Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 29 (1977)

Artikel: Beiträge zur Mineralogie des Aargauer Juras
Autor: Wullschleger, Erwin
Kapitel: 3: Die Mineralparagenesen und -sukzessionen
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-172650

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

lösung, der Lösungsgenossen, wieder ausgeschieden. Oft können verschiedene Zyklen von Mineralauflösung und erneuter Ausscheidung, gelegentlich unter Wechsel der Mineralart (besonders bei Verwitterung) oder des Habitus (etwa Übergang von tafeligem zu prismatischem Coelestin) auseinander gehalten werden. Alle diese Prozesse scheinen sich auch heute noch abzuspielen. Augenfällig sind dabei vorab die Verwitterungserscheinungen (Umwandlung von Sulfiden zu Hydroxyden, Korrosion von Karbonaten und Sulfaten). Aber auch Neubildungen sind zu beobachten (Goethit, Coelestin u.a.); es handelt sich um Hydratations-, Oxydations- und Reduktionsvorgänge. Die Bildungsprozesse waren und sind – um es mit den Worten von *Frei* (17, S. 114) zu sagen – «rein hydrischer Art, aus deszendierenden wässerigen Lösungen».

3 Die Mineralparagenesen und -sukzessionen

3.1 *Allgemeines, Bildung von Hauptgruppen*

Nach der chemischen Grundform, den entsprechenden Klassen geordnet (56), sind in unserem Beobachtungsgebiet die nachstehenden Mineralarten gefunden worden: Chemische Formeln i.d.R. nach *Strunz* (63)

Sulfide		
– Zinkblende	αZnS	
– Pyrit	FeS_2 (kubisch)	
– Markasit (?)	– (rhombisch)	
Oxyde/Hydroxyde		
– Haematit	Fe_2O_3	
– Quarz	SiO_2	
– Bergkristall	–	
– Chalzedon	–	
– Jaspis	–	
– Goethit	$\alpha FeOOH$ *	
– Nadeleisenerz	–	$Fe_2O_2(OH)_2$**
– brauner Glaskopf	–	$Fe_2(OH)_6$
– Limonit	–	–
Karbonate		
– Calcit	$CaCO_3$	
– Magnesit (Bitterspat)	$MgCO_3$	
– Eisendolomit (Ankerit)	$Ca(Mg, Fe)[CO_3]_2$***	
– Malachit	$Cu_2[(OH)_2 \mid CO_3]$	
– Strontianit	$SrCO_3$	

* s. Fußnote S. 47.
** nach *Bach*, s. Fußnote S. 58.
*** nach *Weibel* (67), s. Fußnote S. 35.

Sulfate

- Baryt $Ba[SO_4]$
- Coelestin $Sr[SO_4]$
- Melanterit $Fe[SO_4] \cdot 7H_2O$
- Gips $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$

Phosphate

- Vivianit $Fe_3[PO_4] \cdot 8H_2O$

Silikate

- Glaukonit $(K, Na, Ca)(Al, Fe^3, Fe^2, Mg)_2[(OH)_2 | Al, Si_3O_{10}]$
- Kaolinit $Al_4[(OH)_8 | Si_4O_{10}]$

Diese Mineralien sind nach ihrem mengenmäßigen Auftreten wie nach der Häufigkeit des Vorkommens von sehr unterschiedlicher Bedeutung.

Nach Menge und Zahl der Vorkommen dominiert der Calcit. In geringen Mengen weit verbreitet ist der Pyrit. Konzentriert in den Gipslagern der Keuperschichten ist das Kalziumsulfat in sehr großen Mengen vorhanden, während es in anderen Schichten nur spärlich vorkommt. Charakteristisch für einzelne Schichten und Fundorte ist der Coelestin, wobei er aber mengenmäßig nur lokal dem Calcit nahekommt. Alle anderen Mineralien treten im Gesamtbild stark zurück.

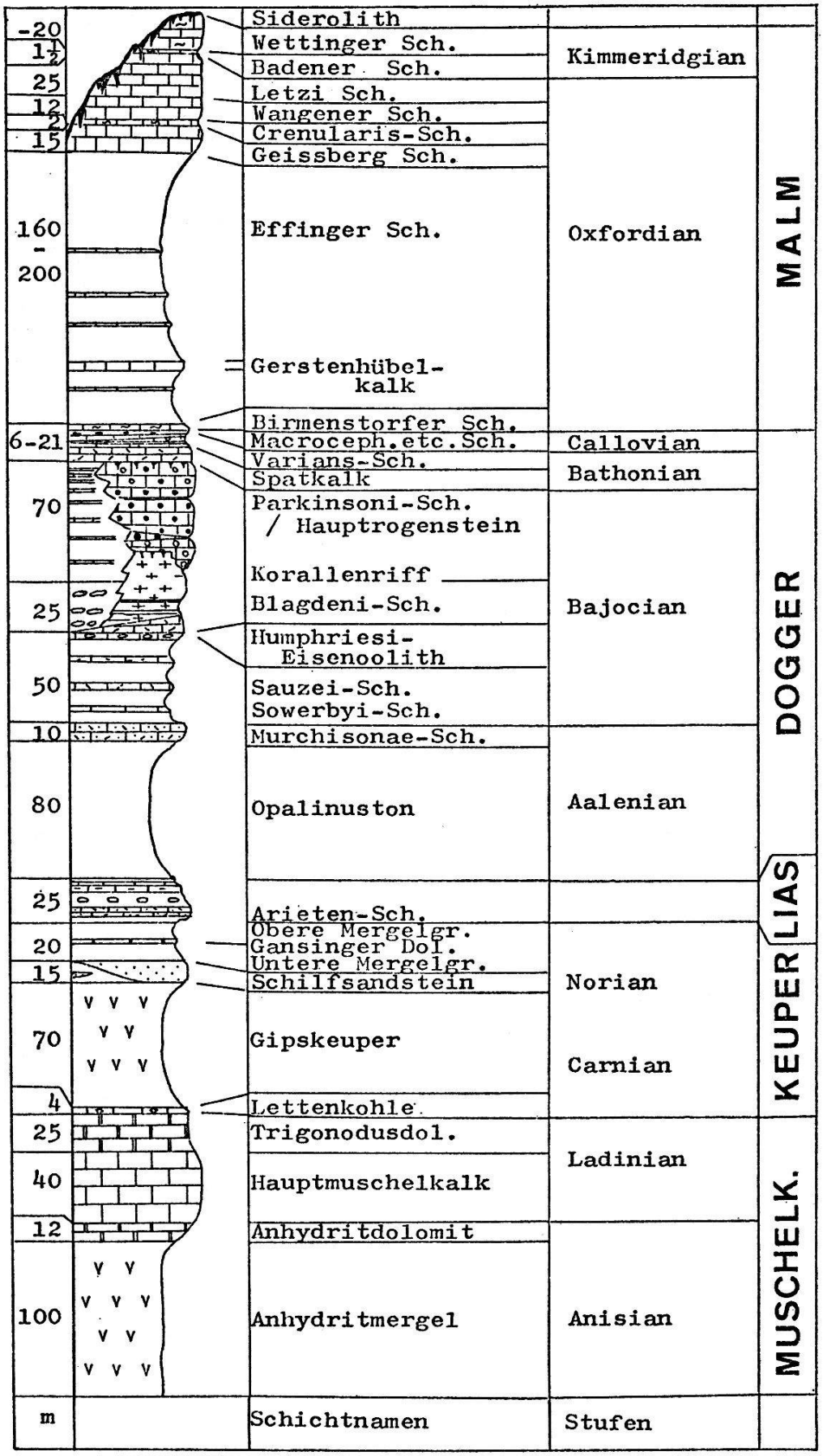
Eine Gegenüberstellung der Mineralinhalte verschiedener Fundorte zeigt bald, daß die einzelnen Orte zwar ihre Besonderheiten aufweisen, es sich aber doch Gruppierungen bilden lassen, ohne daß den natürlichen Verhältnissen allzu sehr Zwang angetan werden muß. Die einzelnen Mineralien, es sind auf das gegesamte Mineralreich bezogen nicht viele, kommen keineswegs in ordnungslosem Nebeneinander vor. Einige können für sich allein oder mit verschiedenen anderen Arten in verhältnismäßig weitem Bereiche auftreten; andere erscheinen nur innerhalb recht eng zu umschreibender Mineralgesellschaften. Gruppierungen von Mineralien innerhalb eines Fundortes/Fundpunktes mit mutmaßlich gleicher Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte werden als *Paragenesen* bezeichnet; sind sie unvollständig, so spricht man von Teilparagenesen.

Als eine der wichtigsten gliedernden Ursachen ist die Gesteinsart zu betrachten, insbesondere sind die Umstände der Bildung des Gesteins von Bedeutung. Aber auch die nachdiagenetische Entwicklung der Gesteine, die Geschichte der mesozoischen Sedimente im Juragebirge umfaßt bis in die obere Trias hinunter um 200 Millionen Jahre, hat einen wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung der Mineralgesellschaften. Die Mineralien erfuhren Um- und z. T. mehrfache Neukristallisationen, wobei sich oft auch neue Paragenesen bildeten.

Für unseren Fundbereich sind zwei Gliederungs-/Ordnungssysteme zu beachten:
1) *R. L. Parker,* Die Mineralfunde der Schweiz, Neubearbeitung 1972: *Stalder, de Quervain, Niggli, Graeser* (52)

Geologisches Sammelprofil für den südlichen Aargauer Faltenjura

von J. Haller, dipl. Geologe, Unterentfelden, 1974



Die *Mineralgesellschaft D* (hier als eine Obergruppierung), auftretend in Sedimentgesteinen.
Diese gegliedert nach den Mineralgesellschaften
- D 6, Calcit
- D 7, Quarz, Calcit
- D 8, Calcit, Coelestin, (Pyrit, Ankerit, Baryt, Strontianit, Quarz, Gips)
- D 9, (Calcit), Gipsspat, (...)

Nach regionalen-geologischen Gesichtspunkten wird nach Fundgebieten gegliedert, wobei das Juragebirge das *Fundgebiet 16* darstellt. Dieses Fundgebiet wird nach der kennzeichnenden Sammelparagenese und Fundortgruppen aufgeteilt. Für uns von Belang sind
- 16a, *Coelestin,* Calcit, (Pyrit, Dolomit-Ankerit, Baryt, Strontianit, Quarz, Goethit [Limonit], Gips). Kristalle in Gesteinsdrusen, Hohlräumen von Fossilien, in Klüften. Nebengesteine sind in der Regel Kalksteine und Mergel.

