterkalken zu sehen. Sie enthalten keine Fossilien. Die Splitterkalk sind nur noch in einer ganz dünnen Decke als lokaler Rest vorhanden. Die Korallenkalk werden oben grauer und dicht und führen große, flache Korallenstöcke. Auf dem Korallenkalk liegt lokal eine Breckzie, die fast nur aus Seeigelstacheln besteht.

Östlich von H e r t i n g e n zeigen Steinbrüche zwischen Sonnholen und Löhle fossilreichen mittleren Korallenkalk. Weiter östlich wird das Gestein dicht und enthält stellenweise nur wenig Korallen. Wir haben hier schon die oberen Korallenkalkpartien, welche stark verkarstet sind und zahlreiche Jaspisknollen enthalten, die aber den Karstaschen entstammen. Der Korallenkalk ist am „S o n n h o l e n“ nur 20 m aufgeschlossen, dürfte aber auf Grund der Geländekonfiguration auf 30—35 m zu schätzen sein.

Korallenkalk zieht sich noch nördlich der Linie Hertingen-Liel, immer tiefer absinkend, bis nach Schliengen hin. Es sind die leicht geschichteten basalen Teile des Korallenkalkes. Nur im Tal nördlich des S c h n e c k e n - b e r g e s geht das Profil noch in höhere Partien hinauf. Am Westfuß des „Nollenbuck“ greift unterster Korallenkalk sogar noch auf die Nordseite des Hohlenbaches hinüber. Die Mächtigkeit des Korallenkalkes übersteigt am Hölzlin 15—20 m nicht mehr. Darauf legt sich das alttertiäre Bohnerz.

Korallenkalk ist hier das jüngste des Rauraciens. Daß aber noch obere Rauracienschichten und auch das Sequanien einmal vorhanden waren, beweisen die zahlreichen Jaspisknollen des oberen Rauraciens in den Hupperanden und Bohnerztonen und die Funde von Nerineen der sequanen Leitbänke (C. SCHNARRENBARGER, 1915, S. 66). Die Jaspisknollen zeigen aber keine besonderen Spuren von weitem Transport. Die Schüttungsrichtungen der Karstfüllungen, in denen die Knollen liegen, schwanken sehr und geben so keinen Hinweis auf einen Transport von SW.

Zusammenfassung der Profilbeschreibungen

Aus der Beschreibung der einzelnen Vorkommen von Rauracien auf Blatt Kandern und Lörrach kann man ersehen, daß es kaum durchgehende Leit-horizonte im Rauracien für eine stärkere Untergliederung gibt. Um die einzelnen Profile richtig zu verbinden, muß man auf die scharfen Grenzen im Liegenden und Hangenden zurückgreifen.

1. Das Rauracien

In unserem Gebiet beginnt das Rauracien mit einer 5—6 m mächtigen Mergelkalkschicht, den *Thamnastræenmergeln* von O. HUG. Diese Schicht ist durch Petrographie und Fauna besonders gekennzeichnet und leitet vom mergeligen Oxfordien zum kalkigen Rauracien über. Wegen der bezeichnenden Korallenfauna stellt man diese Schicht trotz ihres überleitenden petrographischen Charakters zum Rauracien.

Darüber folgt eine mächtige Kalkserie von ungemein gleichbleibender chemischer Zusammensetzung. Dieser Komplex unterteilt sich nach seiner lithologischen Beschaffenheit in einen unteren Teil aus harten, zähen, körnigen, kristallinen Kalken mit einer reichen Korallenfauna und einen oberen Teil aus äußerst dichtem bis feinstkörnigem, hartem, aber sprödem Kalk mit sehr viel spärlicheren, schlecht erhaltenen Fossilien. Den unteren Teil benennt man am besten nach seinem Habitus „Korallenkalk“. Dieser läßt sich lokal untergliedern in untere Partien, charakterisiert durch unreinere, schlecht geschichtete Zwischenlagen, in mittlere Teile mit den echten, vollkristallinen Korallenkalken und in obere Partien mit grauen, dichten Kalken und großen Korallenstöcken. Den oberen Teil nennt man wegen seiner so charakteristischen, splitterigen Beschaffenheit „Splitterkalke“. In ihnen geben die Jaspisknollen in der Mitte dieses Komplexes einen lokalen Leit-horizont, denn sie sind weiter verbreitet als bisher angenommen wurde. In den obersten Teilen führen die Splitterkalke Oolithe, die an mehreren Stellen beobachtet wurden.

Aber alle diese Unterstufen sind nicht durch scharfe und durchlaufende Grenzen voneinander getrennt, sondern erlauben nur eine ungefähre Orientierung in dem mächtigen Profil.

Diese Gliederung: Hangendes

Sequanien

Splitterkalke	20—22 m	} Rauracien
Korallenkalke	40 m	
Thamnastræenmergel	6 m	

Liegendes

Oxfordien

weicht von der bisherigen Gliederung von O. HUG (1897) ab. Besonders in den Mächtigkeiten ergaben sich neue Werte gegenüber den alten Auffassungen.

Auf Grund der genauen Profilstudien ergibt sich aber, daß man eine Trennung der „Thamnastræen-Kalke“ von den „eigentlichen Korallenkalken“ nicht durchführen kann. Es handelt sich in der unteren Hälfte des Rauraciens um einen einheitlichen Kalkkomplex mit den angedeuteten Untergliederungsmöglichkeiten. Die namengebenden Thamnastræen sind aber im gesamten Profil des Korallenkalkes verteilt; basal sind sie nur lokal sehr angehäuft. Nur das obere Rauracien läßt sich seiner anderen lithologischen Beschaffenheit wegen abtrennen. Auch die früheren Autoren beschrieben schon diese dichten, spröden Kalke, faßten sie aber mit den liegenden Korallenkalken zusammen. Aber das andere Aussehen, wie die veränderte Fauna und das unterschiedliche Verhalten des oberen und unteren Teiles gegen mechanische Beanspruchung, muß als Ursache eine verschiedene Genese haben.

Nach den Profilen des Behlens und der Hohen Schule gilt das eben geschilderte Idealprofil des Rauraciens nicht nur für das Gebiet des Isteiner Klotzes, sondern auch für das Gebiet des Blattes Kandern. Nur fehlt dort das obere Rauracien, das nach seiner Bildung während der kretazisch-alt-tertiären Festlandsperiode der Abtragung bzw. Auflösung zum Opfer fiel. Die letzten Reste der Splitterkalke im Dach der Korallenkalke auf der Hohen Schule und im KAISERSchen Steinbruch beweisen dies; ebenso auch die im Bohnerzton und im Huppersand vorkommenden Jaspisknollen, die sonst nur in den Splitterkalken auftreten. Daraus ergibt sich, daß das Rauracien in diesem Gebiet sehr einheitlich entwickelt war.

2. Das Sequanien

Nur im Gebiet des Isteiner Klotzes liegen auf dem noch vollständigen Rauracienprofil geschichtete Kalke und Mergelkalke. Gleich die erste Mergelkalkschicht (0,2—0,6 m) und die darüber folgende klotzige, 3 m mächtige Kalkbank haben ein besonderes Gepräge, so daß beide zu einem richtigen Leithorizont werden. Man nennt sie deswegen am besten „Leitschichten“, um sie vom übrigen Sequanienprofil abzuheben. O. HUG (1894) und M. MIEG (1895) haben aus der ersten Mergelkalkschicht *Astarte* cf. *supracorallina* d'Orb. erwähnt, eine im Sequanien charakteristische Muschel. Die klotzige Kalkbank darüber ist gekennzeichnet durch eine Trümmerstruktur, durch einen Mumienhorizont und durch zahlreiche Nerineen. Da aber auch noch darüber Nerineen vorkommen, ist der Name Nerineenkalke für diese charakteristischen und wichtigen Schichten nicht so günstig.

Über den Leitschichten folgen eine Serie von 8—9 m mächtigen, stets wohlgeschichteten, harten Kalken und als höchstes des Juras hier überhaupt unter der tertiären Überlagerung eine 5—6 m mächtige Schichtabfolge, in der harte Kalkbänke mit weichen Kalkmergeln wechseln.

Das Sequanienprofil wird von einer stark verkarsteten alten Landoberfläche geschnitten. Auf ihr liegen in großer Erosionsdiskordanz eozäne Schichten, die verschieden tief auf ältere Schichten hinabgreifen.

Aus dem Geschilderten ergibt sich folgendes Profil:

Hangendes:			Eozän
Wechsel von Kalken und Mergeln		max. 6 m	} Sequanien
Bankkalke		9 m	
Leitschichten:	Nerineenbank	3 m	
	Mumienhorizont		
	Trümmerbank		
Grenzmergelschicht		0,2—0,6 m	
Liegendes:			Rauracien

Dieses Profil entspricht dem von WITTMANN (1952) gegebenen Sequanprofil vom Leuselberg bei Efringen bis auf den Grenzmergelhorizont, der dort wie auch im Gewann „Fuchsrain“ nicht mehr aufgeschlossen ist. Doch erst diese Schicht bildet den Grenzhorizont zum Rauracien und ermöglicht daher die Parallelisierung mit den alten Profilen von M. MIEG (1895) und O. HUG (1897).

Einen Vergleich der bisherigen Rauracien/Sequanien-Profile zeigt die auf der nächsten Seite stehende Tabelle.

Zum Schluß sei aber darauf hingewiesen, daß die Gliederung unseres Rauracien/Sequanien-Profiles auf lithologischen Merkmalen aufbaut. So sind die Schichten keine rein stratigraphischen Begriffe, sondern nur eine bestimmte Fazies. Dies wird manche paläontologische Unklarheiten erklären.

Die Lithogenese des unteren Weißjura in Oberbaden

Da das Rauracien nur nach lithologischen Gesichtspunkten untergliedert werden kann, ist die Frage nach der Entstehung der verschiedenen Gesteinstypen und ihrer Ablagerungsbedingungen von besonderem Interesse. Die prägenden Faktoren der Genese sollen untersucht werden, um die Entstehungsgeschichte des Rauraciens zu verstehen und damit auch seine Verbreitung und Beziehung zu den benachbarten Gesteinen.

Das Rauracien ist faunistisch durch die zahlreichen Korallen gekennzeichnet. Daher wurden die mächtigen und ungeschichteten Kalkmassen in der Literatur häufig als ein Korallenriff angesprochen. Korallenriffe haben im allgemeinen einen ganz bestimmten Aufbau. Aus Bau und Form kann man Rückschlüsse auf die Verhältnisse der damaligen Meere, der Strömungs- und Windrichtungen und des Klimas ziehen. So sollen die lithogenetischen Untersuchungen auch Aufklärungen über die Riffnatur der raurachischen Gesteine geben.

Die Grenze Oxfordien/Rauracien zeigt in dem petrographischen Gesteinswechsel eine deutliche Veränderung des ehemaligen Bodenmilieus. Auf-

	MIEG (1895)	HUG (1897)	WITTMANN (1952)	KABELAC
Sequanien	Calcaire compact 8-9 m	kompakt. Kalk 12 m	Mergel 6 m	Mergelkalke 5-6 m
	Calcaire compact à Nérinées 1,4-2 m	Nerineenkalk 1,5-2 m	harte Kalke 8-9 m	Bankkalke 9 m
	Calcaire marneux à Lamellibranches 0,3-0,4 m	mergel. oolith. Schichten 0,3-0,5 m	Nerineenbank 1,5 m Mumienbank 0,2 m	Nerineenbank Mumienschicht Trümmerbank 3 m Leit- schichten Grenzmergel- schicht 0,2-0,6 m
Rauracien	Calcaire compact à Terebratula insignis et polytypiers 30-40 m	Brachiopodenkalk 35 m eigentl. Korallenkalk 8 m Thamnastraeeenmergel 2 m	Brachiopoden- Korallenkalk 40 m Thamnastraeeen- kalk Thamnastraeeen- mergel 6 m	Splitterkalke 20 m Korallenkalk 43 m Thamnastraeeen- mergel 5-6 m
	Oxfordien	Oxfordien	Oxfordien	Oxfordien

fallend ist in dem tonig-mergeligen obersten Oxfordien der im Bodenschlamm lebende Anteil der Fauna. Sehr häufig sind die Pholadomyen, die nie mit Serpeln wie zahlreiche andere Fossilien bewachsen sind, und der kiefernlose Seeigel *Collyrites bicordata*. Die zahlreichen Crinoidenreste und die Ammoniten deuten auf ein tieferes, freies Meer. Mit Beginn des Rauraciens muß das Meer flacher geworden sein. In den noch mergeligen Thamnastraeenschichten beginnt die starke Kalksedimentation und die Besiedlung mit Korallen. Der Meeresgrund wurde fester, die Schlammbewohner und die Ammoniten bleiben aus. Sehr viele Fossilien zeigen wieder einen Bewuchs von Serpeln und kleinen Austern. An alten Formen bleiben die Brachiopoden und reguläre Seeigel, auch Crinoiden halten sich noch. DEECKE (1915) weist darauf hin, daß die Gattungen *Apiocrinus* und *Millericrinus* der sonst gegen Trübung sehr empfindlichen Crinoiden gelegentlich auch in flachem, mergeligem Milieu ganz gut gedeihen konnten. Mit ihren verdickten Wurzeln konnten sie sich wie mit einem schweren Anker auch in bewegtem Wasser halten. In den untersten Rauracienschichten konnten Crinoiden und Korallen noch nebeneinander existieren. Doch in dem immer flacher werdenden Meer gewannen die Korallen die günstigeren Lebensbedingungen und das Biotop für sich.