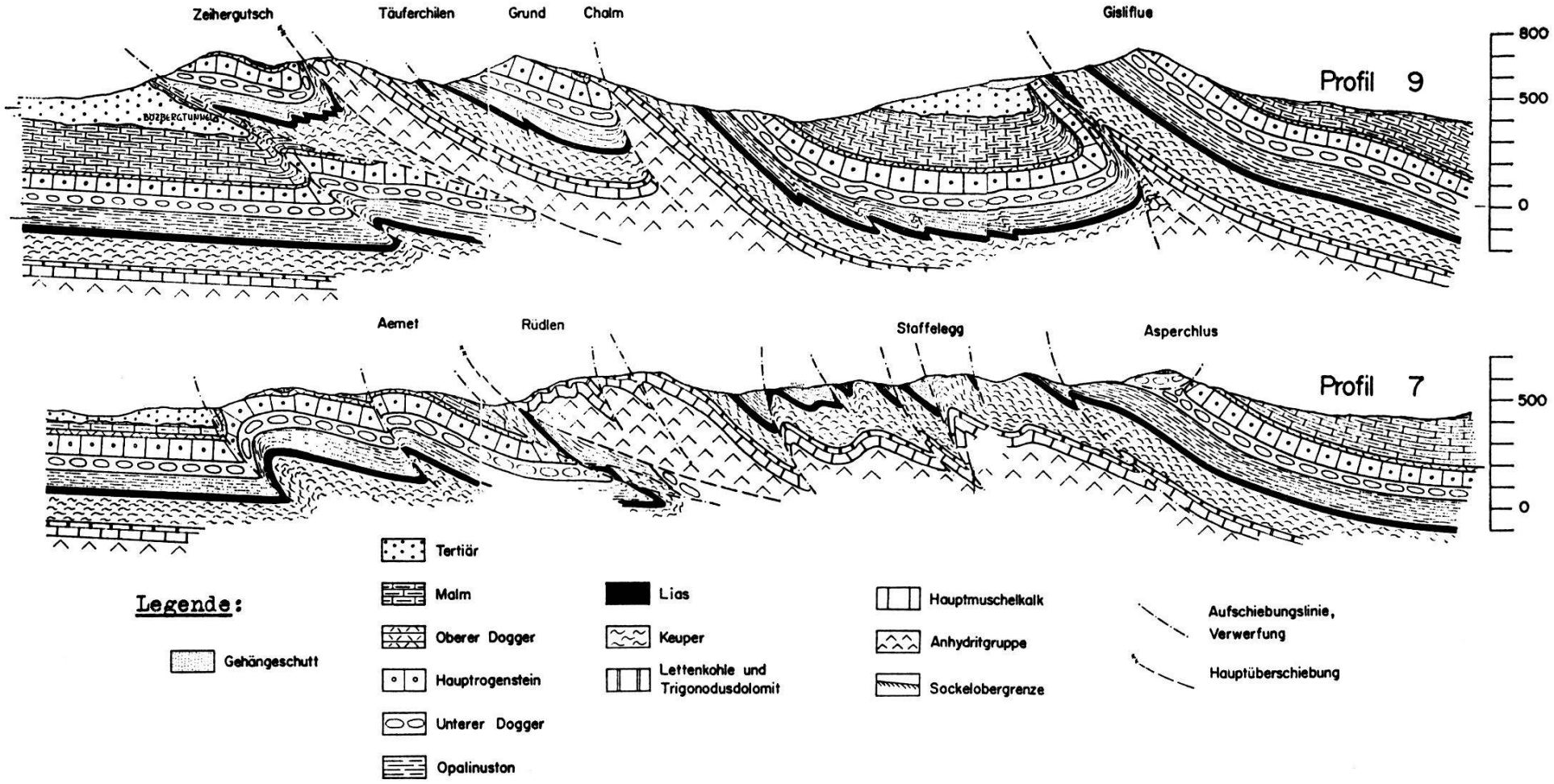
...
- 16c, *Zinkblende,* Calcit, Dolomit-Ankerit, Pyrit, (Coelestin, Gips). Vorkommen in Kalkmergeln des unteren Lias, Hauptrogenstein (mittlerer Dogger).
- 16d, *Quarz,* (Calcit u. a.), Quarz als Bergkristall, Chalzedon, Feuersteinknollen (Jaspis). Vorkommen im Trigonodusdolomit, unterer Lias, Dogger, Malm.
- 16e, *Gipsspat,* (...) im Keuper
- 16f, *Markasit, Pyrit,* als Einzelkristall oder in Aggregaten. Vorkommen in sehr verschiedenen Gesteinen, meistens aber in Mergeln und Tonen, in der Regel eingewachsen.
- 16g, *Calcit,* meistens spätig, häufig aber in oft formenreicher Ausbildung als zu Rasen vereinigte Einzelkristalle.

2) *H. Holenweg,* Mineralparagenesen im Schweizer Jura 1967 (33) und 1969 (37) bringt eine Einstufung der Mineralvorkommen nach der stratigraphischen Lage, eine Gliederung, die für die Mineralfunde in Sedimentgesteinen gut geeignet ist. Ergänzungen nach der Stratigraphie, den Mineralvorkommen und den petrographischen Angaben sind ohne weiteres möglich, so daß u. a. auch einläßlichere Angaben über die Bildungsumstände der Mineralien gemacht werden können. Obwohl ein großer Teil der in der Aufstellung *Holenweg* angeführten Paragenesen für den hier besprochenen Fundbereich Bedeutung hat, wird auf eine ausführliche Erwähnung verzichtet. Es sei auf den Abschnitt 3.3 «Zusammenfassung» verwiesen.

Das Neben-/Miteinander-Vorkommen von Mineralien bedeutet keineswegs, daß diese auch gleichzeitig entstanden sind. Ganz im Gegenteil, sehr häufig kann eine deutlich erkennbare Abfolge der Mineralbildung, die Mineralsukzession, beobachtet werden. Dabei sind zwei grundsätzlich verschiedene Arten einer Abfolge auseinander zu halten: das sich folgende Ausscheiden von Mineralien innerhalb des gleichen, zeitlich vermutlich eng beschränkten Bildungszyklus

Zwei typische Profile durch den Falten- und Tafeljura

Aus Fj. Gsell: Geologie des Falten- und Tafeljura zwischen Aare und Wittnau und Betrachtungen zur Tektonik des Ostjura zwischen dem Unteren Hauenstein im W und der Aare im E. Diss., Zürich 1968



und das Auftreten von verschiedenen Generationen des selben Minerals. Ausscheidung und Wiederauflösung kann sich unter großer zeitlicher und in geringerem Maße auch örtlicher Differenz mehrfach wiederholen. Von *Frei* (16) ist aus dem unteren Lias in der Gegend Frick ein schönes Beispiel der zeitlichen Entwicklung von Mineralparagenesen gegeben worden, wobei z.B. für Calcit und Pyrit drei Generationen, wie auch Mineralumwandlungen, festgestellt wurden; wir haben gleiche und ähnliche Beobachtungen machen können.

In der nachfolgenden Darstellung der Mineralvorkommen in regionaler Gliederung entspricht die Reihenfolge der Aufzählung der Mineralien der Abfolge der Ausscheidung/Bildung, wobei ein Gedankenstrich das eindeutige Nacheinander, ein Komma das Nebeneinander, d.h. praktische Gleichzeitigkeit der Ausscheidung, andeuten soll.

Die mengenmäßige Bedeutung des Auftretens eines Minerals in einer Paragenese – und damit meist auch der Aspekt einer Stufe/Probe – wird wie folgt dargestellt:

– ***kursiv***	= vorherrschend	auftretend
– **ohne Bezeichnung**	= häufig – gering	
– **in Klammern** ( )	= spärlich	
– **in Klammern** [ ]	= sehr spärlich	

Diese Mengenangaben sind relativ, auf den einzelnen Fundort/-punkt, z.T. auf die einzelne Stufe/Probe, bezogen.

3.2 *Vorkommen in den einzelnen Gebieten*

Die nachstehenden Detailbeschreibungen von Mineralvorkommen fassen die Fundorte und -punkte zu kleinen Regionen mit ähnlicher geologischer Situation zusammen. Die Regionen 3.2.1 bis 3.2.3 betreffen den Kettenjura, die Regionen 3.2.4 bis 3.2.7 den Tafeljura.

3.2.1 *Wasserflue – Staffelegg – Gisliflue i.w.S.*

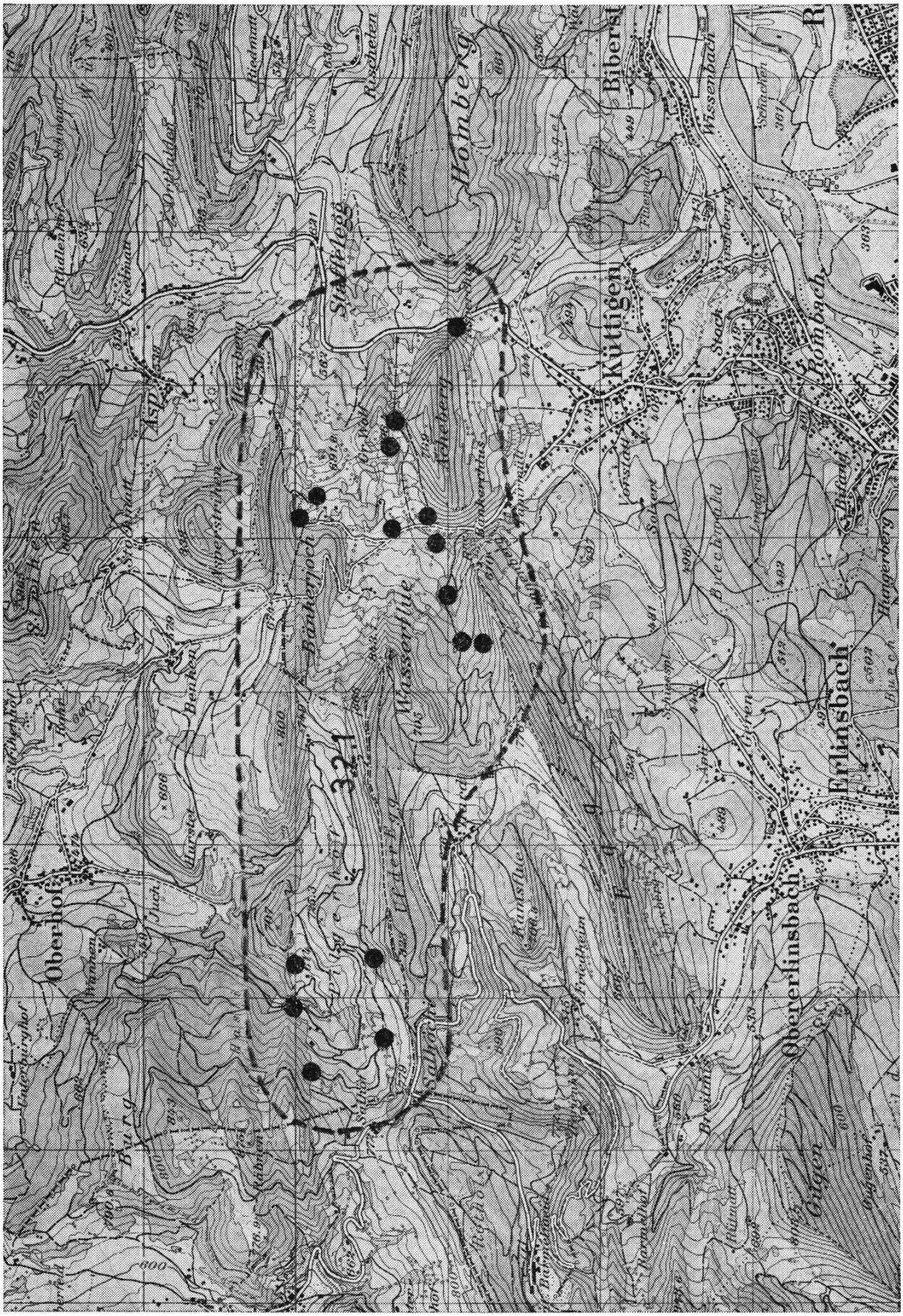
3.2.1.1 *Geologische Situation* (nach 48, 1, 28, 70, 23)

Der mittlere Teil des aargauischen Kettenjuras gehört zu den am stärksten bewegten Gebieten des Juragebirges. Der aus dem westlichen Jura bekannte einfache Faltenbau fehlt hier weitgehend und ist im Sinne einer Übersteigerung, vor allem im weiteren Bereiche der Staffelegg, durch eine Schuppenstruktur ersetzt. Es hält oft schwer, die einzelnen Elemente zu einem übersichtlichen Bauplan zusammenzufügen.

Die Höhenzüge nördlich der Aare, die südliche Randkette des Juras mit Egg/Brunnenberg – Acheberg – Homberg – Gisliflue, bilden den Südschenkel der entsprechenden Antiklinale. Das Gewölbe der Falte ist durchwegs in der Längsachse aufgebrochen. Besonders im östlichen Teil ist der Nordschenkel der Gisliflue-Antiklinale – sofern man nicht eher vom Südschenkel der Thalheimer-

Fundortgruppe 3.2.1

(Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz, M. 1 : 50000)


Oberhof
Bankerpoch
Wasserflue
Staffleegg
Homberg
Küttigen
Biberst
Erlinsbach
Obererlinsbach
Gigen
Kanstlue
Rüscheien
Wissenbach
Hombach
Hangerberg
Stack
Salzer
Bulcebrgchd
Landgraben
Breitmis
Asp
Hirzberg
Fuchs
Wurzel
Benken
Rüdlenhof
Fostman
Rüdenhof
Schwarzwald
Hochwald
Fuchsbrunnen
Fatschirrhof
Kirchenhof
Rohr
Stockhalt
Hiperstrichen
Hirzberg
Kirchberg
Kirchberg
Kirch

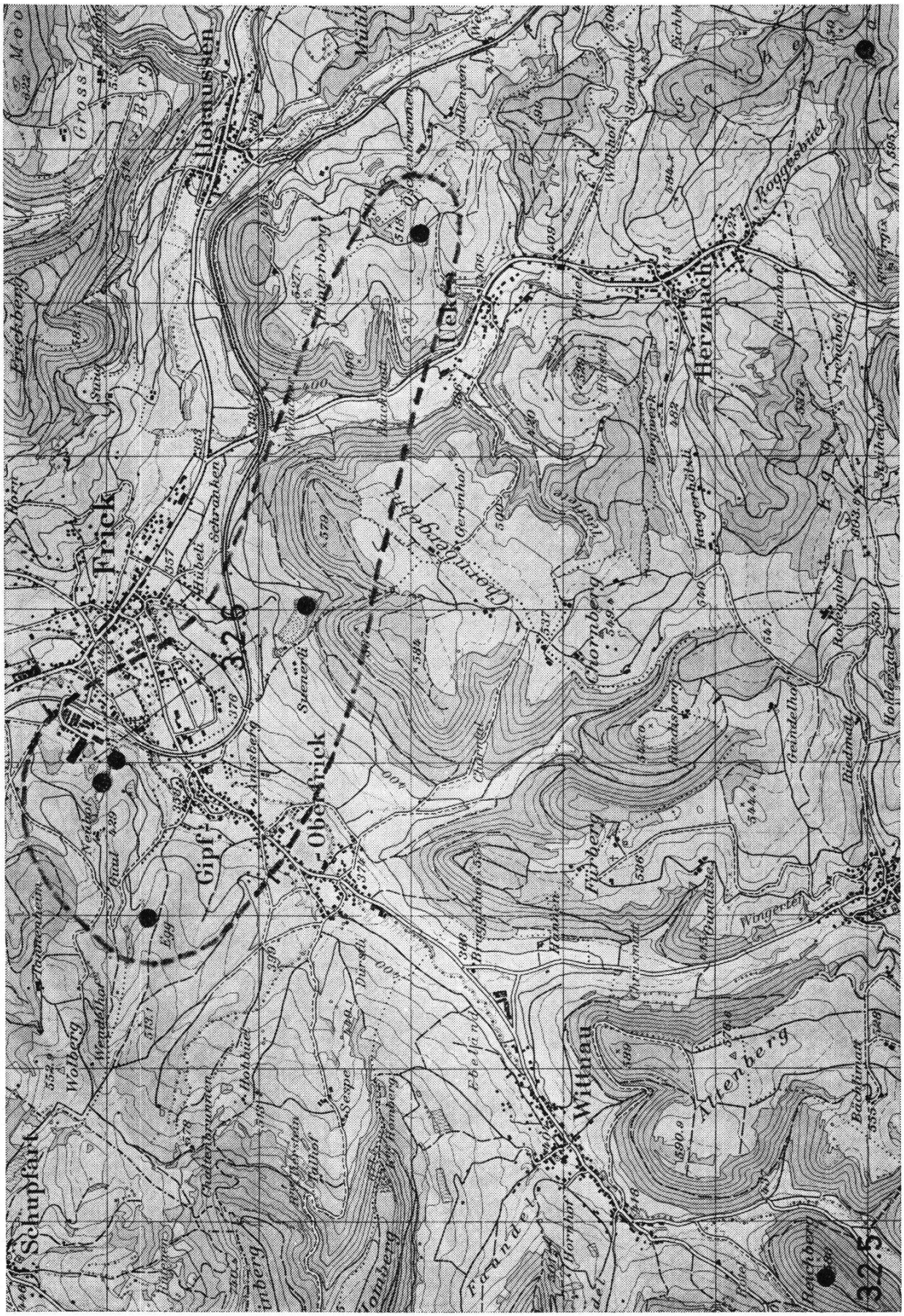
Fundortgruppen 3.2.1, 3.2.2 und 3.2.3

(Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz, M. 1 : 50000)

Reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 25.5.1976

Fundortgruppen 3.2.4, 3.2.5 und 3.2.6

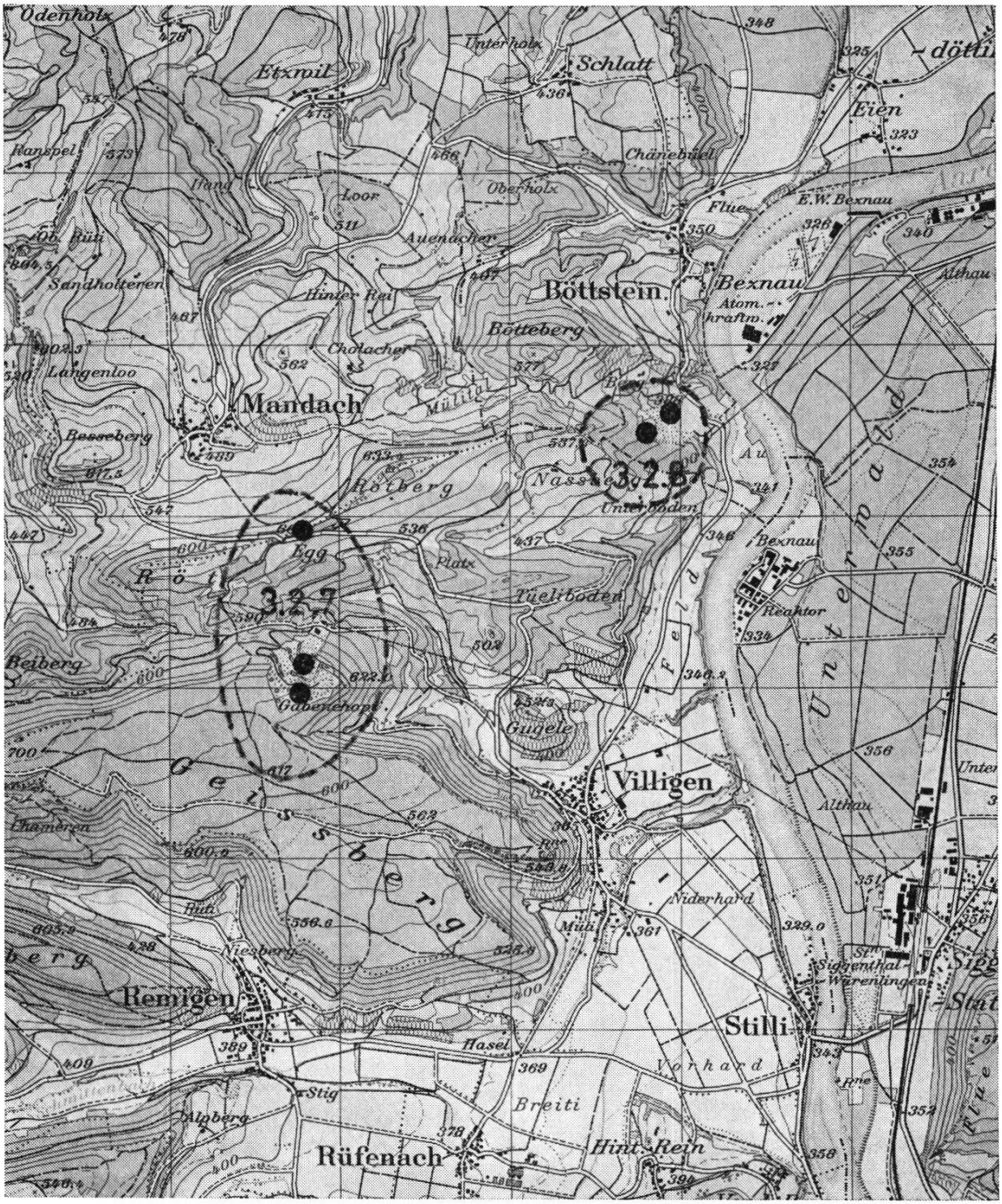
(Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz, M. 1 : 50000)



Reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 25.5.1976

Fundortgruppen 3.2.7 und 3.2.8

(Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz, M. 1 : 50000)



Reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 25. 5. 1976

Synklinale sprechen will – nur reduziert entwickelt oder sogar fehlend; er wurde vom Südschenkel der Antiklinale in z. T. erheblichem Maße überfahren. Der eigentliche Gewölbekern ist nirgends sichtbar; der südöstlich des Hard oder in der Rischelen (sw. Thalheim) zutage tretende Keuper gehört noch zum Südschenkel der Antiklinale.

Das Gebiet Uf der Egg – Wasserflue ist ein Teil einer hochliegenden, sich gegen Westen öffnenden Synklinale, die ein Achsengefälle E–W aufweist.

Die Höhen Rumisholden – Einolte – Summerholden sind in Schuppen aufgelöste Teile der nördlich an die Wasserflue-Synklinale anschließenden Antiklinalstruktur. Sie verläuft, bei WNW–ESE gerichtetem Streichen und gegen E absinkend, über das Bänkerjoch – Staffelegg gegen den Homberg, um dort unter der Gisliflue-Antiklinale zu verschwinden bzw. darin aufzugehen.

Der Ostteil der Wölfe entspricht wieder einem kleinen Rest einer Synklinale; weitere nördlich gelegene Synklinalteile sind Herzberg und Chrinnenflue. Die Mulde des Schenkenbergertales ist ebenfalls Synklinalgebiet, das besonders im östlichen Teil deutlich ausgeprägt ist.