Die Toneinschüttung hörte auf, und es herrschte bald reine Kalksedimentation. Dies deutet nach SCHWARZBACH (1950) auf warme, mit gelöstem Kalk übersättigte, küstennahe Flachmeere. Wie aus der Reinheit der Kalke hervorgeht, hat das benachbarte Festland kaum Sediment geliefert, was klimatisch oder strukturell bedingt gewesen sein kann.

Die Fauna des Korallenkalkes wird durch drei Tiergruppen gekennzeichnet: Flache Korallenstöcke, articulate Brachiopoden und reguläre Seeigel. In den heutigen Meeren leben Riff- und stockbildende Korallen nicht unter 50—60 m Tiefe. C. SPEYER (1926) glaubt aus dem Überwiegen von rasenbildenden Formen, wie den Thamnastraeen, in der norddeutschen Korallenfauna des unteren Malm auf ein sehr seichtes Meer schließen zu können. Nach einer Untersuchung von M. K. ELIAS (1937) kommen Korallen vergesellschaftet mit zahlreichen articulaten Brachiopoden (Terebrateln) in einer Zone von 30—50 m Meerestiefe als 5. und 6. Biozone entlang einer ehemaligen Küste vor. Diese Zone liegt bei flachen Küsten schon außerhalb des Bereiches der Tonsedimentation, so daß am Meeresboden vorzugsweise Kalkschlamm niedergeschlagen wird.

Auffallend ist das Zurücktreteten von stark brecciösen Gesteinen. Nur lokal kommen hier und da (wie z. B. bei Hammerstein und nördlich von Tannenkirch) echte Breccien vor. Meist liegen die flachen Korallenstöcke schön in der Schichtung im Sediment. Auch die übrigen Fossilien zeigen meistens keine starke Abrollung. Die Brachiopoden sitzen häufig in ihrer Lebensstellung mit dem Stielloch nach unten und der gewölbten Oberklappe nach oben. So kann nicht auf eine sehr starke Wasserbewegung geschlossen werden, wie es z. B. für den Haupttrogenstein angenommen wird, wo die

meisten Fossilien einschließlich der auch dort vorkommenden Korallen zerbrochen und abgerollt sind. Sowohl C. SPEYER (1926) wie auch K. FRENTZEN (1932) sehen die dünnen, weit ausladenden Kolonien der Gattungen *Thamnastraea*, *Dimorphastraea* und *Latusastraea* als Stillwasserformen an, die ruhigere Buchten mit stillem Wasser als Lebensraum bevorzugten.

Diese Formen überwiegen bei weitem unter der Korallenfauna, die auffallend artenarm gegen die überaus reiche Korallenfauna in den Korallenkalken des Berner Juras (E. Koby, 1880—1889) ist. Viel artenreicher ist die Begleitfauna der Korallen. O. HUG (1897) nennt allein elf Terebratelarten aus dem Rauracien. Es scheint allerdings, daß einige dieser Terebrateln nur extreme Varianten weniger Arten sind. Während die Terebrateln häufig als Schalenexemplare vorhanden sind, findet man die Muscheln und Schnecken überwiegend als Steinkerne. Eine geringe diagenetische Umwandlung durch Lösung zeigen auch die Schalenreste im Gestein, die häufig mit der Matrix eng verzahnt sind und keine scharfe Begrenzung mehr zeigen. Vielfach fielen ferner der Auflösung und Umkristallisation die Feinstrukturen der Korallen zum Opfer.

Gewisse Zonen bilden allerdings Ausnahmen. So sieht man bei Istein sehr schön, wie über den Nestern und Schichten mit *Terebratula Bauhini*, die in der Lebensstellung eingebettet wurden, z. T. richtige Brachiopoden-Schillbänke folgen. Es gibt ebenfalls Schalenpflaster von Brachiopoden. In diesen Schichten sind auch zahlreiche, wirr durcheinander gelagerte Seeigelstacheln vorhanden, z. T. zerbrochen, ohne daß die dazu gehörenden Seeigelgehäuse vorhanden wären. Neben den seltenen echten Korallenbreccien findet man aber auch gerollte Korallen und Korallenbruchstücke, und Fossilspalt als feines Zerreibsel fehlt nicht. Neben der Zerkleinerung durch Organismen (JOH. WALTHER, 1888) muß dies wohl örtlicher Wasserbewegung durch Wellen und Gezeiten in dem flachen Meere zugeschrieben werden. Im ganzen betrachtet tritt aber die Wirkung von starker Wasserbewegung zurück. Der Korallenkalk ist mehr durch eine ruhige und gleichmäßige Entwicklung gekennzeichnet.

In den oberen Teilen des Korallenkalkes nimmt an einigen Stellen die Korallenführung ab, d. h. im Gestein liegen einzelne, dafür besonders große Korallenstöcke weiter voneinander entfernt.

Das Wasser war sicher warm. Die reiche Entwicklung von Riffkorallenstöcken findet man heute nur bei Wassertemperaturen von 18—36° C. Das Optimum liegt zwischen 25—29° C (VAUGHAN und WELLS, 1943). Schon zur Bildung der großen und reichen Kalkmassen ist tropisch warmes Wasser notwendig.

Nach WATTENBERG (1931) kann bei Konzentrationsvorgängen im Meerwasser gelöstes Bikarbonat in Kalk übergehen und ausfallen. Diese Konzentrationsvorgänge werden aber nur in warmen und flachen Meeren bei erheblicher Verdunstung erreicht. Die Meinungen über chemische Kalkfällung im Meer sind nach J. PIA (1933) sehr verschieden. Sicher ist im Korallenkalk

der organische Kalkanteil groß. Aber die submikroskopisch kleinen und reinen Kalkteilchen dürften ausgefällt worden sein. Stark beteiligt an der Kalkausfällung war wohl die Kalkfällung durch Verwesung, nach ANDRÉE (1920) Verwesungsfällungskalk. Der Fossilreichtum des Korallenkalkes weist ja auf ein üppiges Leben mit reichlicher Nahrungsmöglichkeit hin. Die organische Substanz der absterbenden Organismen ist bei guter Durchlüftung des Meeresbodens, besonders bei dem flachen und warmen Wasser, rasch fast restlos abgebaut worden. Es bildet sich dabei neben CO_2 und H_2O auch NH_3 . Das letztere bildet Ammoniumcarbonat, das mit Ca-Salzen des Meerwassers in Reaktion tritt und Kalk ausfällt. Im ganzen Korallenkalkprofil treten kaum Hinweise auf reduktives Bodenmilieu auf. Die Versorgung mit Sauerstoff war so überall gewährleistet, der pH-Wert infolge des Kalküberschusses sehr hoch, das Redoxpotential positiv. Die gesamte organische Substanz der doch stellenweise rein organogenen Kalke ist aus dem Gestein verschwunden; als letzter mineralischer Rest blieb ein ganz geringer Gehalt an Phosphor und Schwefel.

Das im Rauracien vorkommende Bitumen hat mit der ursprünglich vorhandenen organischen Substanz wohl nichts zu tun. ALBIEZ (1935) erwähnt Asphalt auf Klüften des Isteiner Klotzes. Am Hardberg findet man ebenfalls auf Klüften braunschwarze, organische Substanzen und auch z. T. große Batzen von Asphalt, die das angrenzende Gestein schwarz durchtränkten. Da die organischen Substanzen sich auf Gesteinsklüften beschränkt finden, kann man aber annehmen, daß diese Stoffe von außen eingewandert sind.

Sonst ist der Korallenkalk in grobe Bänke von etwa 2 oder 3 oder 5 m und mehr aufgegliedert. Diese Bankung liegt zwar in der ursprünglichen Richtung der Schichtung, ist aber sekundär. M. SEMPER (1916) weist schon darauf hin, daß nicht alle Schichtung durch Sedimentveränderung entsteht, und hält für die Entstehung der Bankung eine Druckwirkung für möglich. Nach J. SCHOO (1922) sind Bankungsfugen in homogenen Gesteinen infolge von Gesteinsspannungen entstanden, die in den Flächen geringsten Zusammenhangs (geringsten Widerstandes), nämlich den ehemaligen Ausbreitungsflächen, ausgelöst werden. Nimmt man diese mechanische Erklärung zur Entstehung der Bankung an, so sieht man, daß bei ihrer Entstehung ein Materialfaktor eine Rolle spielen muß, der sich vor allem in der Mächtigkeit der Bank widerspiegelt. Dieser ist offenbar von der Sprödigkeit des Gesteinsmaterials abhängig. So kann man beobachten, daß in sehr dichten Kalken die Abstände der einzelnen Bankungsfugen geringer sind als in körnigen Kalken mit viel Fossilinhalt. In dem körnigen Korallenkalk sind mächtige Partien oft ungebankt, während in den dichteren oberen Korallenkalken, wie in den hangenden Splitterkalken, eine regelmäßige Bankung von 2—3 m zu beobachten ist.

In den Korallenkalken sind räumlich eng begrenzte, geschichtete Partien vereinzelt eingestreut, die O. WITTMANN (1952) von Kleinkems beschrieb und die auch am Klotzenfelsen — selten am Hardberg und bei Tannenkirch

— vorkommen. O. WITTMANN deutet sie als Kanäle im zoogenen Riffwachstum. Die geschichteten Partien treten aber nicht nur im Korallenkalk, sondern auch im Splitterkalk auf und sind im Korallenkalk nicht immer an Stellen mit reicher Korallenfauna gebunden, sondern liegen z. T. in dichten Kalken mit nur vereinzelt und verstreut verteilten Korallen im Gestein. In diesen Fällen ist es schwer, sich einen von Kanälen durchzogenen Korallenverband vorzustellen, der diese überwuchert und einschließt. Man hat hier mehr den Eindruck einer erosiven Wirkung auf den schon etwas verfestigten Meeresboden, wie es ähnlich A. MÜLLER (1950) aus dem oberen Muschelkalk geschildert hat.

O. WITTMANN (1952, S. 31/32) weist auch auf gewisse lithologische Verschiedenheiten im Rauracien des Isteiner Klotzes und des Kandertales hin, die sich neben einer verschiedenen Mächtigkeit und Fossilführung vor allem in einem verschiedenen Chemismus (stärkere Verunreinigung der Kalke durch mergelige und dolomitische Gesteine) ausdrücken. Durch die neuen Aufschlüsse, besonders bei Istein, wurde aber gezeigt, daß die Mächtigkeit des Korallenkalkes größer ist, als bisher angenommen wurde, nämlich 40 m wie im Kandertal. Auch gibt es am Isteiner Klotz im Korallenkalk äußerst fossilreiche Stellen, wie Aufschlüsse im Engetal, im Katzenrain und am Hardberg zeigen. Die chemischen Analysen aus dem Kaiserschen Steinbruch (O. WITTMANN, 1952, S. 156) sind leider nicht horizontiert entnommen, so daß ein Vergleich schwierig ist. Neben sehr reinen Kalkproben fallen vor allem Proben mit hohen MgO-Werten auf, die, wie WITTMANN schreibt, auf dolomitreichere Gesteine schließen lassen. Aber auch im Isteiner Gesteinsprofil haben wir an der Basis des Korallenkalkes unreine Schichten, die über 6% MgO und mehrere Prozente Kieselsäure enthalten. Grünlich-graue Partien im Steinbruch am Klotzenfels sind diesen Schichten im Kandertal sehr ähnlich. Durch die fehlenden Gesteine des oberen Rauraciens und des Sequaniens sind die Korallenkalke im Kandertal viel stärker verkarstet und damit als ganzer Komplex schon sehr verunreinigt.

Es scheint daher vielmehr eine ziemlich einheitliche Ausbildung der Korallenkalken in beiden Gebieten vorzuliegen.

Die Riff-Frage

Und nun zu der Frage: Handelt es sich bei den Isteiner Korallenkalken um ein echtes Riff?

Sicher verführen die massigen und korallogenen Kalke mit ihrer typischen Riffbegleitfauna zur Annahme eines Riffes, das sich auf den Korallenmergeln entwickelte. Bei relativ stabilem Boden wuchs das Riff etwa 50 m und umschlang die sich aus dem unteren Malmmeer herauschälende Vogesenschwelle (siehe auch O. KUHN, 1953).

Im allgemeinen ist ein Riff ein streng definiertes Gebilde mit einer charakteristischen Bauart. Nach CUMMINGS (1932) ist das Wesen eines Riffes

eine Struktur organischen Ursprungs, die aus ihrer Umgebung herausragt und von Sedimenten anderer Lithologie umrahmt wird. Neuerdings hat F. LOWENSTAM (1950) die Riffdefinition eingehend besprochen und betont, daß nicht die heutige Struktur einer herausragenden, riffartigen Masse das Wesen eines Riffes ausmacht. Vielmehr ist die primäre, eigene Aktivität, das Hochwachsen der riffbauenden Organismen und die Sedimentbindung der organischen, der Brandung widerstehenden topographischen Struktur charakteristisch.