Das heute vom südöstlichen Jura eingenommene Areal hat, wie auch andere Teile des Juras, bereits vor der Hauptauffaltung des Juragebirges gegen Ende des Tertiärs (Pliozän), als einer Spätphase der alpinen Gebirgsbildung, mehrfache Hebungen und Senkungen erfahren. Die Schichten der Trias (ohne Rhät), des Lias und Doggers sind vollständig, aber örtlich in unterschiedlicher Fazies und Mächtigkeit, abgelagert worden. Gleiches gilt für den Malm, sicher bis in das Kimmeridge. Der obere Malm und die Kreide dagegen fehlen. Die Meinungen darüber, ob diese Gesteine nicht abgelagert oder erodiert wurden, gehen auseinander. Die Bohnerz- und Bolustonbildungen des Eozäns sind jedenfalls auf Festland entstanden und werden als Rückstandssedimente betrachtet. Man darf deshalb annehmen, daß unser Bereich mindestens während der ganzen Kreidezeit und des frühen Tertiärs Festland war. Die untere Süßwasser-, die Meeres- und die obere Süßwassermolasse ist abgelagert worden.

F. Mühlberg (48, S. 55) schließt aus der unterschiedlichen Ausbildung der oberen Süßwassermolasse am Südrand des heutigen Tafeljuras (Juranagelfluh) und am Südrand des Kettenjuras (Sandsteine) auf das Vorhandensein einer Wasserscheide im Bereiche des heutigen Kettenjuras. Alles dies bedingt eine ganze Abfolge von Krustenbewegungen.

Die Kreten der Egg/Brunnenberg – Acheberg – Homberg – Gisliflue, wie auch der Wasserflue, werden vom Oolith des Hauptrogensteins (an der Gisliflue zudem Korallenkalk) gebildet. Südseits reicht das stratigraphische Profil bis in die untere Süßwassermolasse hinauf, nordseits dagegen bis in den Keuper, z. T. bis in den Muschelkalk hinunter.

Die südliche Randkette ist durch die kurzen, N–S laufenden Quertäler bei Erlinsbach und Küttigen mit den Engnissen des Breitmis, der Bänker- und Asperchlus tief durchschnitten, wobei die Erosion in den weichen Opalinus- und Keuperschichten weite Mulden geschaffen hat. Von der Nordseite reichen die Täler des Wölflinswiler- und des Staffeleggbaches weit in den Kettenjura hinein, dadurch die Höhenzüge gliedernd. Gute Aufschlüsse sind indessen nicht allzu häufig und ergiebig, ist doch das anstehende Gestein zumeist mit Hangschutt, Bergsturzmaterial und dem in der Regel tiefgründigen, die Vegetationsdecke tragenden

Boden bedeckt. Felsbänder, offene Rutschungen und einzelne Steinbrüche und Mergelgruben ermöglichen Einblicke und erlauben das Finden von Mineralien. Die Erosion, zweifellos jeweils mit der Hebung der Schichten über das Meeresniveau hinaus einsetzend, wirkte zu verschiedenen Zeiten und während langen Zeiträumen. Sie war besonders stark seit dem Aufstau des Juragebirges sowie während den Eiszeiten; der Abtrag beläuft sich auf mehrere hundert Meter.

3.2.1.2 *Rumisholden, Einolte, Pilgerhöf (Oberhof)-Bernhalden, Riepel (Küttigen)*

Die Schichten des *Trigonodusdolomites* und der Lettenkohle (Estherienschiefer, Grenzdolomit) als oberste Zone des oberen Muschelkalkes streichen in der Antiklinalstruktur von West von der Rumisholden über Einolte – Summerholden – Bänkerjoch – Bernhalden nach Osten bis in den Raum Herzberg. Der Dolomit ist von gelbgrauer Farbe und von erdiger Ausbildung. In einzelnen Zonen ist er reichlich mit kleinen und größeren Drusen durchsetzt, wobei diese Höhlungen meist mit dolomitischem Pulver ausgefüllt sind (48,44). In den Drusen ist eine kleine, aber typische Mineralgesellschaft vorhanden:

Calcit – (Magnesit) – Goethit: (Limonit)

Die Wände der Drusen sind mit *Calcit* in einfacher rhomboedrischer Ausbildung ausgekleidet; neben stumpfen kommen auch steile Rhomboeder vor. Der Calcit ist durchsichtig, farblos bis hellbraun. Die Kantenlänge der Kristalle (XX) liegt etwa bei 0,4 bis 0,8 mm. In der älteren Literatur (48) wurde dieses Mineral als Bitterspat (Magnesit/Dolomit) beschrieben. Die Bestimmung als Calcit ist aber eindeutig.

Als deutlich spätere Ausscheidung findet sich an der *Rumisholden* in Drusen über dem Calcit das Mineral *Magnesit* (Bitterspat) als weiße, eher feinkristalline Masse. Das Mineral, oft etwas korrodiert, braust mit kalter Salzsäure nicht. Gekrümmte Kristallflächen sind nicht zu beobachten. Es handelt sich um einfache stumpfe Rhomboeder, die sich nur durch die geringere Größe von jenen des Calcites unterscheiden.

Limonit bildet stellenweise kleine Aggregate in Form von kleinen Körnern (bis 5 mm) oder Krusten. Er ist – wie dies die noch deutlich erkennbaren Kristallformen zeigen – aus Pyrit hervorgegangen.

Calcit

Quarz: Chalzedon – (Bergkristall)

Im *Riepel* sind am Fuße der Bernhalden aus Dolomitschutt, offensichtlich *Trigonodusdolomit,* einige auffällige Mineralbildungen gefunden worden:

- stark kavernöser Dolomit, wobei die Hohlräume bzw. ein ganzes Netzwerk von feinen Rissen und Klüften von *Calcit* ausgekleidet oder gefüllt sind. Soweit freie XX wachsen konnten, handelt es sich um einfache stumpfe Rhom-

boeder. Diese Bildungen sind ähnlich jenen aus der Rumisholden und der Einolte.
- plattige, gebänderte *Silex*-Lagen. Es sind dies kleine Knollen oder ausgesprochene Bänke, wobei die Silexbildungen mit Dolomit/Calcit-Lagen wechsellagern. Solche Bänke erreichen bis zu 10 cm Mächtigkeit. Zum Teil ist der Silex dicht; es handelt sich um *Chalzedon*. Gelegentlich kann unter dem Binokular eine feine achatische Schichtung/Bänderung mit Farbwechsel von dunkelgrau, bläulich bis weiß beobachtet werden. In kleinen Hohlräumen ist der Quarz oft als wasserklarer *Bergkristall* ausgebildet. Die XX werden bis 3 mm groß; in der Regel sind nur die Rhomboeder-, z. T. aber auch die Prismenflächen zu erkennen. Unter dem Binokular zeigen sich bei starker Vergrößerung Bilder, die jenen alpiner Quarzklüfte nicht nachstehen!

Die Silexbildungen sind – zunächst wohl als Gele ausgeschieden – syngenetisch bis frühdiagenetisch entstanden. Im weiteren Verlaufe der Diagenese erfolgte die Kristallisation, vermutlich auch die des Bergkristalles. Die Calcitausscheidungen sind dagegen zweifellos epigenetischen Ursprunges; sie stehen vermutlich im Zusammenhang mit der Rauwackebildung bzw. mit Verwitterungserscheinungen (44).

In der großen Gipsgrube Riepel der Jura-Cementfabriken Aarau-Wildegg sind *Keuperschichten* aufgeschlossen. Es handelt sich um eine Folge von Ton-Mergel sowie, ganz untergeordnet, von Sandstein und Dolomitschichten, die mit Gipslagen und -bänken vielfältig wechsellagern (Gipskeuper). Die Mächtigkeit der einzelnen Gipslagen schwankt von wenigen cm bis über 1 m. Durch tektonische Bewegungen sind die Schichten stark bewegt und zusammengestoßen worden, ohne daß aber ein Zerreißen stattgefunden hätte. Eigentliche Schichtverstellungen fehlen, Klüfte größeren Ausmaßes sind selten.

Die Zahl der hier vorkommenden Mineralien ist gering.

Gips, [Pyrit] – Goethit: (Limonit)

Der *Gips* tritt auf als:
- dichter Gipsstein, meist hell- bis dunkelgrau, feinkristallin, z. T. mit Ton vermischt, undurchsichtig.
- Alabaster, weiß bis lachsrosa gefärbt, fein bis grobspätig, an den Rändern und in dünnen Schichten durchscheinend. Oft sehr fein gefältelt, aber konkordant mit den Ton- bzw. Mergelschichten.
- Fasergips, auf Klüften, weiß seidenglänzend, quer oder meist längs zur Kluft verlaufende «Fasern», langgestreckte Blättchen, parallelstrahlig verwachsen, oft gekrümmt und in Schichten diagonal aggregiert, in kleinen Stücken durchsichtig. Alabaster- und Fasergips können in Wechsellagerung unmittelbar nebeneinander vorkommen.
- Einzelkristalle, z. T. verzwillingt. Auf Kluft-/Rißwänden sitzen klare, farblose Gipskristalle, die nur selten größer als 3 bis 4 mm sind; auch eingewachsen

in den randständigen Zonen von Fasergipsaggregaten. In den Ton- und Mergelschichten sind keine Gips-XX gefunden worden.

Die Bildung des dichten Gipsgesteines und des Alabasters ist wohl zumeist syngenetisch. Eine teilweise spätdiagenetische/epigenetische Bildung aus Anhydrit ist aber nicht auszuschließen.

Feinkristalliner *Pyrit,* zu kleinen Häufchen/Krusten aggregiert, ist randständig oder den Alabastergipsbänkchen aufgewachsen zu finden. Durch Verwitterung hat sich *Limonit* in Krusten gebildet. Ohne die Rostflecken wäre der Pyrit kaum zu beobachten, derart geringfügig ist sein Vorkommen.

Die Entstehung der Pyrites dürfte diagenetisch sein; jene des Limonites ist zweifellos epigenetisch.

Was in diesem Keuperaufschluß beeindruckt, ist die bizarre Verfaltung und Verfältelung der Schichten.

Bei Anlaß der Wegbauten zur Güterregulierung Oberhof sind im Gebiete der Pilgerhöf (Cholwald) oberflächlich die *Opalinus-Schichten* angeschnitten worden. Im Gegensatz zu anderen solchen Aufschlüssen sind hier keine größeren Mergelkalkknauer (Septarien) aufgetreten, dagegen viele Toneisenstein-Geoden als kleine, 2 bis 8 cm Durchmesser aufweisende, meist flache Knollen. Ihrer heutigen Lage entsprechend sind sie durchwegs stark angewittert. Es zeigt sich dabei, daß sie in der Regel in konzentrische Schalen zerfallen und damit ihre Entstehung als Konkretionen belegen. Die Geoden bestehen aus einer sehr gleichmäßigen feinen, kalkhaltigen Tonmasse von intensiv gelbbrauner Färbung. In den äußersten Schichten treten gelegentlich bis 0,5 mm große Glimmerblättchen auf. Es findet sich eine kleine Mineralparagenese:

Pyrit, Calcit – Baryt – Goethit: Limonit

Pyrit ist in sehr feinkristallinen Massen im Innern der Geoden festzustellen, sei es als unregelmäßig verteilte und geformte Aggregate im Gestein oder als Füllung von Schwundrissen. Die bei der Pyritverwitterung entstehende Schwefelsäure hat gelegentlich zu einer Ausbleichung des Toneisensteines Anlaß gegeben. *Calcit* in feinspätiger Form ist alleinige oder doch teilweise Füllmasse der Schwundrisse. Er ist farblos oder zumeist weiß, aber z. T. auch fast schwarz gefärbt. In den größeren Schwundrissen ist *Baryt* reichlich vorhanden. Unter der Lupe lassen sich langgestreckte Täfelchen erkennen, die in Bündeln oder strahligen Aggregaten zusammengefaßt sind. Die Färbung ist reinweiß bis rosa. Oft ist der Baryt von einer Kruste Pyrit bzw. Limonit umgeben. Die Ausscheidungsfolge lautet mithin: Pyrit I, Calcit – Baryt – Pyrit II – Limonit.

Pyrit ist, soweit er im Innern des Toneisensteines liegt, ein mit diesem gebildetes, also syngenetisches Mineral. Soweit Pyrit mit dem Calcit und Baryt aber in Schwundrissen abgesetzt wurde, handelt es sich um diagenetische Bildungen.

Aus den *Murchisonae-Schichten,* die in einer Schroppengrube an der *Egg* südlich der Pilgerhöf (Pt. 717), Oberhof, erschlossen wurden, barg Förster *A. Reimann*

einen großen Ammoniten (Ludwigia?). Das Fossil, z. T. noch im Gestein, weist einen Durchmesser von etwa 14 cm auf und ist in der Ebene der Windungen aufgeschlagen. Eine Reihe von Kammern sind geöffnet und führen die Mineralgesellschaft:

***Calcit* – Eisendolomit – Coelestin – (Pyrit)**

Die Kammern sind, soweit hohl, durchwegs mit einem dichten Belag skalenoedrischer *Calcit*-Kristalle versehen. Deren Färbung geht von grauweiß bis graugelb und ist, wie die mittlere Größe der XX (0,5 bis 2 mm), von Kammer zu Kammer verschieden. In drei Kammern sind dem Calcit kompakte Aggregate von *Eisendolomit* * aufgewachsen. Unter der Lupe sind die sattelförmigen XX-Gruppen mit den gekrümmten Flächen deutlich zu sehen. Der Eisendolomit ist etwas angewittert und zeigt hellbraune Färbung. Die einzelnen, ungefähr halbkugeligen Aggregate erreichen einen Durchmesser bis zu 1,5 cm. Eine Kammer zeigt langgestreckt dünntafeligen *Coelestin* in radialstrahliger Anordnung. Er ist stark korrodiert und von blaßgelber bis lachsroter Farbe. In sehr kleinen würfeligen XX sitzt wenig *Pyrit* auf dem Calcit. Ein sehr schönes und interessantes Fundstück!

3.2.1.3 *Egg/Brunnenberg – Acheberg – Asperchlus* (Küttigen)

Im Querschnitt eines Lytoceras (?), gefunden im Lias, vermutlich in den Angulaten-/Arieten-Schichten, westlich des *Groß-Wolf* zeigen sich in dichtem Kalk neben Calcit sehr spärlich kleine Aggregate von feinkristallinem Pyrit und Zinkblende. Die Paragenese lautet demnach:

[Calcit], [Pyrit], [Zinkblende]

Die an der Nordhalde der Egg/Brunnenberg durchziehenden *Opalinus-Schichten,* bei ungefähr west-östlichem Streichen von den Eggmatten zum in der Mulde zwischen Brunnenberg und Wasserflue fließenden Bach hinunter laufend, diesen querend und hinter der Bänkerchlus den Fischbach und die Bänkerjochstraße erreichend, führen in ihrer oberen Zone zahlreiche Septarien [= gekammerte, hohle Kalkkonkretionen im Mergel] verschiedener Größe. Sie treten in einzelnen

* Es ist anzunehmen, daß es sich bei diesem wie anderen Vorkommen durchwegs um Eisendolomit [= $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$] handelt, wobei der Fe-Anteil innerhalb gewisser Grenzen schwanken mag; Dolomit [= $CaMg\ (CO_3)_2$] dürfte ebensowenig vorkommen wie Siderit [= $FeCO_3$]. Die Verwitterung des Eisendolomites endet beim Limonit.
Strunz (63) bezeichnet Eisendolomit als Varietät des Ankerites und gibt diesem die Formel $CaFe(CO_3)_2$. *Parker* (51) erwähnt den Eisendolomit nicht und führt den Ankerit [= $Ca(Fe, Mg)(CO_3)_2$] als Mischkristall des Dolomites und des Eisenspates an. Nach *Weibel* (67) ist Eisendolomit = $Ca(Mg, Fe)(CO_3)_2$, wobei das Verhältnis Fe : Mg stets kleiner sein soll als 1 : 1. Nach seiner Ansicht sollte der Name Ankerit aufgegeben werden.
Wir folgen dieser Auffassung.

Schichten des Opalinustones gehäuft auf und liegen konkordant zum Schichtverlauf. Aus dem 1961 und erneut 1974 in Bewegung geratenen großen Erdrutsch Hinter Königstein, vom mittleren Dogger bis tief in die Opalinus-Schichten hinunter reichend, sind zahlreiche solche Septarien gesammelt worden. Gleiche Gelegenheit bot das Bett des Wasserflue-Baches bis zu seinem Zusammenfluß mit dem Fischbach. In diesem über längere Strecken im Opalinuston fließenden Bach sind die Septarien, neben Geröll aus dem Hangschutt, angereichert. Sie sind durch ihre Form meist leicht vom übrigen Geröll zu unterscheiden. Es handelt sich um gerundete, flache bis kugelige Gebilde. Der Vergleich mit einem runden Brotlaib ist am zutreffendsten. Die Größe schwankt von etwa 10 cm größter Ausdehnung bis zu Gebilden von 40 cm Durchmesser bei etwa 15 cm Höhe. Am verbreitetsten sind Ausmaße von ungefähr 10 × 25 cm. Bemerkenswert ist die oft sehr regelmäßige Ausbildung und die glatte Oberfläche der Knauern; liegen sie nahe beieinander, so ergeben sich plattenartige Gebilde mit den – um bei unserem Vergleich zu bleiben – auch bei Brot bekannten Anwuchsflächen. Das Gestein der Septarien kann als etwas toniger dichter Kalkstein bis Mergelkalk bezeichnet werden. Der dichte Kalkstein ist hart und spröde, der Mergelkalk eher weich, aber – unverwittert – recht zähe. Gelegentlich ist das Gestein mehr oder weniger deutlich geschichtet, wobei sich dies meistens seitlich auch an der Oberfläche als Streifung und durch Anwüchse zeigt. Eine weitere Besonderheit der Septarien sind die Rißsysteme im Inneren. Je toniger das Gestein und je größer die Konkretion ist, um so ausgeprägter und ausgedehnter sind die Hohlräume. Die kleinen Septarien aus dichtem Kalkstein führen keine Risse, die großen, aus Mergelkalk bestehenden dagegen zeigen nicht nur zahlreiche solcher Klüfte, diese sind auch weitlumig und bilden ganze Systeme. Die Risse sind im Zentrum der Septarie am breitesten; sie endigen etwa 1 bis 2 cm unter der Oberfläche, zeichnen sich aber insbesondere bei Mergelkalkkonkretionen auf der Außenseite ab, sei es als Nähte, sei es als eingesunkene Teile der Oberfläche. An solchen Anzeichen ist am sichersten zu erkennen, ob es sich um eine «kristallträchtige» Septarie handelt.

Die Septarien sind wohl gleichzeitig mit der Absetzung des Pelites, des späteren Tongesteines, als Konkretion des sich gleichzeitig niederschlagenden Kalkes entstanden; es handelt sich mithin um eine syngenetische/frühdiagenetische Bildung. Die Risse im Innern der Knauern sind auf den im Verlaufe der Verfestigung des Gesteins eingetretenen erheblichen Wasserverlust zurückzuführen; es handelt sich um eine Innenschrumpfung, um Schwundrisse, die um so größer und zahlreicher sind, je tonhaltiger das Gestein der Konkretion bzw. je ausgeprägter der Wasserverlust war. Parallel dazu ging die Pressung des Gesteins durch das Gewicht der auflagernden Schichten. Nach *Niggli* (50, S. 290) hält frisch abgesetzter Schlamm 75 bis 90 % des Volumens Wasser. Mit zunehmender Verdichtung wird zunächst freies und später auch an den Tonteilchen adsorbiertes Wasser abgegeben, so daß das aus der Diagenese hervorgehende Tongestein noch 35 bis 10 % Wasser enthält. Parallel dazu verläuft eine Umlagerung

und Orientierung der Feinpartikelchen; der Opalinuston wird als «leicht geschiefert» bezeichnet. Es liegt auf der Hand, daß mit der Wasserabgabe ein beträchtlicher Volumenverlust eintreten muß. Bei den größeren Septarien hat sich dies in einer meist geringfügigen Deformation, dem Eindrücken der Oberfläche über Rissen und vermutlich auch im Flachpressen der Konkretion, was zur Stauchung der Schwundrisse führte, ausgewirkt. Oft ist eine Septarie zerdrückt worden, um aber später wieder zusammenzuwachsen. Alle diese Erscheinungen sind diagenetischer Natur. Bei tektonischen Bewegungen sind große Septarien oft längs Schwundrissen zerbrochen, ohne daß nachher noch eine Ausheilung eingetreten wäre.

In den Schwundrissen bildeten sich als Ausscheidungen deszendenter Mineral-lösungen kristalline Kluftfüllungen. Es läßt sich dabei generell eine typische Mineralgesellschaft erkennen, die im einzelnen nach Mineralbestand, Habitus und Tracht der Kristalle und Bildungsumständen verschieden sein kann. Auch in der Altersfolge der Mineralien, der Sukzession, sind Unterschiede festzustellen.

Die Verwitterung der Septarien setzt ein, sobald diese nahe der Oberfläche in den Wirkungsbereich der Witterungserscheinungen und insbesondere des Sickerwassers gelangen. Da die Hohlräume nicht dicht sind, beginnen Mineralumwandlungen, z. B. des Pyrites zu Limonit, die ihrerseits zu Neubildungen, z. B. Gips, oder Zweit- bis Drittbildungen bereits vorhandener Mineralien, führen können; außerdem beginnen Auflösungen und Auswaschungen von Mineralien in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit.