In dem Korallenkalk des Rauraciens sind nur relativ geringe Brandungswirkungen erkennbar; gröbere Schuttmassen fehlen. Der gesamte Korallenkalk ist durch einen ruhigen und gleichmäßigen Aufbau gekennzeichnet. In der Beschreibung rezenter Korallenriffe wird immer wieder auf eine starke und charakteristische, meist schmale Biozonenbildung auf den Riffen, sowohl in vertikaler als auch vor allem in horizontaler Richtung, hingewiesen, die durch ökologische Faktoren bedingt ist (H. LADD, J. TRACEY, J. W. WELLS, K. O. EMERY [1950], Ph. W. FAIRBRIDGE [1950]). Eine charakteristische Zonenbildung ist in der sehr gleichmäßig ausgebildeten Korallenkalkplatte nicht zu erkennen. Eine Verfingerung mit Lagunen- und Riffschuttsedimenten und Übergußschichten ist nirgends aufgeschlossen. Diese Korallenkalkplatte ist überall gleich ausgebildet und ist ja nicht auf das Gebiet zwischen Kandern und Istein beschränkt, sondern zieht sich weit nach SW nach Frankreich und in die nordwestliche Schweiz hinein.

C. F. GEYER (1953) nimmt als Charakteristikum für eine Riffbildung den Umstand an, daß Korallenstöcke gleicher Art im Laufe der Zeit in mehreren Lagen übereinander auftreten, also einen Verband neben- und übereinanderliegender Kolonien bilden. Dies ist im Isteiner Korallenkalk überwiegend nicht der Fall; die Korallenstöcke liegen vollständig getrennt im Kalkzement eingebettet. Eine wesentliche Umkristallisierung, die dieses organische Rahmenwerk zerstört hätte, hat nicht stattgefunden, denn die einzelnen Korallenstöcke sind im Kalk noch recht gut zu erkennen. Eine Dolomitisierung hat ebenfalls nicht stattgefunden, wie die Reinheit des Kalkes zeigt.

Ohne Zweifel handelt es sich aber bei den Korallenkalken um eine echt koralligene Bildung! Dafür spricht schon der Faunen-Inhalt mit der für eine Riffauna typischen Zusammensetzung. Die Ökologie des Meeresbodens entsprach etwa der einer Riffflagune. Aber unter einem Korallenriff versteht man ein fest definiertes, umgrenztes, organisches Gebäude mit einer bestimmten Architektur. Und diese Architektur ist im Isteiner Korallenkalk nicht gegeben, eine Begrenzung nicht zu erkennen. Wir müssen uns die Bildung der Korallenkalkte vielmehr aus einem üppigen Korallenrasen auf einem flachen und relativ stabilen Meeresuntergrund vorstellen. Dabei ist es auch örtlich in kleinem Maße zu richtiger Riffbildung gekommen, wo einmal Korallenstock auf Korallenstock saß, wo vor allem die großen verzweigten Stöcke üppig gediehen, wo sich zur gewöhnlichen Begleitfauna der Tere-

brateln, der Cidariten, Muscheln und Schnecken zahlreiche Kalkalgen als typische Riffbegleiter einstellten und wo es auch echte Brekzienbildung gab. Solche Bildungen waren aber immer auf kleine Räume beschränkt und in dem zeitlichen Ablauf der Bildung des Korallenkalkes eingeschaltet. Kalkalgen sind sonst kaum vorhanden.

Solche örtliche Riffbildungen hatten z. B. am Hardbergtunnel, am Ausgang des Engetales und im zweiten Steinbruch nördlich von Tannenkirch am Ende der Bildung des Korallenkalkes stattgefunden. Hier zeigt sich auch die Begrenzung von Korallenkalk und Splitterkalk nicht als Schichtgrenze, sondern als Faziesgrenze. An diesen Stellen nimmt die Mächtigkeit des Splitterkalkes zugunsten des Korallenkalkes ab.

So mögen die Korallen an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten kleine Riffkrusten am Meeresboden gebildet haben. Bei diesen kleinen lokalen Riffbauten oder besser Riffkrusten wird es sich um ähnliche Gebilde handeln, wie sie A. ORTMANN (1892) als Flachseeriffe bezeichnet. Es handelt sich um ganz flache Korallenriffüberzüge an stationären oder sich langsam hebenden oder senkenden Küstengebieten. Auch im Rauracien haben wir es mit einem relativ stationären Untergrund zu tun.

Danach halte ich es für nicht berechtigt, den gesamten Korallenkalk von Istein als ein komplexes Korallenriff im Sinne von LOWENSTAM (1950) aufzufassen.

Auch A. HEIM (1919) schreibt von den viel mannigfaltigeren Korallenkalken des schweizerischen Juras, daß von „echten Korallenriffen, wo ein Korallenstock fest auf dem anderen aufgebaut ist“, nicht gesprochen werden kann. E. KOBY (1892) kann die Korallenkalke des oberen Rauraciens im Berner Jura keinem Rifftypus zuordnen und meint vielmehr, daß es sich auch dort um „einfache korallogene Decken“ auf dem Meeresboden handelt. Und von den württembergischen Korallenvorkommen bezeichnet O. F. GEYER (1953) nur das Arnegger Vorkommen als echtes Riff, weil hier eine örtlich begrenzte korallogene Struktur deutlich von Schuttsedimenten umgeben ist, wie BERCKHEMER (1929) beschreibt. Die heutigen klotzigen Isteiner Felsen dürfen ebensowenig als ein ehemaliges Riff angesehen werden wie die schwäbischen Massenkalken, die nach A. ROLL (1934) ursprünglich auch nur Schwammbänke waren.

Die Splitterkalke

In den Splitterkalken über den Korallenkalken hört plötzlich die reiche Korallenführung auf. Man findet nur noch verkümmerte Einzelkorallen. Auch die anderen Fossilien werden seltener.

Die Kalksedimentation geht wie vorher weiter, nur noch reiner und viel feinkörniger! Analysen ergeben eine Gesamtverunreinigung von 0,4—0,8%. Von Vergiftungserscheinungen durch H_2S läßt sich im Gestein nichts erken-

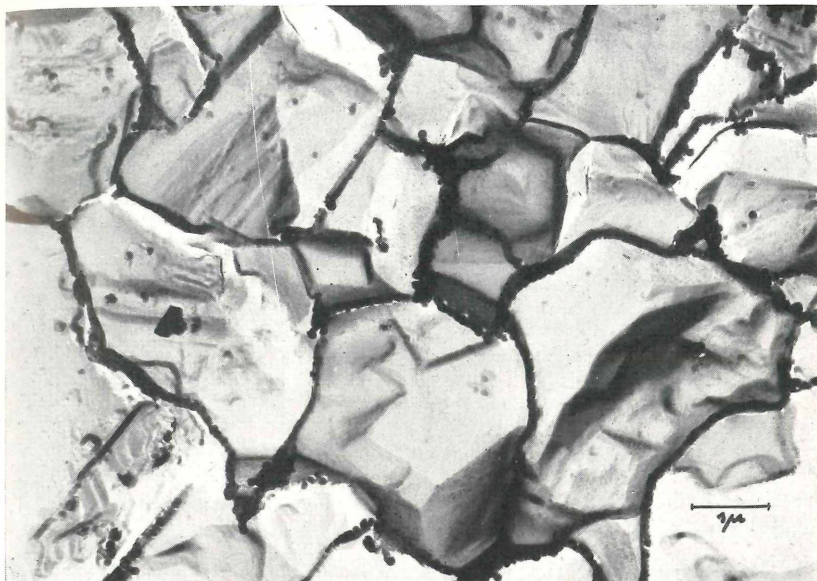


Abb. 10: Dichter Splitterkalk vom Hardberg bei Istein
Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Doppelabdruckes (Triafol mit SiO schräg bedampft). Präp. Dr. Seeliger

nen. An gewissen Stellen, so am Hardberg bei Istein, läßt sich eine Verzahnung von dichten, fossilarmen und körnigen fossilreichen Kalken erkennen.

Bei der gleichbleibenden Sedimentation erklärt sich das Absterben der üppigen Korallenrasen am leichtesten durch eine Verstärkung der Sedimentation. Das Korallenwachstum wurde durch zu starke Kalkschlammabildung einfach erstickt. Noch viel stärker als beim Korallenkalk muß hier die reine oder physiologische Kalkfällung gewesen sein. Heute bilden sich sehr reine, weiße Kalkschlämme durch anorganische Kalkausfällung auf den Bahama-Bänken in flachem, warmem und wenig bewegtem Wasser. Diese Schlämme sind nach G. H. DREW (zitiert bei K. ANDRÉE, 1920) durch die physiologische Tätigkeit des Bakterium *Calcis*, das in ungeheuren Mengen in dem warmen Oberflächenwasser der Bahamas lebt, entstanden. T. H. VAUGHAN (1914) weist auf das Vorkommen sehr feiner Oolithe in diesen Kalkschlämmen hin, die auch in unseren Splitterkalken vorkommen und sich durch einen verhältnismäßig kleinen Korndurchmesser auszeichnen.

Der Meeresboden war jetzt wieder sehr weich und schlammig. Die feinen Kalkteilchen dürften wohl an der Meeresoberfläche entstanden sein und, schon kristallisiert, langsam als kleinste Flöckchen zu Boden gesunken sein. Dort war infolge ihrer wirren und ungeordneten Lage die Möglichkeit für

eine Sammelkristallisation und die damit verbundene Kornvergrößerung nicht gegeben; denn nach W. D. KELLER (1954) ist dafür eine gewisse Energie erforderlich, die offenbar nicht vorhanden war. Der Kalkschlamm hatte wohl längere Zeit keine stärkere Auflast zu tragen, was die nötige Energiequelle zur Sammelkristallisation hätte abgeben können.

Dies wird durch die Fauna bestätigt. Korallenkolonien und sessile Organismen findet man in den Splitterkalken nicht mehr. Auf dem schlammigen Grund konnten sie nicht gut leben. Unter den Muscheln überwiegen die freibeweglichen Formen ohne Byssus, auch stellen sich wieder grabende Seeigel ein.

Im Dünnschliff erkennt man aber auch in den Splitterkalken längliche und runde organische Schalenreste, die sehr viel gröber als die Grundmasse sind, in der sie liegen.

Die Splitterkalke sind durch einen sehr dichten Aufbau gekennzeichnet. Unter dem Mikroskop ist von der Struktur dieser Kalke noch nichts zu erkennen. Bei größter Vergrößerung sieht man im Lichtmikroskop gerade vereinzelte gröbere Einsprenglinge in der dichten Kalzitgrundmasse, die wohl feinste Schalenbruchstücke organischen Ursprungs sind.

Um trotzdem über die Struktur etwas aussagen zu können, wurden Abdrücke mittels sehr dünner Folien von frischen und polierten Bruchflächen der Splitterkalke untersucht. Bei 500facher Vergrößerung sieht man schon eine ganz feine Körnung. Neben den erwähnten größeren Bruchstücken sieht man in einer feinkörnigen Grundmasse einzelne größere Körnchen von meist unregelmäßigem Umriß, aber scharfen Kanten. Zur genaueren Untersuchung fertigte Herr Dr. SEELIGER vom radiologischen Institut der Universität Freiburg Aufnahmen der Folienabdrücke unter dem Elektronenmikroskop an, wofür ich auch an dieser Stelle herzlich danke.

Auf diesen Bildern (Abb. 10 u. 11) erkennt man, daß das Gestein aus sehr kleinen, ganz unregelmäßig geformten Polyedern besteht. Diese sind scharfkantig begrenzt, die Flächen sind oft nicht eben, sondern muschelartig und glatt. Die Lagerung der einzelnen Körner ist sehr dicht. Doch ein minimaler Porenraum muß auch in diesen dichten Gesteinen vorhanden sein; denn die auf die Bruchfläche des Handstückes gelegte Folie drang etwas zwischen die Körner ein und zeigt so ihre Umrandung und Gestalt an. An einzelnen Stellen drangen sogar ganze Lappen der Folie in ganz feine, submikroskopische Hohlräume. Die durchschnittliche Korngröße ist $2-4\ \mu$ im Durchmesser. Die Körner sind verschieden kristallographisch orientiert, aber in sich offenbar von einheitlicher Kristallstruktur. An der polierten Fläche sieht man eine kornindividuelle, innerhalb jedes Kornes einheitliche Abwandlung der Schleifkratzer. Auch beim Anätzen mittels schwacher Säure zeigen die entstehenden Ätzfiguren verschiedene Richtungen bei den verschiedenen Körnern. Die Struktur des Gesteins ist nicht kataklastisch. Von zerbrochenem Zerreibsel zwischen den Körnern (Mörtelstruktur) ist nichts zu sehen, auch



Abb. 11: Splitterkalk wie Abb. 10, geschliffen und poliert
Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Lackabdruckes, mit WO_2 im Hochvakuum schräg bedampft. Präp. Dr. Seeliger

nicht von einer späteren Rekristallisation dieses Zerreibsels. Aus dieser Tatsache muß man vielmehr annehmen, daß die Körnchen sich in dieser Größe oder kleiner primär gebildet haben. Die unregelmäßige Form und innige Verzahnung der Körnchen kann vielleicht so erklärt werden, daß sich Kristallite schon im Meerwasser gebildet haben, zu Boden sanken und im Sediment während der Diagenese noch etwas weiter wuchsen, bis sie sich gegenseitig berührten. Durch diese Berührung wurde die weitere Anlagerung von Kalk aus dem kalkigen Porenwasser gestoppt, und es kam zu der kantigen Gestalt und engen Verzahnung.