Die im *Rutsch Hinter Königstein* und im Bett des *Wasserflue-Baches* gefundenen Septarien sehr verschiedener Größe und Erhaltungszustandes führen in den Schwundrissen die folgenden Teilparagenesen:

***Calcit* – (Pyrit) – Goethit: (Limonit)**

***Calcit* – (Eisendolomit) – (Pyrit)**

***Calcit* – Coelestin – (Eisendolomit) – (Pyrit) – Goethit: (Limonit)**

Der *Calcit,* durchwegs skalenoedrisch ausgebildet, mit Kristallgrößen bis zu 4 mm, bekleidet die Wände der Schwundrisse vollständig mit einem dichten Pelz. Er ist in jedem Falle das erstabgeschiedene Mineral. Im Bereiche von verwittertem Pyrit ist der Calcit korrodiert. Spärlicher *Pyrit* sitzt in würfeligen, bis zu 1 mm großen Kristallen, die oft zu Aggregaten verwachsen sind, zwischen den Calcit- und Coelestin-XX oder ist ihnen in den äußeren Schichten ein- bzw. aufgewachsen; gelegentlich kommt Pyrit auch als Kruste vor. Er tritt nicht nur in den Schwundrissen, sondern auch im Mergelkalk der Septarien auf; es handelt sich um ± kompakte Aggregate feinkristalliner Struktur.

Soweit sauerstoffhaltiges Wasser in die Risse einfloß, wurde der Pyrit zu *Limonit* umgewandelt, die Calcit-XX tragen dann einen dünnen gelbbraunen Belag.

Der *Eisendolomit* – insgesamt ein in geringen Mengen vorkommendes Mineral – ist in kugeligen bis dickkrustigen Aggregaten dem Calcit aufgewachsen. An der Oberfläche sind Einzelindividuen mit den typischen gekrümmten Flächen zu beobachten. Die Färbung geht von hellem Gelb bis zu Rotbraun. Die Oberfläche ist z. T. mit einem schwarzbraunen Belag verkrustet, möglicherweise handelt es sich um braunen Glaskopf. In einem Falle ist das Gebilde außerdem mit einer dünnen Schicht eines farblosen Minerals überdeckt (Calcit?). Zusammen mit Coelestin ist der Eisendolomit nur einmal gefunden worden, es sind stark verwitterte, dunkelbraune Aggregate. Die Oberfläche des Eisendolomites ist hier mit einer silbergrau glänzenden Haut überzogen (ein Eisen-/Manganmineral?).

Coelestin tritt im Bereiche Egg/Brunnenberg auffällig reichlich auf. Es gibt keine mittlere oder große Septarie – sofern sie überhaupt Schwundrisse aufweist – die nicht viel Coelestin führen würde, und zwar stets in der Abfolge Calcit – Coelestin – Pyrit (Limonit). Habitus und Farbe der Coelestin-XX stehen in einem gewissen Zusammenhang.

Habitus	Farbe
faserig	lachsrot-blaßrosa
langgestreckt-dünntafelig	blaßrosa-farblos-weiß
dünntafelig	blaßrosa-farblos-blaßblau
dicktafelig-prismatisch	weiß-grünlichweiß-himmelblau

- Die okular betrachtet als «faserig» zu bezeichnenden Coelestin-XX geben sich bei 30facher Vergrößerung als dünne, langgestreckte Blättchen zu erkennen. Die Einzelkristalle sind um 0,05 bis höchstens 0,1 mm dick, 0,1 bis 0,5 mm breit und bis zu 5 mm lang. Die Streckung erfolgte nach der a-Achse, wie aus der Lage der Endflächen hervorgeht. Einzel-XX solcher Form sind häufig zu büscheligen, divergent- oder parallelstrahligen Aggregaten vereinigt. Der Grad der Verwachsung ist sehr unterschiedlich; er ist am dichtesten bei parallelstrahligen Aggregaten in engen Rissen, am lockersten bei radialstrahligen Verwachsungen in weiten Hohlräumen.
- Die «langgestreckt-dünntafeligen» Kristalle wachsen neben den faserigen. Sie sind ebenfalls wie diese in parallel- und divergentstrahligen Aggregaten angeordnet, radialstrahlige Kristallgruppen sind selten zu beobachten. Meist sind die XX in den Aggregaten dicht gedrängt, und auch unter dem Binokular lassen sich die Einzel-XX nicht oder nur undeutlich auseinanderhalten. Bei frei gewachsenen XX ist oft eine deutliche Spatelbildung zu beobachten. In den Aggregaten liegen die einzelnen Kristalle dachziegelartig angeordnet, so daß bis zu 1 cm breite und 7 cm lange Bänder entstehen können. Neben den parallelstrahligen Aggregaten sind besonders in engen Rissen divergentstrahlige Kristallgruppen vorhanden, die deutlich von einem Kristallisationszentrum ausgehen und über 10 cm lang gewachsen sind. Die langgestreckt-dünntafeligen Kristalle sind meist farblos oder nur blaßrosa; ein Übergang

vom faserigen zum langgestreckt-dünntafeligen Typus, verbunden mit einem ausgeprägten Farbwechsel, ist gelegentlich zu beobachten. Oft ist auch faseriger, rotgefärbter Coelestin Ausgangspunkt eines großen dünntafeligen Aggregates, oder er liegt unvermittelt zwischen solchen Einzelkristallen. In einem farblosen, dicktafeligen Kristall ist neben kleinen Mengen an Pyrit ein Aggregat blaß lachsrot gefärbten, faserigen Coelestins vollständig eingewachsen.

- «Tafelig» ausgebildete Coelestin-XX sind häufig, ja es ist dies der normale Habitus. Dabei sind zwei Formen auseinanderzuhalten:
  - eine dünntafelige, die wie folgt umschrieben werden kann: Die Dicke der XX (= Abstand der Basispinakoid-Flächen) liegt zwischen 0,2 bis um 3 mm, wobei sich, zumal bei radialstrahliger Anordnung, eine keilförmige Ausbildung der Einzel-XX feststellen läßt. Ausgehend vom Kristallisationszentrum nimmt die Dicke der Einzel-XX zunächst zu, um gegen außen wieder auf das anfängliche Maß zurückzugehen, dies bei einer Länge der XX von 1 bis 2 cm. Im Gegensatz dazu weisen die freistehenden XX eine ähnliche, aber gleichbleibende Dicke auf. Breite und Länge sind sehr variabel (etwa 1 : 1 bis 1 : 2). Die Längserstreckung erfolgt nach der a-Achse. Die den Habitus bestimmende Fläche ist die des Basispinakoides (c-Fläche), sodann können an den flächenarmen, aber oft sehr schön und regelmäßig ausgebildeten XX die 0-(011)-, m-(210)-, d-(101)-, a-(100)-Flächen beobachtet werden.
  - eine dicktafelige, bei der die Dicke der XX 2 bis 7 mm beträgt. Strahlige Anordnung der XX ist auch hier die Regel. Es ist ebenfalls die keilförmige Ausbildung der Einzel-XX festzustellen, immerhin fehlt das Dünnerwerden gegen außen. Die 0-Fläche des seitlichen Prismas ist die bevorzugte Anwuchsstelle, in einem Falle liegt ein großer dünntafeliger Kristall auf der c-Fläche. Die tafeligen Coelestin-XX sind meist zu fächerartig angeordneten ± großen Aggregaten vereinigt. Ausgesprochen radialstrahlig gegliederte Bildungen, ausgehend von einem Kristallisationszentrum, sind ebenfalls häufig.

  Alle drei Kristallformen: faserig, dünn- und dicktafelig, können nebeneinander auftreten und sind oft wohl auch nur in geringem zeitlichen Abstand gebildet worden. Die Ursachen der Entstehung verschiedener Formen sind nicht näher bekannt. Die Änderungen der Bildungsumstände waren sicher nur geringfügig, sie genügten aber, um beim empfindlichen Coelestin bereits deutliche Wechsel im Habitus hervorzurufen.

In den Opalinus-Schichten an der Nordhalde der Egg (Brunnenberg) liegen neben den meist großen Knauern, Septarien, auch spärlich Toneisenstein-Geoden, als kleine bis etwa 8 cm große Knollen. Am frischen Bruch von graubrauner bis graugelber Farbe ist die der Verwitterung ausgesetzte Außenschicht wegen des meist hohen Eisengehaltes auffällig braunrot gefärbt. Je härter der Toneisenstein ist, um so eher ist die Mineralparagenese zu finden:

Pyrit – (Eisenhydroxyde) – [Zinkblende] – Calcit

Der *Pyrit* liegt in unregelmäßig geformten Aggregaten im Gestein oder dann in den Schwundrissen, schichtartig abgesetzt. Gegen den Hohlraum eines Risses sind kleine, aber deutliche Würfel zu erkennen. Wo Calcit und Pyrit nebeneinander vorkommen, ist dieser das erstausgeschiedene Mineral. *Zinkblende* findet sich als kleine, bis 1 mm messende Flitter im Gestein oder randständig in den Rissen. Sie ist von tiefschwarzer Farbe, was in diesem eisenführenden Gestein zu erwarten war. Farbloser oder weißer *Calcit* spätiger Ausbildung füllt ausschließlich die Schwundrisse und ist das letztauskristallisierte Mineral.

***Coelestin*, Calcit – [Pyrit]**

In der Masse des 1974 erneut in Bewegung geratenen Rutsches Hinter Königstein ist im Opalinuston, offenbar aus dessen oberen Schichten stammend, ein Bruchstück feinspätigen, sandigen Kalkes gefunden worden, das randlich eine etwa 3 cm mächtige Kluftfüllung (?) von grobspätig, kavernös ausgebildetem farblosem bis hellblauem *Coelestin* und weißem *Calcit* aufweist. In die kleinen Hohlräume hinein wuchsen bis 2 mm große, prismatische und tafelige Coelestin-XX; vereinzelt treten auch skalenoedrische Calcit-XX auf. Kleine Fossilreste sind z. T. *pyritifiziert*. Gegenüber dem Kalk ist die Abgrenzung der Kluftfüllung nicht eindeutig; es sind Abspaltungen von Gestein in die Coelestin-/Calcitmasse bzw. der beiden Mineralien in das Gestein zu beobachten. Diese Mineralbildung dürfte diagenetischer Art sein.

Im Bereiche der *Tongrube westseitig hinter der Bänkerchlus,* möglicherweise aus dem Abdeckmaterial, sind einige größere Septarien gefunden worden, wie sie aus den oberen Zonen des Opalinustones bekannt sind. Es konnte in diesem Falle die nachstehende Paragenese beobachtet werden:

***Calcit – Coelestin* – Eisendolomit – Goethit: Limonit – [Strontianit]**

In den Schwundrissen dieser Septarien hatte sich zunächst ein dichter Pelz von skalenoedrischem *Calcit* abgesetzt. In der Regel sind diese meist 1 bis höchstens 4 mm großen XX senkrecht zur Wandung gewachsen; in einem Falle sind dagegen die Calcit-XX auffällig schief, ja liegend gegeneinandergestellt, ohne daß eine bevorzugte Richtung festzustellen wäre. Gelegentlich ist der Calcit stark korrodiert und mit einem dünnen Belag von Limonit bedeckt. Dem Calcit aufgewachsen ist reichlich farbloser, weißer, leicht rosa gefärbter oder schön hellblauer *Coelestin* in dünn-, z. T. aber auch ausgesprochen dicktafeliger Ausbildung. Die Anordnung der nach der a-Achse langgestreckten XX ist fächerförmig bis parallelstrahlig. Besonders der farblose dünntafelige Coelestin zeigt oft wenige, aber schöne Endflächen. Die Farbänderungen sind sehr unvermittelt und betreffen stets ganze Kristallindividuen. Dem Calcit ist außerdem *Eisendolomit* aufgewachsen. Die XX sind zu kugeligen Aggregaten vereinigt und

zeigen im Innern hellgelbe bis rotbraune Farbe; die Außenseite ist meist unter Einfluß der fortgeschrittenen Verwitterung braun gefärbt oder ausgebleicht. In einem Fundstück sitzt auf dem stark korrodierten, mit *Limonit* verkrusteten Calcit eine 2. Generation dieses Minerals mit kleinen weißen XX. Außerdem sind spärlich kleine Pusteln radialstrahlig angeordneter, nadelförmiger, weißer Kristalle zu beobachten; es handelt sich wohl um *Strontianit*. Diese Aggregate erreichen eine Größe von nur 0,5 bis 1,5 mm.