Vielleicht spielen dabei auch gewisse Lösungsvorgänge in dem sich setzenden und langsam verfestigenden Kalkschlamm eine Rolle. Darauf weisen die angelösten und mit den feinsten Körnchen verzahnten Schalenreste von Fossilien hin.

Tiefer war das Meer sicher nicht geworden, eher seichter, wie die Oolithe im Dach der Splitterkalke beweisen. WALTHER (1912) gibt für die Oolithbildung seichtes Wasser mit reicher Planktonfauna an. Oolithentstehung ist an Kalkfällung gebunden, gleich durch welche Form und wodurch die Kalkausscheidung hervorgerufen wurde, Nach DREW und VAUGHAN (siehe oben)

war es eine physiologische Kalkausfällung durch die Tätigkeit von Bakterien. Andere Forscher nehmen eine Beteiligung der Kalkfällung durch Verwesungsgase der sich zersetzenden organischen Stoffe, besonders des stets reichlich vorhandenen Planktons, an.

Für die Größe der Ooide macht K. H. SINDOWSKI (1936) den Kern verantwortlich und schreibt im Rogenstein den kleinsten Ooiden ein Quarzkörnchen, den größeren eine Foraminiferenschale als Kern zu. F. GAUB (1910) macht für die Ooidgröße die Stärke der Wasserbewegung und die Sedimentationsgeschwindigkeit verantwortlich.

FREYBERG (1920) schildert die Ooidbildung in aridem Klima am flachen Strand und hebt hervor, daß die den Oolithen beigemengte Fauna oft aus kleinen Arten und Jugendindividuen besteht. Häufig seien auch Foraminiferen vertreten. Beide Beobachtungen treffen auf die Splitterkalke zu. Die wenigen Brachiopoden und Einzelkorallen in den Splitterkalken sind bedeutend kleiner als in den Korallenkalken, und Foraminiferen sind besonders in den Jaspisknollen häufig erhalten.

Die Splitterkalke verhalten sich gegenüber tektonischer Beanspruchung anders als der liegende Korallenkalk. Sie sind infolge ihrer Feinkörnigkeit und dem geringen Fossilinhalt fast homogen. Es handelt sich um harte, aber sehr spröde Kalke, die bei mechanischer Beanspruchung in kleine scharfkantige Teilchen zersplittern. Man sieht daher überall die Splitterkalke — durch spätere Tektonik beansprucht — sehr stark zerbrochen. Die Bruchwände sehen kleinscherbig aus, die Kalke bilden meist schmale, senkrecht stehende Platten, die leicht abbröckeln. So gibt es kaum natürliche Splitterkalkaufschlüsse, weil diese bald durch ihren eigenen Schutt zugedeckt werden. Anders die Korallenkalk, die einmal wegen des gröberen Kornes eine bessere Verzahnung im kleinen haben, zum anderen durch die zahlreichen Korallenstöcke und auch die anderen Fossilien eine Versteifung erfahren. So brechen die Korallenkalk bei mechanischer Beanspruchung in grobe Blöcke und sind durch die spätere Tektonik lange nicht so zerstückelt worden. Das verschiedene mechanische Verhalten beider Kalkkomplexe ist an ihrer Grenze zu sehen, wo über dem massigen Korallenkalk die starke Zerklüftung im Splitterkalk anfängt.

Zur Genese der Jaspisknollen

In den Splitterkalken kommen die schon häufig erwähnten Jaspisknollen vor (K. FROMHERZ, 1853, S. 62; O. HUG, 1897, S. 20; O. WITTMANN, 1952, S. 30), deren Vorkommen auch Rückschlüsse auf ihre Entstehung und den Ablauf der Diagenese des umgebenden Gesteins erlaubt. Zu genetischen Untersuchungen eignen sich nur die ungestörten Vorkommen von Kleinkems und Istein. Die Jaspisse vom Grünberg (an der Bahn südlich von Kleinkems) liegen in sehr stark gestörten und zersplitterten Partien, die Jaspisse von Hertingen und Liel auf sekundärer Lagerstätte in Karsttaschen.

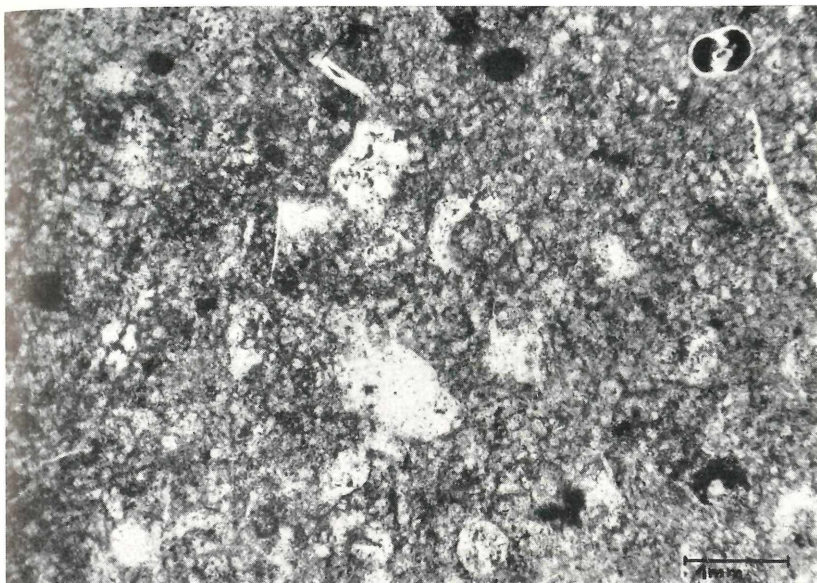


Abb. 12: Dünnschliff-Foto einer Jaspisknolle

Die Jaspisknollen sind stets an sehr feinkörnige Kalke gebunden. Ihr typisches Auftreten ist in eng begrenzten Horizonten, in denen die Knollen flächenhaft verteilt liegen. O. WITTMANN (1952) schreibt, daß sie in der Schichtung angereichert seien. Am Hardberg fallen die Jaspisschnüre mit $10-11^\circ$ parallel der ganzen Kalkplatte nach SSO ein. Bei Kleinkems sind vier Jaspishorizonte vorhanden, die 50 cm, 100 cm und 80 cm auseinander liegen. Auch bei Istein sind vier solcher Jaspisbänder aufgeschlossen, die ähnliche Abstände haben.

Die Jaspisknollen selbst zeigen meist die Gestalt eines flachgedrückten Rotationsellipsoides. Die Unterseite ist oft flacher als die obere. Die Oberfläche ist meist uneben und zeigt vielfache Einbuchtungen und konzentrische Eindrucksringe.

An Versteinerungen fand man in den Knollen bisher verschiedene Seeigeltacheln (meist Cidariten), kleine Muscheln, bisweilen Spongiennadeln (Rüß, 1885) und häufig Foraminiferen (Haplophragmium, Lituoiden, Globigerinen, Textulariden, Nodosaria und Cristellaria). Von allen Autoren wird bemerkt, daß die Fossilien in den Jaspisknollen häufiger seien als in dem umgebenden Kalk selbst. In den meisten Jaspisknollen sind die Foraminiferen und andere Fossilien auf den einheitlich gefärbten Kern beschränkt oder doch in ihm angehäuft.

Auffallend ist die schöne Bänderung der Jaspisse. In den helleren Streifen ist die Struktur gröber, und es sind in ihnen noch größere Kalkteilchen erhalten. Nach R. LIESEGANG (1915) beruht dies auf rhythmischen Diffusions- und Reaktionserscheinungen in der noch gallertartigen Kieselsäure. Es sind hier zonenweise noch an Kalk reichere Partien in kugeligen Schalen um die Konzentrationspunkte angeordnet.

Unter dem Mikroskop sieht man, daß die Jaspisknollen sehr reich an organogenen Strukturen sind. Man erkennt auch Foraminiferen und Bruchstücke davon. Vergleicht man die Struktur der Jaspisknollen mit dem umgebenden Kalk, so zeigt sich bei gleicher Vergrößerung im Dünnschliff, daß der Kalk viel dichter ist (Abb. 12 und 13). Ferner ist im Kalk die Struktur nicht so reich an organogenem Material. Man erkennt nur vereinzelte Schalenbruchstücke oder runde Kalzitaggregate, die ihrer Form nach organischen Ursprungs gewesen sein können.

Nach H. ILLIES (1948) sind die Feuersteinknollen in der norddeutschen Kreide noch im weichen Bodenschlamm entstanden, bei dem die Setzung noch nicht abgeschlossen war. Die Setzung spielt bei der Bildung der Feuersteinknollen chemisch wie energetisch eine große Rolle (vgl. EMERY und RITTENBERG, 1952).

K. GRIPP (1954) weist dagegen darauf hin, daß der Meeresboden der Kreidemeere relativ fest und insofern keine starke Setzung hätte stattfinden können. Die Splitterkalke bestehen aber aus so kleinen submikroskopischen Teilchen, daß diese wahrscheinlich lange eine Haftwasserhülle festhielten. Auch die Fauna weist ja auf einen weichen Boden hin, und die Fossilien zeigen keinerlei Bewuchs.

Wir finden in den Bildern (Abb. 12 und 13) bestätigt, daß der in der Struktur noch erkennbare ehemalige Kalk in der Knolle poröser und lockerer gelagert ist als im umgebenden Splitterkalk. Viele der organischen Substanzteilchen sind in den Splitterkalken zu Kalzitaggregaten umkristallisiert, während man in den Jaspisknollen ihre organische Struktur noch gut erkennen kann.

Im Auftreten der Kugeljaspisse herrscht größte Übereinstimmung mit den Vorkommen von Feuersteinen in der norddeutschen Kreide, an denen vor allem die genetischen Studien getrieben wurden. Die Verteilung der Knollen innerhalb der Jaspislagen schwankt sehr. In Kleinkems sind Jaspislagen bei dem jungsteinzeitlichen Bergwerk freigelegt worden, in denen 12—16 Knollen auf dem Quadratmeter liegen. Im Anschnitt am Hardberg liegen z. T. die Knollen ganz vereinzelt, z. T. dicht an dicht in den Horizonten.

In der neueren Literatur über die Entstehung von Kieselkonkretionen wird allgemein angenommen, daß eine Verdrängung von Kalk durch Kieselsäure stattgefunden hat. Es hat also eine sekundäre Anreicherung von Kieselsäure in bestimmten Horizonten von ursprünglich im Gestein fein-

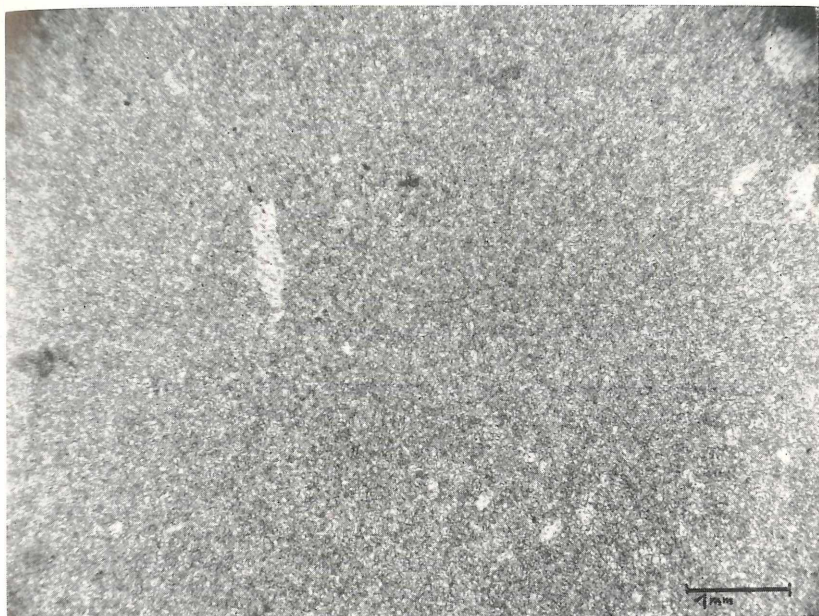


Abb. 13: Dünnschliff-Foto von Splitterkalk aus der Umgebung der Jaspisknollen
Gleiche Vergrößerung wie bei Abb. 12

verteilt Material stattgefunden. Von diesem ursprünglich diffusen Kieselsäuregehalt in den Splitterkalcken oder von Organismen mit kieseligen Skeletteilen ist nichts mehr nachzuweisen. Gesteinsanalysen bestätigen, daß die Splitterkalke der Jaspiszone allgemein die reinsten Kalke im ganzen Rauracienprofil sind. Der Kieselsäuregehalt in ihnen sinkt auf 0,1%! Wenn Kieselsäure ursprünglich im Sediment mehr oder weniger verteilt vorhanden war, sei es in Form organischer Skelettsubstanz, sei es durch Absorption an den feinen Kalkschlamm gebunden (LINCK und BECKER, 1926), so ist sie nachträglich weitgehend aufgelöst worden und hat sich in den Jaspisknollen wieder abgesetzt. SINDOWSKI (1936) leitet die Kieselsäure bei Verkieselungen im Haupttrogenstein von Kieselschwämmen her, von denen heute nichts mehr erhalten ist. Eine andere Möglichkeit wäre, Kieselsäure von unten herzu-leiten.

Das Oxfordien unter dem Rauracien ist reich an tonigen und kiesel-säurehaltigen Gesteinen. Diese Tone haben unter der schweren Auflast der Rauracienkalkplatte sicher eine langandauernde und starke Setzung durch-gemacht. Die zahlreichen Knollenhorizonte aus kieselhaltigem Kalk weisen auf Wanderungen von Kieselsäure im aufsteigenden Porenwasser hin (ILLIES, 1949). In den Thamnastraeenschichten sind die Korallen und Cri-

noiden oft verkieselt. Da Korallen ursprünglich aus reinem Kalk mit geringen Mengen von Magnesiumkarbonat bestehen (VAUGHAN und WELLS, 1943), muß auch hier eine spätere Verkieselung stattgefunden haben. Es wäre denkbar, daß wanderungsfähige Kieselsäure durch die ganze Korallenkalkplatte mit dem durch starke Setzung herausgepreßten Porenwasser bis in die Splitterkalke wanderte und hier mit dem feinen Kalkschlamm reagierte.

Nach W. WROOST (1936) und K. GRIPP (1933, 1954) und anderen entstanden die Feuersteinknollen als postdiagenetische Bildungen von einer späteren Landoberfläche aus. Eine alte, nämlich die kretazisch-alttertiäre Landoberfläche ist auch hier in allernächster Profilnähe ausgebildet. Sicher kann man sagen, daß die Feuersteinbildung vor der Bildung der Bohnerzformation geschah, denn in dieser sind die Feuersteine sekundär angereichert. Die zahlreichen Jaspisknollen in den Karstsedimenten der Hohen Schule lassen vermuten, daß die Schichten mit den Jaspisknollen auch dort entwickelt waren, der kretazisch-alttertiären Abtragung aber anheim gefallen sind und nur die harten Feuersteine als Erosionsrest übriggeblieben sind. Es müßten sich also diese Jaspisse schon sehr früh von einer Landoberfläche gebildet haben, als die Abtragung noch nicht so tief herabgegriffen hatte.

Beziehungen der erhaltenen Feuersteinbänke zur ehemaligen Landoberfläche sind aber kaum vorhanden. Die Jaspisknollen von Kleinkems liegen 8—12 m unter der Rauracienoberfläche, in Istein liegen sie 16—19 m unter ihr, also etwas tiefer im allgemeinen Profil, da die Splitterkalke bei Istein primär mächtiger sind. Während aber die alte Landoberfläche in Kleinkems fast das ganze Sequanien abschneidet, liegt bei Istein noch Sequanien auf dem Rauracien, also liegen die Jaspisknollen bei Kleinkems nur 12—16 m unter der ehemaligen Landoberfläche, in Istein aber 31—34 m darunter.

R. GRAHMANN (1921) beschreibt Kieselknollen in den oberen Riffkalken des Pfirter Jura. Diese oberen Riffkalke werden weniger hart, sind bisweilen kreidig, stets senkrecht zerklüftet und zerfallen leicht in eckige Brocken. Es liegen hier ganz analoge Verhältnisse wie im Isteiner Raum vor. Die Jaspisknollen liegen ebenfalls in Schnüren in den dichten Gesteinen des oberen Rauraciens, die den Splitterkalken von Istein entsprechen. Interessanterweise zählte ich sowohl bei Raedersdorf wie bei Pfirt (Ferrette) jeweils vier Horizonte mit Jaspisknollen, die etwa 50 cm, 150 cm, 100 cm voneinander entfernt lagen. Auch hier lagen die Jaspishorizonte parallel der Schichtung in der Kalkplatte 10—14 m unter der Rauracienoberfläche und fielen z. T. mit dieser steil ein. Da hier aber sicher noch das ganze Sequanien mit 80—90 m Mächtigkeit (SCHNEEGANS und THÉOBALD, 1934), möglicherweise auch noch das Kimmeridgien mit 5—8 m in der Kreide-Alttertiärzeit über dem Rauracien erhalten blieb, liegen hier die Jaspisknollen bereits bis 100 m bzw. 110—114 m unter der kretazisch-alttertiären Landoberfläche!

Diese Verhältnisse lassen eine Verbindung mit der ehemaligen Landoberfläche unwahrscheinlich erscheinen. Die Sickerwasserhypothese von WROOST

beruht ja doch hauptsächlich auf dem verschiedenartigen Verhalten der Kreide in und außerhalb von Fossilien, die verschieden mit den absickern-den, mit Kieselsäure beladenen Tageswässern reagierten. Größere verkieselte Fossilien mit Steinkernen, die von den umgebenden Kalken abweichen, gibt es gar nicht in den Jaspishorizonten. Nur kleine Fossilien und Mikro-fossilien sind in den Kernen der Jaspisse zu sehen, die offenbar hier eine bessere Konservierung fanden als in den umgebenden feinkörnigen Kalken. Anschliffe dieser Kalke zeigen gewisse diagenetische Umwandlungen, die besonders die organische Schalensubstanz betrafen, da diese kaum mehr zu erkennen ist. Auch fehlt gerade in den Jaspishorizonten eine starke eozäne Verkarstung, die man durch Sickerwässer erwarten sollte.

Aus diesen Gründen möchte ich auch für die Kleinkemser Kugeljaspisse eine frühdiagenetische Bildung in den noch weichen Kalksedimenten im Be-reiche bakterieller Tätigkeit annehmen, wie sie von zahlreichen Autoren von den norddeutschen Kreidevorkommen und auch von alpinen Vorkommen gefordert wird.

Das Sequanien

Das Bildungsmilieu der Sequanienschichten ist gegenüber seiner Unterlage grundlegend verändert. Hier herrscht echte primäre Schichtung vor. Ter-rigenes Material wird abwechselnd in kleineren und größeren Mengen in unseren Sedimentationsraum geschüttet. Eine recht mergelige Kalkbank be-grenzt gleich das Rauracien nach oben. Zuerst war das Meer noch flach, Ooidbildung ist verbreitet.

Die Leitbänke des untersten Sequaniens enthalten eine reiche Fauna, hauptsächlich Turmschnecken. Doch die meisten Fossilien sind nicht in der Lebensstellung eingebettet. Sie zeigen vielmehr eine starke Abrollung, beson-ders die Turmschnecken, bei denen die äußerste Schale z.T. ganz fehlt. Häufig sind auch abgerollte Korallen. Nicht selten sieht man Trümmerstrukturen, Kalkbrocken, die im selben Zement eingebettet sind, und vor allem „Mu-mien“, eingesponnene Fossilbruchstücke. Im Dünnschliff zeigen die Mumien mit ihren aus groben Kalzitkristallen bestehenden Kernen weitgehende Umkristallisation. Ferner ist, wenn auch schwach, in einigen Fällen eine konzentrische, fadenförmige Struktur zu erkennen. Auch im umgebenden Gestein sieht man diese fädigen Strukturen durchziehen, die sehr an Algen erinnern, aber eine Bestimmung an diesem Material nicht zuließen. Das ganze Milieu zeigt Brandungscharakter. Die Meerestiefe war wohl gering, feine Kalkalgen konnten leben. Ooide wurden gebildet, und Austern gediehen auf dem Meeresgrund. Die gerollten und zerbrochenen Korallen, hauptsäch-lich in der Umgebung von Istein, deuten auf eine Aufarbeitung korallogenen Materials.

Die Leitbänke zeigen noch deutlich Anzeichen von sehr flachem Wasser. Aber die Sedimentzufuhr hat sich geändert und vor allem zeitweise stark

belebt. Es wird terrigenes Material hinzugeführt, und zwar hauptsächlich Quarz, etwas weniger Ton. Vergleicht man Analysenwerte der mergeligen Schichten, so erkennt man, daß nicht immer Kieselsäure- und Tongehalt gleichmäßig zu- bzw. abnehmen. Vielmehr differieren beide Werte insofern, als einmal die Kieselsäure stärker zunimmt, dann die Tonerde. Die Sedimentzufuhr war also nicht gleichmäßig, sondern schwankte. Die Ursachen dafür mögen Veränderungen im Liefergebiet durch veränderte Strömungen sein.

Nach den Leitbänken mit ihrem Seichtwassercharakter stellt sich nochmals eine sehr reine Kalksedimentation ein, die nach oben immer stärker von terrigener Zufuhr beeinträchtigt wird. Sind die einzelnen Kalkbänke zuerst noch 1 m mächtig, werden sie weiter oben immer geringmächtiger, nur bis 30—40 cm stark. Die Kalkbänke werden von echten Mergellagen unterbrochen, sind selbst aber noch relativ rein, wenn auch nicht so rein wie die Rauracienkalke. In den obersten Teilen des erhaltenen Sequanienprofils werden die Mergelpartien selbst mächtiger, Fossilien sind selten.

Die Struktur der Kalke ist stets äußerst fein und dicht. Größere Partien fehlen ganz. Interessant sind in den obersten Kalkpartien häufig Feinschichtungserscheinungen, die auf dem Wechsel von wenigen Millimeter dicken Lagen sehr feinkörnigen mit Lagen etwas gröberen Kalkes beruhen. In dem letzteren sieht man im Dünnschliff zahlreiche gröbere Kalkkörnchen und eine geringere Zahl von Quarzkörnchen. Die Kalkkörnchen sind nach den überwiegend schmalen und rechteckigen Formen feinste Schalenteilchen, die meist in der Längsterstreckung in der Schichtung eingeregelt sind. Im Gegensatz zu diesen erkennbaren organogenen Teilen scheint der feinstkörnige Kalk ausgefällt worden zu sein. Ganze Bänke zeigen diese Erscheinung.

Die Fauna ist den geschilderten Sedimentationsverhältnissen stets eng angepaßt und daher streng faziesgebunden. So kommen die einzelnen Arten oft ihrer Fazies entsprechend auch in höheren und tieferen Schichten vor. *Cidaris florigemma* ist nicht auf das Rauracien beschränkt, und *Hemicidaris crenularis* kommt zumindest im ganzen Rauracienprofil vor. Auch als *Diceras arietinum* bestimmte Exemplare kommen im Korallenkalk wie in den Leitbänken des unteren Sequaniens vor, und kleine *Astarten* (*A. multiformis* Roed.) kommen schon im obersten Rauracien vor. Nach MIEG (1895) ist eine Trennung von *Astarte supracorallina* d'Orb. *Ast. sequana* Ett. und *Ast. multiformis* Roed. kaum durchzuführen.

Es taucht daher die Frage auf, ob die Leitbänke mit den Nerineenkalken nicht noch zum Rauracien gehören, zumal im südlichen Blauengebiet die oberen Rauracienkalke als Nerineenkalke ausgebildet sind. Da diese Schichten sowohl charakteristische Formen des Rauraciens wie des Sequaniens enthalten, reicht die Fauna zur Grenzziehung nicht aus.

Es empfiehlt sich aber, die Nerineenkalke im Sequanien zu belassen und die Grenze Rauracien/Sequanien dort zu legen, wo die erste Schichtung anfängt. Die Grenzmergelschicht, aus der HUG die *Astarte* cf. *supracorallina*

beschreibt, ist nicht überall entwickelt. Im nördlichen Engetal fehlt sie, und die Nerineenbank der Leitschichten legt sich direkt auf das Rauracien. Aber auch hier ist eine deutliche Änderung im Profil durch die Schichtung zu erkennen, die die Trennung Rauracien/Sequanien als reine lithologische Faziesgrenze erlaubt. In der Neubearbeitung des Blauen von P. BITTERLI (1945) wird die Grenze Rauracien zu Sequanien dargelegt, wo erstmals gutgeschichtete Mergel und Mergelkalke über ungeschichteten Kalken auftreten. Im Gebiet von St. Ursanne zieht H. LAUBSCHER (1948) ebenfalls die Grenze nach lithologischen Gesichtspunkten bei der ersten gutgeschichteten Bank.

Die Beziehungen des oberbadischen Weißjuras zu dem schwäbisch-schweizerischen Jura

Über die benachbarten Vorkommen des schweizerischen-französischen Jura im Südwesten können wir die Isteiner Malmkalke trotz ihrer Faziesbedingtheit in das allgemeine Zeitschema einhängen. Im Berner Jura wird das Rauracien in die klassischen drei Stufen eingeteilt:

Hangendes:	Sequanien
3. Klotzige Korallenkalke (25—40 m) Calcaire à Nerinées	Oberes Rauracien
2. Oolithische Zwischenstufe (20—25 m) Oolithe rauracienne	Mittleres Rauracien
1. Mergelige Kalke (30 m) Glypticien	Unteres Rauracien
Liegendes:	Oxfordien

Diese Gliederung läßt sich nach HUG (1897) auf unser Gebiet nicht übertragen. Wir finden aber im schweizerisch/französischen Grenzgebiet den Übergang von der klassischen „Berner“ oder „Blauen Fazies“ zu der Fazies am Isteiner Klotz.

Im Gebiet von Pfirt (Ferrette) haben wir noch fast die reine Isteiner Rauracienfazies: Auf etwa 10 m mergeliger Rauracienbasis über den Oxfordentonon folgen 30—50 m massige, körnige Korallenkalke, die von ca. 20 m dichten, fossilarmen, zersplitterten Kalken des oberen Rauraciens mit den Jaspisschnüren überlagert werden. Wir haben also hier auch nur eine Zweiteilung des massigen Rauracienprofils (vgl. DELBOS und KOEHLIN-SCHLUMBERGER, 1867).