Einmal konnte in einem Schwundriß einer kleinen Septarie eine besondere Teilparagenese festgestellt werden:

Calcit – [Kaolinit]

Das Tonmineral *Kaolinit* liegt randständig in einem im übrigen mit *Calcit* gefüllten Riß und ist – umhüllt von einer rotbraunen Haut – rein weiß. Unter dem Binokular zeigt es sich als feinschuppig, nahezu dicht.

In derselben Tongrube treten gegenwärtig die mittleren bis tieferen Zonen des Opalinustones zutage. Die Kalkbänkchen und -konkretionen führen die Mineralparagenesen

Pyrit

Calcit – Pyrit – Baryt – (Coelestin) – [Zinkblende]

In den Tonen liegen kleine flache Konkretionen von feinkristallinem *Pyrit*. Solche Konkretionen sind in dieser Grube vergleichsweise selten und überdies kaum je als reine Pyritkonzentrationen ausgebildet; Kalkschichten liegen im Innern oder die Pyritkristallisation geht seitlich in den Kalk über. Im Innern der Pyritkonkretionen zeigen sich gelegentlich Risse, die mit Calcit, dem z. T. Baryt aufgewachsen ist, gefüllt sind. Es fällt auf, daß die die Pyritknollen umgebenden Tonschichten reich an verhältnismäßig großen Muskovitblättchen sind (bis 0,5 mm).

Toneisenstein-Geoden, kleine regelmäßig geformte Knollen bis zu 4 cm Durchmesser, sind in dieser Grube ebenfalls selten. Im Bruch ist die Tonmasse hellgrau bis gelbgrau gefärbt und von sehr gleichförmiger Bildung. Schwundrisse sind mit pulvrigem, korrodiertem (?) *Baryt* ganz oder teilweise gefüllt. Randständig ist Pyrit eingelagert. Nahe den Rissen, aber nie in den Hohlräumen selbst, findet sich fast schwarze *Zinkblende;* Calcit fehlt.

Häufig sind dagegen kleine, unregelmäßig geformte Mergelkalkkonkretionen bis zu etwa 5 cm größter Ausdehnung, die im Kern und in anschließenden Rissen viel *Baryt* – vermischt mit *Calcit* – führen. Diese Mineralisation ist oft etwas korrodiert und läßt undeutlich dünntafelige, strahlig angeordnete Kristallaggregate erkennen. In den Konkretionen ist auch fein verteilter *Pyrit* vorhanden, der in feinen Schwundrissen als sehr kleine, aber regelmäßige Würfel kristallisiert ist. Zur Seltenheit kann im Baryt eingelagerte *Zinkblende* beob-

achtet werden. Meist handelt es sich um schön ausgebildete XX von hellrosabrauner Färbung. Die Größe der XX reicht bis 0,7 mm.

Wie in anderen Opalinuston-Gruben führt der Ton konkordant zur Schichtung liegende, 1 bis 10 cm mächtige und auf wenigen Quadratzentimetern bis -metern sich ausdehnende Kalkbänke. Dieser Kalk ist sehr feinspätig, deutlich geschichtet und ausgesprochen zähe. Er ist dunkelgrau bis -blau gefärbt. Die Dicke der einzelnen Schichtchen ist sehr ungleich, sie schwankt von 1 bis etwa 10 mm, wobei der Wechsel sehr rasch und auf kleiner Fläche vor sich geht, so daß gelegentlich der Eindruck von Diagonalschichtung entsteht. Auf den Schichtoberflächen sind oft Fließformen zu erkennen; es scheinen dies nachträglich verfestigte, auf kleinster Fläche eingetretene subaquatische Schlammrutschungen zu sein. Gelegentlich sind auch etwas größere Schichtpakete in Bewegung geraten, dabei haben sich die bereits etwas verfestigten Schichtchen aufgewickelt und verschlungen. Solche «Wickel» lösten sich aus dem Schichtverband der Kalkbank und liegen als isolierte Knauer im Tongestein. Im Kalk ist häufig *Pyrit* eingelagert und zwar – in deutlichem Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen Konkretionen – nicht etwa in abgegrenzten Massen; ohne den Kalk vollständig zu verdrängen und die Schichtung auszulöschen, ist der Pyrit hier in wolkigen Gebilden konzentriert. Der Verwitterung ausgesetzt, zerfallen die Kalkbänke in kantige tafelige Blöcke. Es zeigt sich, daß dieser Zerfall z.T. parallel zur Schichtung, dann aber auch nach den senkrecht dazu verlaufenden Klüften und feinen Rissen erfolgt. Diese Risse – es sind wohl zunächst Schwund- und Setzungserscheinungen – wurden dort, wo nur eine schmale Öffnung bestand, mit Calcit verheilt. Bei breiteren Rissen hat sich an den Wänden ein dünner Belag von skalenoedrischem Calcit abgeschlagen, auf dem *Baryt* in dünntafeliger Ausbildung und undeutlich strahliger Anordnung kristallisierte. Calcit und vor allem Baryt sind meist stark korrodiert oder sogar bis auf kleine Reste herausgelöst.

In tieferen Zonen des Aufschlusses Bänkerchlus können zur Seltenheit faust- bis etwa 15 cm große Kalkkonkretionen gefunden werden, die anscheinend aus vielen kleinen zusammengewachsen sind. Es handelt sich dabei um einen sehr zähen, blaugrauen, dichten Kalkstein. Im Querschnitt einer solchen Konkretion läßt sich die brekzienähnliche Struktur deutlich erkennen. Verbliebene Hohlräume sind mit *Pyrit*aggregaten, mit farblosem *Calcit* und schließlich farblosem *Coelestin* sowie weißem *Baryt* ausgefüllt. Die Kristallisationen aller dieser Mineralien sind sehr klein. Pyrit ist das erstausgeschiedene Mineral. Ähnliche Bildungen werden im Fundort Groß-Wolf gefunden.

Baryt

Auch im Ton selbst kann *Baryt* gefunden werden. Er liegt als erdige weiße Masse in Form eines Belages oder als Kruste auf den zahlreichen Klüftchen, die zumeist als Bewegungsflächen gedient haben und deshalb ± ausgeprägte Rutschharnische zeigen. Der Barytbelag läßt die entsprechende Bewegungsrichtung

erkennen. Ob er als primäre Ausscheidung in diese Klüftchen gelangt ist oder erst später dorthin verlagert wurde, ist schwierig zu sagen; wahrscheinlich ist das zweite. Jedenfalls zeigt diese Erscheinung, daß der Opalinuston – so kompakt und undurchlässig er erscheinen mag – doch voller kleiner Hohlräume ist, die dem Sickerwasser offenstehen und eine langsame Bewegung und damit auch den Transport von Minerallösungen ermöglichen.

Von den vorstehend beschriebenen Mineralbildungen dürfte der Pyrit, ausgeschieden zunächst als Eisensulfid-Gel, gleichzeitig mit der Sedimentation des Tones entstanden sein. Im Verlaufe der Diagenese des Gesteins hat die Kristallisation des Pyrites und der Zinkblende stattgefunden. Spätdiagenetische Bildungen sind wohl auch die Kristallisationen des Calcites, Barytes und des Coelestins; vorerst mußten ja die Hohlräume entstanden sein, bevor diese Karbonat- und Sulfatmineralien dorthin verlagert werden konnten. Als späteste Bildungen können die Barytbeläge auf den Klüftchen im Ton gedeutet werden. Es ist durchaus möglich, daß es sich dabei, mindestens teilweise, um Bildungen handelt, die auch in der Gegenwart noch stattfinden.

Ebenfalls *hinter der Bänkerchlus,* aber auf der *Ostseite der Straße,* neben der alten Gipsmühle, ist im Opalinuston vor kurzem eine kleine Grube eröffnet worden. Darin werden die bekannten großen Septarien gefunden; diese enthalten in den ausnehmend großen und weiten Schwundrißsystemen die für diesen Bereich bereits bekannte Paragenese

***Calcit – Coelestin* – Pyrit – Goethit: (Limonit) – [Strontianit]**

Bemerkenswert groß ist die Menge des Coelestins. Es muß auch hier auffallen, wie unterschiedlich die Ausbildung dieses Minerals ist; fast jeder Knauer, ja jeder einzelne Riß hat wieder seine Besonderheit. Bereits geringe Unterschiede in der Form der Hohlräume, der Zuflußmöglichkeiten von Minerallösungen, der Lösungsgenossen und der Verwitterungsfaktoren hatten offensichtlich beträchtlichen Einfluß auf Habitus, Tracht und Farbe der Coelestin-XX. Kein anderes Mineral dieser Paragenese ist so vielgestaltig. Es seien aus dieser Fundstelle erwähnt:

- Septarie, die in einem Riß rosa gefärbten *Coelestin* mit dünntafeligen, etwas gestreckten, dicht strahlig gewachsenen XX führt. Im anschließenden Riß ist der Coelestin als Aggregat farbloser, dünntafeliger gestreckter Blättchen mit freistehenden, schöne Endflächen aufweisenden XX ausgebildet. In diesem Riß sind dem Coelestin und dem stark korrodierten, mit Limonit verkrusteten Calcit kleine Pusteln eines weißen Minerals aufgewachsen. Die Untersuchung unter dem Binokular ergab zwei Formen:
  - kleine tafelige XX bilden kugelig-rosettenartige Aggregate von 1 bis 1,5 mm Durchmesser. Es handelt sich um *Coelestin.*
  - kleine, bis 1 mm Durchmesser messende kugelige Aggregate eines weißen, nadelig ausgebildeten Minerals. Die Bestimmung ergab *Strontianit.*

- kleine Septarie, deren Schwundrisse völlig mit langgestreckt faserigem, rosa gefärbtem, radialstrahlig angeordnetem Coelestin gefüllt sind. Es ist nur ein in der Mitte des Risses liegendes Kristallisationszentrum zu beobachten.
- zerbrochene große Septarie, deren zahlreiche Risse reichlich mit weißem, z. T. auch rosa gefärbtem, dünntafeligem, fächerartig angeordnetem Coelestin gefüllt sind. An den Rändern ist der Coelestin vollständig ausgewaschen; in eben dieser Zone hat sich eine dicke schwarze Kruste niedergeschlagen. Es handelt sich um *Pyrit,* der teilweise bereits in *Limonit* umgewandelt ist.
- faserig langprismatisches Coelestinaggregat, das einen bandartigen Farbwechsel von Blauweiß – Lachsrosa – Farblos – Weiß zeigt.
- große Septarie voller Schwundrisse, die Coelestin in von Riß zu Riß wechselnder Ausbildung enthalten. Im einen Riß sind dem mit Limonit verkrusteten Calcit große, bis 1 × 3 cm messende dünntafelige, farblose Coelestin-XX aufgewachsen. Die XX stehen für sich, oder sind in lockeren, rosettenartigen Gruppen vereinigt. Ein anderer Riß enthält dicktafelige, weiß bis bläulichweiß und rosa gefärbte Coelestin-XX, die zu fächerartigen oder parallelstrahligen Aggregaten zusammengewachsen sind. Ein dritter Riß – diese gehen ineinander über – enthält, strahlig angeordnet, weißen und z. T. leicht lachsfarbenen faserigen Coelestin.
- eine etwa kopfgroße Septarie, voller Schwundrisse im Innern, enthält graugrünen, dünn- bis dicktafeligen Coelestin. Die Struktur der XX-Gruppen ist nur schwierig zu erkennen.