Ähnliche Verhältnisse finden wir gegen Süden am Nordrand der Blauenkette und im Gebiet um Dornach-Hochwald südlich von Basel. Auch hier erheben sich bald über dem echten Oxfordien die massigen Korallenkalke der Isteiner Fazies, nur von einer wenigen Meter mächtigen, mergeligen Basis

vom Terrain à Chailles getrennt (G. GUTZWILLER und E. GREPPIN, 1916). An der Nordflanke, ja sogar noch im nördlichen Ausstrich der Südflanke des Rauraciensmantels von der Blauenkette ist diese Fazies zu sehen (A. TOBLER, 1897). Weiter nach Süden und Westen kommen wir dann in die klassische Blauenfazies, wo sich ein mächtiger, vorwiegend oolithischer Kalkkomplex zwischen das mergelige Glypticien und den oberen Korallen-Nerieenkalken einschiebt (nach Norden bis Klein-Lützel, nach Osten bis Blauen).

Auf Grund der engen Verwandtschaft, sowohl der Fauna wie der Petrographie, dürfen wir die mergeligen Thamnastraeenschichten von O. HUG unter den Korallenkalken mit dem Glypticien der klassischen Lokalitäten des Fringeli und Liesberg im Berner Jura parallelisieren. Nur ist dort diese unterste Abteilung des Rauraciens sehr viel mächtiger als in Istein, wo sich schon eher die reine Kalksedimentation eingestellt hat als im Süden. Da im Norden die reine Kalkzone liegt, wird die Sedimentzufuhr von Süden gekommen sein, vielleicht von restlichen Schwellengebieten des untertauchenden vindelizischen Landes.

Während sich im Norden ein breiter Streifen Korallenkalk lange unter gleichen Bedingungen bildete, wurde auch im Süden das Meer flacher, und es entstanden dort die Oolithe und die reinen, fossilreichen Kalke des mittleren Rauraciens. Als aber im Isteiner Raum die Bildung der Korallenkalke schließlich aufhörte und sich die reinen dichten Kalke des oberen Rauraciens absetzten, rückte schon in dieser Zeit die Korallenbildung weiter nach Süden ins Blauengebiet vor. Damit wird das Vorrücken der Zone hauptsächlicher Korallenentwicklung nach Süden eingeleitet, das A. HEIM (1919) für die höheren Malmstufen schildert.

Das untere Sequanien bringt erneut im ganzen Gebiet stärkere Sedimentzufuhr, unterbrochen von nur kurzfristiger Kalkbildung, wodurch die schöne Schichtung entsteht. Da chemisch gesehen die terrigene Komponente der Sequanienschichten anders zusammengesetzt ist als die des unteren Rauraciens, könnte diese Sedimentzufuhr aber nun von Norden kommen.

Die stratigraphische Einordnung des Rauraciens in die Zonen des Schwäbischen Juras bereitet gewisse Schwierigkeiten, weil die leitenden Ammoniten fehlen. Die liegenden Schichten — das Terrain à Chailles — sind noch durch ihre Ammonitenfauna (*Cardioceras cordatum* Sow.) charakterisiert und gehören in die Oxfordzone im engeren Sinne, welche nach K. SAUER (1953) dem Ornatenton im obersten Braunjura zeta in Schwaben entspricht.

Im Rauracien wurden bisher nur *Perisphinctes chavattensis* de Lor. und *Perisphinctes colubrinus* Rein. gefunden, die beide keine ausgesprochenen Leitformen sind. *Perisphinctes colubrinus* kommt im Schwäbischen Jura nach TH. ENGEL (1908) im Weißjura β und γ vor. G. GÜRICH (1934) erwähnt ihn in der *Cordatus-Transversarius-Zone* des unteren Weißjura und im Pterocien, *Perisphinctes chavattensis* nur in ersterer. Die Schichten des unteren Rauraciens (Glypticiens) verzahnen sich aber mit ihrer Fauna einwandfrei mit den

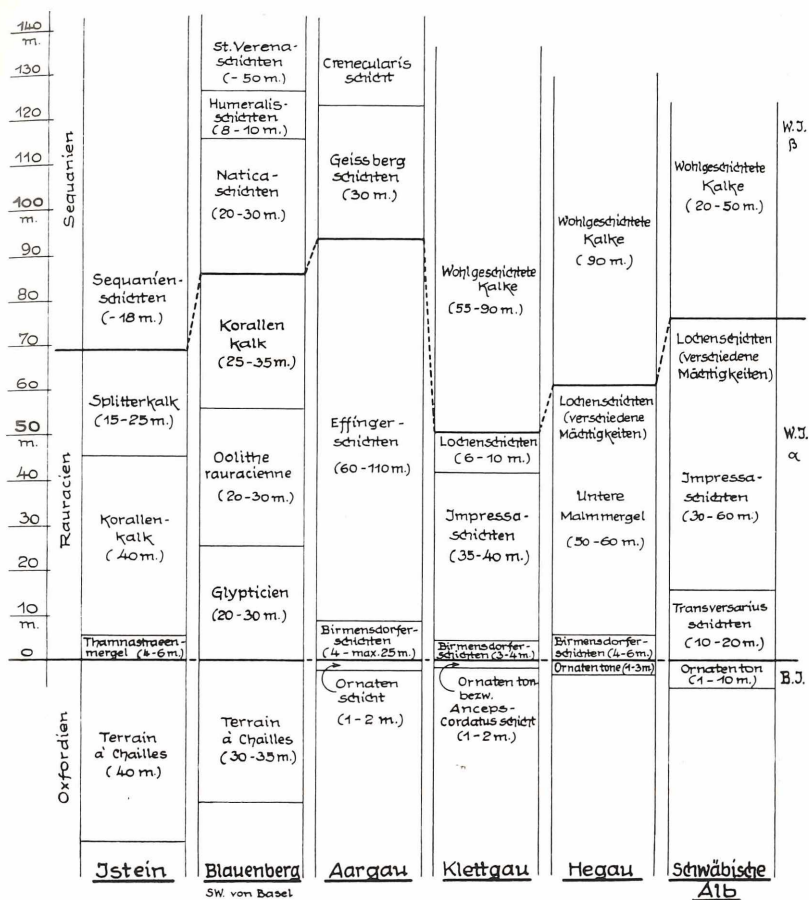


Abb. 14: Schematische Tabelle von Profilen des unteren Weißjuras zum Schichtenvergleich

Birmensdorfer Schichten im Kanton Aargau (E. GREPPIN, 1900). Diese enthalten neben *Perisphinctes colubrinus* auch *Peltoceras* (*Gregoryceras*) *transversarius* (MOESCH, 1867; JEANNET, 1951). Auf Grund dieses Formeninhaltes werden die Birmensdorfer Schichten mit den *Transversarius*-Schichten, dem untersten Weißjura α in Schwaben, parallelisiert (ENGEL, 1908; HEIM, 1919).

Auf die Birmensdorfer Schichten folgen die mergeligen Effinger Schichten, die mit diesen zusammen das Rauracien vertreten. Im Gebiet zwischen Seewen und Seltisberg vollzieht sich der Übergang der raurachischen zur argovischen Fazies (v. HUENE, 1900). Der Übergang geht ganz allmählich

vor sich, es verzahnen sich die beiden Fazies durch langsames Einschieben von Mergelbändern in die Kalkpartien (L. ROLLIER, 1888). Eine diskordante Auflagerung oder ein primäres Einfallen der Schichten in der Übergangszone ist nicht beobachtet worden. Die Mächtigkeiten der Effinger und Birmensdorfer Schichten (bei Liestal ca. 65 m) entsprechen durchaus den Rauracienmächtigkeiten im Grenzgebiet (65—70 m), werden aber bald schon wesentlich mächtiger als je das Rauracien (bei Aarau nach F. MÜHLBERG 110 m, im Süden des Berner Jura nach H. VOGEL 140 m).

Die Effinger Schichten kann man nach Osten weiter in den Klettgau verfolgen, wo sich dann neben anderen Perisphincten *Cardioceras alternans* und auch die für den Schwäbischen Jura wichtige *Aulacothyris impressa* findet (F. SCHALCH, 1916). So darf man die Effinger Schichten in den oberen Weißjura α stellen (TH. ENGEL, 1908; HEIM, 1919) und damit auch die Korallenkalke des Rauraciens.

Früher parallelisierte man die Kalke des Rauraciens über den tonigen untersten Malmschichten mit den wohlgeschichteten β -Kalken, weil es jeweils der erste Kalkkomplex über tonigen Schichten war. Die für den Weißjura so charakteristische Kalkbildung setzt aber bei uns eher ein, so daß die Bezeichnung „Weißjura“ für das Rauracien und Sequanien gegenüber dem liegenden Oxfordien (siehe S. 1) besonders treffend ist. Der für die wohlgeschichteten Kalke wichtige *Peltoceras bimammatum* ist im Rauracien noch nicht gefunden worden. Dagegen kommt im Kanton Aargau *Peltoceras bimammatum* aber erst in den Crenecularis-Schichten vor (F. MÜHLBERG, 1905).

Somit entsprechen den schwäbischen wohlgeschichteten Kalken die Schichten über dem Argovien, also die Geißberg-, Crenecularis- und Wangener Schichten. Diese Schichten sind aber Sequanien und entsprechen mit ihrer Fauna den Natica-, Humeralis- und St.-Verena-Schichten des nördlichen Berner Juras (L. ROLLIER, 1888 und 1897). Im Isteiner Gebiet könnte man also gerade noch das unterste Sequanien den Weißjura- β -Kalken gleichstellen, soweit man eine Faziesgrenze mit einer Zeitgrenze vergleichen darf.

Aus diesem Schichtenvergleich ersieht man, daß die Schichtmächtigkeiten der beiden Faziesgebiete nicht sehr voneinander abweichen. Nur im Oxfordien besteht der große Gegensatz, wo 80—100 m Sedimente im Breisgau wenigen Metern im Schwäbischen Jura gegenüberstehen (siehe Abb. 14).

Die Beziehungen des Weißjuras zu seiner tertiären Auflagerung

Bei der Betrachtung des Sequaniens im badischen Oberrheingebiet ergab sich, daß es als Erosionsrest unter dem Tertiär nur noch in der Scholle des Isteiner Klotzes vorhanden ist. Das Rauracien ist im festen Verband anstehend auf einen etwas weiteren Raum zwischen Istein und Kandern beschränkt (siehe Abb. 15). Beide Schichtglieder waren wohl ursprünglich weiter verbreitet, sind aber der kretazisch-alttertiären Abtragung zum Opfer gefallen. Das Alttertiär liegt im südlichen Rheintalgraben also auf verschiedenen Jurastufen:

Bei Istein liegt es noch auf relativ mächtigem Sequanien; bei Kleinkems auf ganz geringfügigen Sequanienresten; in der Hohen Schule um Tannenkirch auf Resten von Splitterkalk; im Gebiet Kandern-Holzen auf höherem Korallenkalk und zwischen Schliengen und Liel auf unterstem Korallenkalk. Weiter nördlich, gegen Müllheim zu, liegt das Alttertiär auf immer älteren Schichten, zuerst auf Terrain à Chailles, dann auf Renggeritonen und direkt auf Callovien (siehe Abb. 15). Dies zeigt eine präeoazäne, nach Süden geneigte Kippung der Schichten des Malms an.

Ebenso leitet E. VON BRAUN (1953) aus dem Übergreifen älterer Tertiärstufen auf verschieden alte Malmhorizonte am Hochrhein eine präeoazäne Kippachse ab.

Nun sind aber weiter nördlich vom Untersuchungsgebiet weitere, anfangs aufgezählte Rauracienvorkommen vorhanden. Das bei C. SCHNARRENBARGER (1915, S. 61) nach WALCHNER zitierte Vorkommen von Korallenkalk bei Auggen ist zur Zeit nicht aufgeschlossen. Sein Vorkommen ist aber unwahrscheinlich, da nach der Kartierung von SCHNARRENBARGER selbst hier das Tertiär auf Oxfordien liegt.

Das Gemeinsame an allen weiteren Vorkommen ist ihre Verbindung mit Tuffschloten. Der von G. STEINMANN und C. REGELMANN (1903) erwähnte Korallenkalk an der Röthe bei Müllheim wurde kürzlich, nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. SÖLL, Schliengen, durch eine Bohrung als Einschlüsse in einem Tuffvorkommen entlarvt. Das lange bekannte Vorkommen am Schönbergsattel wird von W. HASEMANN (1950) ebenfalls mit einem Tuffschlot in Verbindung gebracht. Der normale Schichtaufbau ist auch insofern gestört, als die Tonstufe des Calloviens und Oxfordiens nach STEINMANN und GRAEFF (1897) nur ungefähr 20 m, nach M. ZÜHLKE (1952) die Schichtfolge zwischen Varianssschichten und Tertiär 15 m Mächtigkeit besitzt. Im Normalprofil des südlichen Rheintalgrabens ist diese Schichtenfolge sehr viel mächtiger (meist weit über 100 m). Die Rauracienvorkommen nördlich von Freiburg bei Maleck und Herbolzheim sind ebenfalls Einschlüsse in Tuffschloten oder sind umgelagerte Komponenten des eoazän-oligoazänen Küstenkonglomerates.

Im Tuffschlot bei Maleck bei Emmendingen beschreibt K. SAUER (1949) sogar Sequanien. Nach ihm stammen die Einschlüsse aus dem anstehenden Gestein und sind im Tertiär nicht umgelagert worden. Die Korallenkalkblöcke am Schönberg sind so groß, daß ein weiterer Transport unwahrscheinlich erscheint. Deshalb nimmt K. Sauer (1949) eine durchgehende Decke aus Rauracien und Sequanien im südlichen Baden an. H. KIEFER (1931) und O. WITTMANN (1934) lassen diese Decke durch Funde von Rauracien im Küstenkonglomerat bis Lahr hinaufreichen.

Dies läßt sich mit dem deutlichen Stufenrand zwischen Schliengen und Kandern und mit der Tatsache, daß nördlich davon im sicheren Verband anstehendes Rauracien nicht mehr bekannt ist, schwer in Einklang bringen. Kiefer weist in diesem Zusammenhang selbst darauf hin, daß auch im ganzen

Elsaß (außer dem Jura im Süden) kein Rauracien mehr bekannt ist, weder im Küstenkonglomerat noch in Tuffschloten. J. JUNG (1928) erwähnt zwar Kalkgerölle im Oligozänkonglomerat des Elsaß, ist sich aber der Zuordnung zum Rauracien nicht ganz sicher. Dagegen nennt THÉOBALD (1950) solche im Konglomerat von Obernai. In einer Bohrung bei Lahr ist kein Rauracien mehr angetroffen worden; das Tertiär liegt auf Tonen und Mergeln des Oxfordiens (C. SCHNARRENBARGER, 1934). Dies ist insofern bedeutsam, als nach SCHNARRENBARGER die Bohrung eine recht tief abgesenkte Synklinale nachweist, in der am ehesten noch Rauracien zu erwarten wäre. KIEFER (1931) wie O. GÖPPERT (1932) beschreiben aus den Rauraciengeröllen keine Fossilreste und führen die Datierung nur durch petrographische Vergleiche, die aber besonders bei kleinen Geröllen schwierig und nicht immer ganz eindeutig ist.

Eine zusammenhängende Rauraciendecke mit der Mächtigkeit von Istein hat zumindest im Alttertiär im oberbadischen Gebiet nicht mehr bestanden. Wenn man von sehr weiten Transporten und Umlagerungsvorgängen absieht, muß vor dem Alttertiär eine starke Aufgliederung des Rauraciens stattgefunden haben. Es liegt dabei nahe, an eine tektonische Mithilfe zu denken, etwa in der Form, daß an gewissen Stellen das Rauracien, eventuell noch Sequanien, in Gräben vor der kretazisch-alttertiären Abtragung bewahrt blieb, wie dies für den Schönberg O. GÖPPERT (1934) andeutete. Leider sind die Vorkommen viel zu gering an Zahl und Ausdehnung, um Näheres über die Form, Ausdehnung und Richtung dieser eventuellen vortertiären Tektonik auszusagen.

Wenn auch im Untersuchungsgebiet Istein—Kandern das Rauracien sehr gleichmäßig und in derselben Mächtigkeit entwickelt ist, muß dies nicht für den ganzen südbadischen Raum gelten. Denn wie gezeigt wurde, ist das Rauracien eine Flachseeablagerung, und diese kann sich nach Norden bald geändert haben. Es ist daher gut möglich, daß das Rauracien weiter nördlich primär nicht überall gleichmäßig ausgebildet war und man örtlich nur geringe Spuren davon findet. Wäre das Rauracien überall gleichmäßig entwickelt gewesen, so sollte man in den basalen Küstenkonglomeraten eigentlich mehr Rauracien erwarten.

Für die ehemalige Verbreitung des Rauraciens sind noch die Alpersbacher Schotter wichtig, in denen KIEFER (1934) Gerölle von Malm β beschreibt, aber keine Gerölle des Rauraciens gefunden wurden. Danach stammen die Alpersbacher Schotter östlich der raurachischen Faziesgrenze her.

Mehrfach ist schon der Versuch gemacht worden, die Strukturen des nördlichen Faltenjuras mit der badischen Vorbergzone in Verbindung zu setzen und daraus eine ganze Reihe von SW—NO streichenden Sätteln und Mulden abzuleiten (G. STEINMANN, 1892; VAN WERVEKE, 1913, und R. GRAHMANN, 1921). R. GRAHMANN kommt auf Grund der Verteilung der mitteloligozänen Meeressedimente zu der Auffassung, daß diese Strukturen alt sind und sicher schon im Unteroligozän vorhanden waren.

Es wurde aber gezeigt, daß das meiste Sequanien an dem angeblich am stärksten herausgewölbten Teil der Isteiner Scholle vor der alttertiären Abtragung bewahrt blieb. Dies wäre auf der schon im Unteroligozän vorhandenen Sundgauachse unwahrscheinlich. Auch in den Kanderner Vorbergen ist das Rauracien in der von SCHNARRENBERGER (1915) geschilderten Herauswölbung zwischen Tannenkirch und Riedlingen gerade am mächtigsten erhalten geblieben, sogar mit Resten des obersten Rauraciens. Dies fordert vielmehr bis ins Alttertiär hinein eine geschützte Lagerung und deutet auf eine spätere rheinische Heraushebung. So lehnt O. WITTMANN (1952) einen enggliedrigen, das südliche Rheintal diagonal querenden Jura-faltenbau ab. Er weist auf die im Lörracher Hügelland rheinisch streichenden Aufwölbungszonen hin und erklärt die Geometrie dieses Gebietes als eine Vergitterung rheinischer N- bis NNO- und herzynischer NW-gerichteter Strukturen.

Zusammenfassung

Die jüngsten erhaltenen Juraschichten des südlichen Oberrheingrabens — das Rauracien und Sequanien — wurden im noch anstehenden Verband in den Schollen des Isteiner Klotzes, des Behlens und der Hohen Schule untersucht und ihr Vorkommen in charakteristischen Profilen geschildert. Aus den Profilen ergab sich eine Gliederung nach lithologischen Gesichtspunkten. Die Mächtigkeitsverhältnisse der einzelnen Gesteinskomplexe konnte neu und exakter festgestellt werden.

Weiter wurden ausführlich die Bedingungen besprochen, unter denen sich die verschiedenen Gesteinstypen gebildet haben. Besonders wurde die Frage nach der Riffnatur der korallogenen Gesteine des Rauraciens behandelt. Dies ergab, daß von einem streng definierten Riff und Rifftyp im modernen Sinne nicht gesprochen werden kann. Es herrschten vielmehr die ökologischen Verhältnisse eines tropischen Flachmeeres mit reicher Korallenfauna. Die dichten Kalke des oberen Rauraciens lassen eine Struktur erst unter dem Übermikroskop erkennen.

Die Genese der Jaspisknollen im oberen Rauracien wurde diskutiert. Aus dem Vorkommen in einer bestimmten, von der alttertiären Landoberfläche unabhängigen Gesteinszone und ihrer Beziehung zu den umgebenden Kalken erscheinen sie als eine frühdiagenetische Bildung.

Die Faunen der einzelnen Gesteinstypen erweisen sich zur Gliederung ungeeignet und stark von der Fazies abhängig. Neu ist ein Vorkommen von marinen Kalkalgen.

Schließlich werden die Beziehungen des Rauraciens zu den benachbarten Vorkommen im Schweizerischen und Schwäbischen Jura besprochen. Die Reste der einst weiter verbreiteten obersten Juraschichten und ihr Verhältnis zur tertiären Auflagerung geben einen, wenn auch geringen Einblick auf das Geschehen vor der Ablagerung der eoänen Gesteine.

Literaturverzeichnis

- ALBIEZ, G.: Erdöl am Oberrhein. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg 34, S. 345—358, 1935.
- ANDREE, K.: Geologie des Meeresbodens. — Leipzig 1920.
- BERCKHEMER, F.: Bericht über die Exkursionen der Tagung der Paläontologischen Gesellschaft in Stuttgart und Tübingen (1929). — Paläont. Zeitschr. 11, S. 187 bis 193, 1929.
- BITTERLI, P.: Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel. — Beitr. Geol. Karte Schweiz 81, 1945.
- BRAUN, E. VON: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau. — Eclogae Geol. Helv. 46, S. 143 bis 170, 1953.
- CUMINGS, E. R.: Reefs or Bioherms? — Bull. Geol. Soc. America 43, S. 331—352, 1932.
- DEECKE, W.: Paläontologische Betrachtungen. VIII. Über Crinoiden. — N. Jb. Min. etc. 1915, 2. Bd., S. 1—18.
- DELBOS, J., und KOECHLIN-SCHLUMBERGER, J.: Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. — Mulhouse 1866—1867.
- DIETRICH, W. O.: Chaetetes polyporus Qu. aus dem oberen Weißen Jura, eine Kalkalge. — Paläont. Zeitschr. 12, S. 99—119, 1930.
- ELIAS, M. K.: Depth of Deposition of the Big Blue (Late Palaeozoic) Sediments in Kansas. — Bull. Geol. Soc. America 48, S. 403—432, 1937.
- EMERY, K. O., a. RITTENBERG, S. C.: Early diagenesis of California basin sediments in relation to origin of oil. — Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 36, S. 735—806, 1952.
- ENGEL, TH.: Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. — Stuttgart 1908.
- FAIRBRIDGE, PH. W.: Recent and pleistocene coralreefs of Australia. — Journal of Geology 48, S. 330—401, 1936.
- FREYBERG, BR. VON: Über oolithische Gesteine. — Naturwiss. Wochenschr. N. F. 19, 1920.
- FRENTZEN, K.: Paläobiologisches über die Korallenvorkommen im oberen Weißjura bei Nattheim, O. A. Heidenheim. — Bad. Geol. Abh. 4, S. 43—57, 1932.
- FROMHERZ, K.: Der Jura im Breisgau. — Leonhards Beiträge zur Mineralogie Badens 1, 1853.
- GAUB, F.: Die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb. — Geol. Pal. Abh. N. F. 9, H. 1, 1910.
- GEYER, O. F.: Die Korallenvorkommen im oberen Weißjura der Schwäbischen Alb. — Jahresber. Ver. vaterl. Naturk. Württ. 108, S. 48—52, 1953.
- GÖPPERT, O.: Das Oligozän bei Baden-Baden und seine Bedeutung für die alttertiäre Paläogeographie. — N. Jb. Min. etc. B.-Bd. 68, Abt. B, S. 232—258, 1932.
- Voroligozäne Störungen am Schönberg bei Freiburg i. Br. — Centralbl. Min. etc. Abt. B, S. 321—325, 1934.
- GRAHMANN, R.: Der Jura der Pfirt im Oberelsaß. — N. Jb. Min. etc. 44, Beil.-Bd., S. 1—99, 1921.
- GREPPIN, ED.: Über den Parallelismus der Malmschichten im Jura Gebirge. — Verh. Naturf. Ges. Basel 12, S. 402—411, 1900.
- GRIPP, K.: Tunnelfahrten aus Feuerstein und die Entstehung des Feuersteins. — Mitt. Min. Geol. Staatsinst. Hamburg 14, S. 23—40, 1933.
- Kritik und Beitrag zur Frage der Entstehung der Kreide-Feuersteine. — Geol. Rundschau 43, 1954.

- GÜRICH, G.: Leitfossilien. 7. Lfg. Wirbellose des Juras von E. DACQUE. — Berli 1934.
- GUTZWILLER, A., und GREPPIN, E.: Erläuterungen der geologischen Karte von Basel, 1. Teil: Gempnenplateau und unteres Birstal. — Zürich 1916.
- HASEMANN, W.: Geologische Kartierung und Beschreibung vom Blatt Jesuitenschloß 1 : 5 000. — Diplomarbeit, Geol. Pal. Inst. Freiburg, 1950.
- HEIM, A.: Geologie der Schweiz. — Bd.1, Leipzig 1919.
- HUENE, FR. VON: Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal im Schweizer Tafeljura. — Verh. Naturf. Ges. Basel 12, S. 294—374, 1900.
- HUG, O.: Vorläufige Mitteilung über das Vorkommen von Astartien am Isteiner Klotz. — N. Jb. Min. etc., S. 109—110, 1895.
- Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Isteiner Klotzes. — Mitt. Bad. Geol. Landesanst. 3, S. 1—92, 1899, und Heidelberg 1897.
- ILLIES, H.: Zur Diagenese der südbaltischen Schreibkreide. — Geol. Fören. Förhandl. 70, S. 1—10, 1948.
- Über die erdgeschichtliche Bedeutung der Konkretionen. — Z. Deutsch. Geol. Ges. 101, S. 95—98, 1949.
- JEANNET, A.: Stratigraphie und Paläontologie des oolithischen Eisenerzlagers von Herznach und seiner Umgebung. — Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., 13. Lfg., Bd. 5.
- JUNG, J.: Contribution à la Géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. — Mém. Serv. Carte Géol. d'Als. et Lor. 2, 1918.
- KELLER, W. D.: The energy factor in sedimentation. — Journ. Sedimentary Petrology 24, S. 62—68, 1954.
- KIEFER, H.: Das Tertiär der Breisgauer Vorberge zwischen Freiburg i. Br. und Badenweiler. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 28, S. 1—98, 1928.
- Das Lahrer Tertiär und seine Bedeutung für die ehemalige Verbreitung des unteren Malms. — Zbl. Min., S. 14—28, 1931.
- Die Tertiärschotter von Alpersbach im südlichen Schwarzwald und ihre Bedeutung für die Gestaltungsgeschichte Südwestdeutschlands im Jura und Tertiär. — N. Jb. Min. etc., 72. Beil.-Bd., Abt. B, S. 190—258, 1934.
- KOBY, E.: Monographie des Polypiers Jurassiques de la Suisse. — Abh. Schweiz. Paläont. Ges. 7—16, 1880—1889.
- in LORIO, P.: Etude sur les mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura Bernois accompagnées d'une notice stratigraphique par E. KOBY. — Abh. Schweiz. Paläont. Ges. 16—19, 1889—1892.
- KUHN, O.: Paläogeographie des deutschen Jura. — Jena 1953.
- LADD, H.; TRACY, J.; WELLS, J. W.; EMERY, K. O.: Organic growth and sedimentation on an Atoll. — Journal of Geology 58, S. 410—425, 1950.
- LAUBSCHER, H.: Geologie des Gebietes vom Siegfriedblatt St. Ursanne (Berner Jura). — Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F. 92. Lfg., Bern 1948.
- LIESEGANG, R. E.: Die Achate. — Dresden 1915.
- LINCK, G., und BECKER, W.: Die weiße Schreibkreide und ihre Feuersteine. — Chemie der Erde 2, S. 1—14, 1926.
- LOWENSTAM, F.: Niagaran Reefs of the Great Lakes Area. — Journal of Geology 48, S. 430—487, 1950.
- MIEG, M.: Note sur le gisement de terrain à chailles marnocalcaire du Buchgraben. — C. R. Soc. Géol. France 22, S. 86—87, 1894.
- Note sur les calcaires coralligènes d'Istein. — Bull. Soc. Géol. France 23, S. 95—103, 1895.

- MOESCH, C.: Der Aargauer Jura. — Beitr. Geol. Karte Schweiz 4, 1867.
- MOHLER, W.: Mikropaläontologische Untersuchungen in der nordschweizerischen Juraformation. — Abh. Schweiz. Paläont. Ges. 60, 1938.
- MÜHLBERG, F.: Erläuterungen zur geologischen Karte des unteren Aare-, Reuß- und Limmattales. — Eclogae Geol. Helv. 8, S. 487—538, 1905.
- Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Aarau 1 : 25 000. — Geol. Karte der Schweiz Nr. 8, Aarau 1908.
- MÜLLER, A. H.: Stratonomische Untersuchungen im oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — Geologica 4, 1950.
- NOSTIZ, S. VON: Die Foraminiferen und Ostracoden des Calloviens und Oxfordiens im Rheintal Oberbadens. — Diss. Freiburg i. Br. 1949.
- ORTMANN, A.: Die Korallenriffe von Dar-es-Salaam und Umgebung. — Zool. Jb. Abt. Systematik 6, S. 631—670, 1892.
- PFENDER, J.: Sur la présence d'une Solenopore dans l'Urgonien du Sud-Est de la France. — Bull. Soc. Géol. France 30, S. 101—105, 149—163, 1930.
- PIA, J. VON: Die rezenten Kalksteine. — Ztschr. Krist. B. Min. u. Petr. Mitt., Leipzig 1953.
- Sammelbericht über fossile Algen: Solenoporaceae 1930—38, mit Nachträgen aus früheren Jahren. — N. Jb. Min. etc. Referate 1939, 3. Bd., S. 731—757
- POPPEL, J., und HUHN, E.: Das Großherzogtum Baden, mit 154 Stahlstichen. — Darmstadt 1850.
- ROLL, A.: Form, Bau und Entstehung der Schwammstotzen im süddeutschen Malm. — Paläont. Zeitschr. 16, S. 197—266, 1934.
- ROLLIER, L.: Etude stratigraphique sur le Jura Bernois. Les Facies du Malm jurassien. — Eclogae Geol. Helv. 1, S. 1—85, 1888.
- Le Malm du Jura et du Randen. — Compte-rendu 6. session du Congrès géol. internat. à Zurich en 1894. — Lausanne 1897.
- RÜST: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Juras. — Paläontographica, N. F. 11, (31), 1885.
- RUTTE, E.: Der fossile Karst der südbadischen Vorbergzone. — Jb. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F. 33, S. 1—43, 1951.
- SAUER, K.: Neue Befunde zur Paläogeographie des unteren Malms im Oberrheingraben. — Mitt. Bad. Geol. Landesanst., S. 25—26, 1947.
- Neue Beobachtungen am Malecker Basaltuff bei Emmendingen. — Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Naturschutz. — N. F. 5, S. 41—47, 1949.
- Beiträge zur Stratigraphie von Callovien und Oxfordien am Südwestfuß und auf der Südostabdachung des Schwarzwaldes. — Jbr. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N. F., 34, S. 52—73, 1952.
- SCHALCH, F.: Erläuterungen zu Blatt Wiechs-Schaffhausen (Nr. 145). — Heidelberg 1916.
- SCHNARRENBERGER, C.: Erläuterungen zu Blatt Kandern (Nr. 139) der geologischen Spezialkarte von Baden 1 : 25 000. — Heidelberg 1915.
- Sondages dans les environs de Lahr (Baden). Bohrungen in der Umgebung von Lahr (Baden). — C.-R. des séances du groupe des géologues pétroliers de Strasbourg. 2, 1933—34.
- SCHNEEGANS, D., und THEOBALD, N.: Carte géologique de la France 1 : 50 000. — Feuil. Ferrette (XXXVII—22), Strasbourg 1934.
- SCHOO, J.: Zur Diagenese der alpinen Kreide. — Diss. Zürich 1922.

- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. — Stuttgart 1950.
- SEMPER, M.: Schichtung und Bankung. — Geol. Rundschau 7, S. 53—56, 1916.
- SINDOWSKI, K. H.: Der Haupttrogenstein im Breisgau. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 35, S. 1—102, 1936.
- SPEYER, C.: Die Korallen des nordwestdeutschen oberen Jura. — Vhdl. Naturhist.-Medizin. Ver. Heidelberg, N. F. 15, S. 235—281, 1926.
- STEINMANN, G.: Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nordschweizerischen Kettenjura. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 6, S. 150—160, 1892.
- STEINMANN, G., und GRAEFF, F.: Erläuterungen zu Blatt Hartheim-Ehrenstetten (Nr. 115/116) der geologischen Spezialkarte des Großherzogtums Baden. — Heidelberg 1897.
- STEINMANN, G., und REGELMANN, C.: Erläuterungen zu Blatt Müllheim (Nr. 127) der geologischen Spezialkarte des Großherzogtums Baden 1 : 25 000. — Heidelberg 1903.
- THEOBALD, N.: Paléogéographie du Jurassique Supérieur dans le Sud-Ouest de l'Allemagne et le Nord-Ouest de la France. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 40, S. 123—146, 1950.
- TOBLER, A.: Der Jura im Südosten der Oberrheinischen Tiefebene. — Verh. Naturf. Ges. Basel 11, S. 284—369, 1897.
- VAUGHAN, Th.: Preliminary Remarke on the Geology of the Bahamas with special reference to the Origin of the Bahamas Floridian Oolites. — Papers from the Marine Biological Laboratory at Tortugas. Carnegie Inst. of Washington Nr. 182, S. 47—54, 1914.
- VAUGHAN, T. W., and WELLS, J. W.: Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. — Geol. Soc. America, Spec. Papers Nr. 44, 1943.
- VOGEL, H.: Geologie des Graiter und Grenchenberges im Jura gebirge. — Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F. 26. Lfg., S. 42—72, 1934.
- WALTHER, J.: Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. — Leipzig 1888.
- Gesetz der Wüstenbildung. — Leipzig 1912.
- WATTENBERG, H.: Über die Löslichkeit von CaCO_3 im Meerwasser. — Naturw. 19, 1931.
- WERVEKE, L. VAN: Die Tektonik des Sundgaues, ihre Beziehungen zu den Kalisalz-vorkommen im Oberelsaß und in Baden und ihre Entstehung. — Mitt. Geol. Landesanst. Els.-Loth. 8, S. 235—271, 1913.
- WITTMANN, O.: Über neugefundene Aufschlüsse im Lahrer Tertiär und die Tektonik der Randhügelzone. — Bad. Geol. Abhlg. 6, S. 43—61, 1934.
- Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte der Meeressandbildungen entlang der Rheintalflexur bei Lörrach. — Jbr. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. 33, S. 44—77, 1951.
- Erläuterungen zu Blatt Lörrach (Nr. 152) und Blatt Weil (Nr. 164, deutscher Anteil) der geologischen Spezialkarte von Baden 1 : 25 000. — Freiburg i. Br. 1952.
- WROOST, V.: Vorgänge der Verkieselung am Beispiel des Feuersteins der Kreide. — Abhdl. Senckenb. Naturf. Ges. Nr. 432, S. 1—68, 1936.
- ZÜHLKE, M.: Geologische Kartierung und Beschreibung des südlichen Schönbergs mit dem Hochfirst-Urbergzug und den östlich davor lagernden flacheren Hügellketten der Vorbergzone auf den Blättern: Wittnau, Sölden und Bollschweil Nord, 1 : 5 000. — Diplomarbeit Geol. Pal. Inst. Freiburg i. Br., 1952.

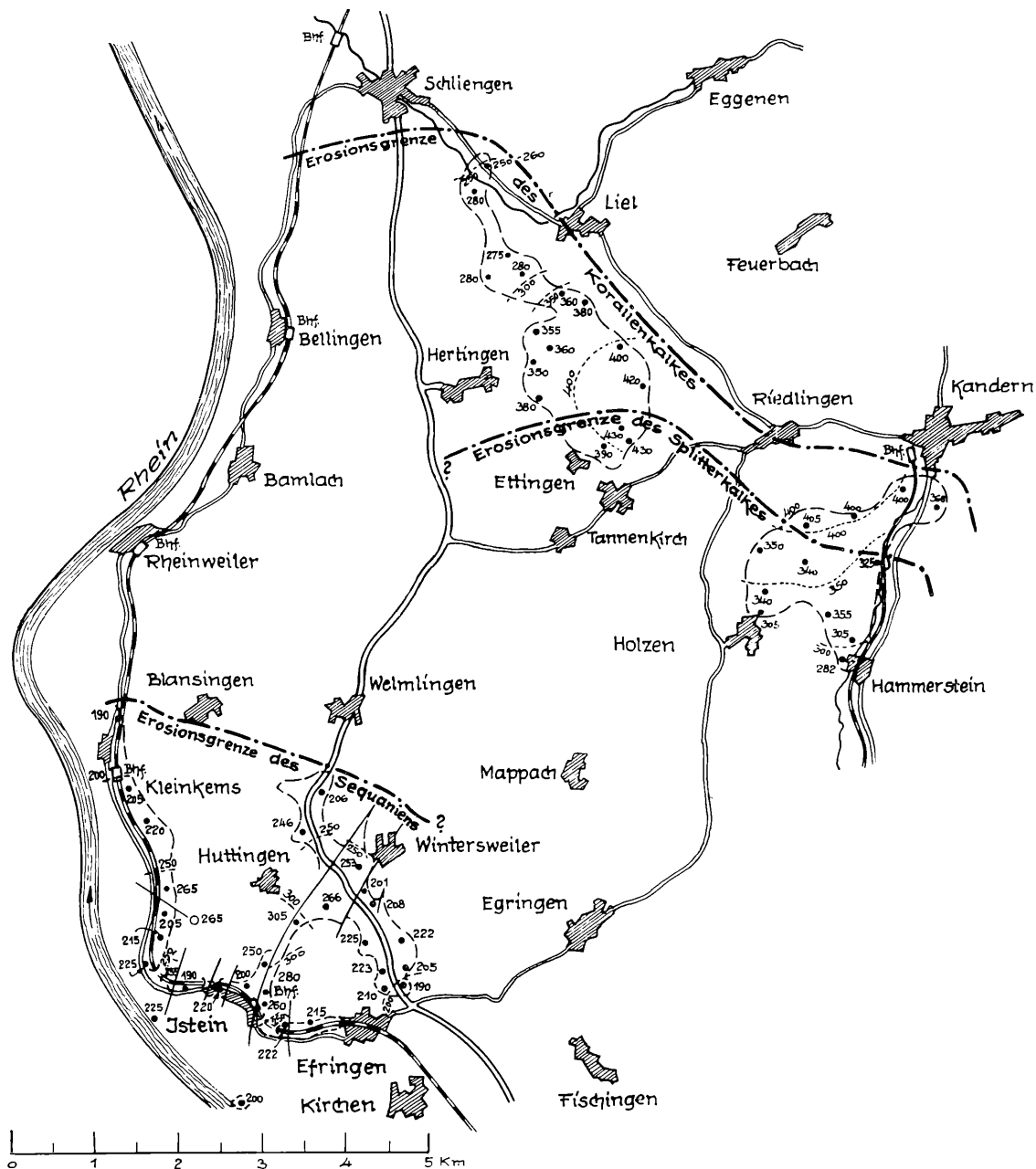


Abb. 15: Skizze der heutigen Verbreitung von Sequanien und Rauracien mit zum Teil konstruierten Punkten der Rauracienuntergrenze (Höhen über NN)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1955

Band/Volume: [45](#)

Autor(en)/Author(s): Kabelac Fritz

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis und Entstehung des unteren Weißjuras am Ostrand des südlichen Oberrheingrabens 5-57](#)