Die Bildung der Coelestin-XX in den Schwundrissen der Septarien ist zweifellos ungefähr gleichzeitig erfolgt. Eigenartig ist die große Variabilität des Coelestins nach Kristallform und Farbe; demgegenüber verhält sich der doch formenreichere Calcit – der hier stets vorhanden ist – sehr gleichförmig.

Bei Anlaß der Erstellung einer *Wasseraufbereitungsanlage* der Gemeinde Küttigen ist *an der Benkenstraße,* ungefähr bei Pt. 535, zeitweilig eine Baugrube geöffnet gewesen, in welcher neben Hangschutt auch Septarien aus dem Opalinuston gefunden wurden. Diese Knauer liegen nicht im anstehenden Gestein, sondern in Rutschmaterial, das offensichtlich aus der Mulde zwischen Bänkerjoch und Wasserflue stammt. Die Septarien insbesondere stammen aus dem Opalinuston-Vorkommen, das, von West nach Ost streichend, an der Nordseite der Egg–Wasserflue liegt und im Bereiche Herrenmatt verschwindet; es hat mit dem Vorkommen Egg/Brunnenberg – Acheberg – Asperchlus direkt nichts zu tun.

Es fand sich eine knapp kopfgroße Septarie, die besonders auf einer flachen Seite deutliche Schrammen zeigt; die Vermutung, es handle sich um eine glaziale Erscheinung, ist nicht von der Hand zu weisen, zumal die Kritze alle in derselben Richtung verlaufen. Möglicherweise sind diese Spuren aber auch beim allmählichen Abgleiten des Rutschmaterials entstanden; die Distanz zwischen mutmaßlicher früherer und der heutigen Lagerung beträgt mehrere hundert Meter.

Die Mineralparagenese in den Schwundrissen der Knauer lautet:

***Calcit – Coelestin* – (Pyrit), (Eisendolomit)**

Der *Calcit* zeigt hier verschiedene Bildung: die Kluftwände sind z. T. mit einer etwa 1 mm dicken Schicht braunen bis schwarzen, strahlig-spätigen Calcits belegt, dem weißgrauer, skalenoedrischer aufgewachsen ist. Der *Coelestin* kommt in der bekannten Ausbildung vor. Staubfeiner, würfeliger, z. T. auch tafeliger *Pyrit* ist den Calcit-XX wie auch dem Coelestin aufgewachsen. An einem Fundstück sind zwei kleine Aggregate (Durchmesser 2 bis 5 mm) gelbgefärbten *Eisendolomites* gefunden worden. Diese XX-Gruppen sind ausgesprochen randständig und führen auch in ihrem Innern kleine Pyritwürfel.

In der heute verlassenen Grube der Ziegelei Muri AG auf dem *Groß-Wolf* sind die tiefsten Schichten des Opalinustones aufgeschlossen. Das älteste Aufgeschlossene im Liegenden sind die Jurensis-Schichten (= oberster Lias). Die mittleren und oberen Teile des Opalinustones sind hier von Hangschutt aus dem mittleren Dogger bedeckt.

In den Tonmergeln liegen vereinzelt fein geschichtete, harte Kalkbänke, die z. T. Diagonalschichtung und Fließstrukturen zeigen. Tonmergel wie Kalk sind für unsere Betrachtung ohne Interesse; makroskopisch erkennbare Mineralien sind, abgesehen von kleinen *Pyrit*würfeln auf den seltenen Fossilien, nicht zu finden. Anders ist das allerdings in den wenig häufigen, einzeln oder lagig auftretenden Kalkkonkretionen. Im Zentrum eines solchen lagigen Vorkommens befindet sich eine bis kopfgroße, ja im Einzelfalle 30 × 30 × 35 cm messende Konkretion, begleitet von einem Schwarm nach außen zunehmend kleiner werdender gleicher Gebilde; die kleinsten Konkretionen erreichen noch Haselnußgröße.

Pyrit (?) – [Zinkblende]

Pyrit (+ Markasit?) – Calcit – Coelestin – (Baryt) – [Eisendolomit] – Goethit: [Nadeleisenerz] – [Gips]

Die kleinen Geoden bestehen aus einem mergeligen Kalk, der keine Struktur erkennen läßt. Sie sind in der Regel «mineralogisch» steril; zur Seltenheit finden sich neben einem schwarzen, sehr fein kristallisierten Erz (Pyrit?) kleine XX (bis 1 mm größte Ausdehnung) von *Zinkblende* dunkel braunroter Farbe und starken Glanzes.

Die größeren Konkretionen, etwa ab Faustgröße, bestehen aus einem zähen, graublauen Kalk. Sie zeigen eine eigenartige Struktur; am besten kann diese, man verzeihe den nicht fachlichen Ausdruck, mit der Form eines Blumenkohls verglichen werden. Im Kern der Konkretion sind die Hohlräume oft beim Weiterwachsen ebenfalls mit dem graublauen Kalk gefüllt worden, die Struktur sieht dann einer Brekzie ähnlich. Manchmal sind die Höhlungen und Gänge offen geblieben oder erst in einer äußeren Schicht zugewachsen. Öfters ist mit dem Kalk auch sehr feiner *Pyrit* abgesetzt worden; wo eine solche Vermischung Kalk/Pyrit vorhanden ist, erhält das Gestein eine dunkelgraue Farbe mit einem

Stich ins Grünliche; wo das Erz überwiegt, ist sie mattgrau- bis goldgelb. Im Querschnitt eines solchen vererzten Knollens zeigt sich eine eigenartige, wolkige Verteilung des Pyrites; neben völlig erzfreien Stellen, den Ästen des «Blumenkohles», liegen Flächen, in denen der Pyritanteil überwiegt, es sind dies die ehemaligen Höhlungen.

Besonders in den äußeren Teilen, nicht aber am Rande einer Konkretion sind die Höhlungen am ehesten offen geblieben. Hier bildete sich eine interessante, vorstehend angeführte Mineralgesellschaft. Im Innern des Gesteins, ohne Beziehung zu den Hohlräumen, sind zuweilen kleine (Durchmesser bis 7 mm), kugelige Aggregate mit strahlig angeordneten *Markasit* (?)-Kristallen zu erkennen. Zwischen den einzelnen Kristallindividuen ist ein spätiges, weißes Mineral ausgeschieden (Calcit?). Die Höhlungen sind durchwegs mit einem dünnen Belag aus kleinen, würfeligen *Pyrit*-XX ausgekleidet, darauf liegt ein dichter Pelz von Calcit-Skalenoedern, die engen Gänge ausfüllend. In den weiten Höhlungen ist als weiteres Mineral *Coelestin* abgelagert worden; überwiegend sind es spätige XX, wobei dünn- bis dicktafelige Formen überwiegen. Die Farbe der XX geht von Farblos bis Bläulichweiß. Als Besonderheit wäre in einem Falle die blaßrötliche Färbung eines dicktafeligen Kristalles zu erwähnen. Zur Seltenheit findet sich, als deutlich zuletzt kristallisiertes Mineral, rosaroter, sehr feinfaseriger Coelestin. Der Übergang von weißem, dünntafeligem Coelestin zum rosafarbenen, faserigen scheint allmählich vor sich gegangen zu sein, eine scharfe Grenze ist nicht festzustellen. Coelestin ist oft sehr reichlich abgesetzt worden, die Kavernen sind meist völlig gefüllt, freie Kristalle sind deshalb selten.

In Klüften, die die Konkretionen quer durchschlagen und als Schwundrisse gedeutet werden können, in einem Fall auch in den Höhlungen, hat *Baryt* auskristallisiert. In den schmalen Rissen bildeten sich faserige XX in strahligen Aggregaten. Die Farbe des Barytes ist milchweiß. An einem Fundstück konnte, ausgehend von einer solchen Kluft, auch im Innern der Konkretion Baryt hellgrauer Färbung und strahliger Ausbildung beobachtet werden. In zwei Fällen nur ist *Eisendolomit* festgestellt worden. Die Kristallaggregate sitzen dem Calcit auf und sind z. T. mit Coelestin überwachsen. Der Eisendolomit ist hellgelb gefärbt.

In sehr spärlicher Menge ist im Hohlraum einer Konkretion *Gips* beobachtet worden. Die Aggregate nur undeutlich ausgebildeter, bis 5 mm großer, wasserklarer Kristalle sind dem Calcit aufgewachsen. Es handelt sich offensichtlich um eine späte, wohl epigenetische Bildung, die mit der Zersetzung des reichlich vorhandenen Pyrites zusammenhangen mag.

Etwas Einmaliges ist in einer Druse, die durch die Höhlung einer Muschel im Kern einer großen Konkretion gebildet wird, gefunden worden. In diesem Hohlraum von 5 × 2 × 4 cm Ausmaß hatte sich auf der Unterseite zunächst etwas Kalkschlamm abgesetzt, dann bildete sich auf der gesamten Innenseite ein dichter Rasen von kleinen, steil skalenoedrischen *Calcit*-XX. Auf dem Calcit kristallisierten kleine kugelförmige Aggregate von hellgelbem *Eisendolomit,*

denen, strahlenförmig angeordnet, faserige und dünntafelige, farblose bis weiße *Coelestin*-XX aufgewachsen sind. Im Calcitrasen liegen mehrere bis 1 cm lange, nur 0,3 mm breite, schlanke Kristalle von *Nadeleisenerz* (Goethit)*. Sie sind von rotbrauner Farbe und zeigen starken Glanz. Zum Teil haben sie die Calcit-XX durchwachsen, vereinzelt liegen sie völlig frei.

Im Bett des *Horenbaches,* unmittelbar *hinter der Asperchlus,* sind zwei offensichtlich aus dem Opalinuston stammende Septarien gefunden worden. Zumal es sich um eine «klassische» Fundstelle handelt, ist es eigentlich erstaunlich, daß nicht mehr solche Knauer vorhanden sind. Das kann mit der bereits vor Jahrzehnten erfolgten Verbauung des Baches erklärt werden. Sperren verhindern die Erosion, das Bachbett ist heute völlig mit Kalktuff ausgekleidet. Opalinuston ist nicht (mehr) aufgeschlossen. Die beiden Septarien zeigen zwei verschiedene Mineralgesellschaften:

***Calcit* – Eisendolomit – (Coelestin) – (Pyrit) – Goethit: (Limonit)**

Pyrit – *Coelestin*

Ein kleiner Knauer zerfiel nach den Schwundrissen, wobei die Rißfüllung als solche herausbrach. Als erstes Mineral ist skalenoedrischer *Calcit* abgesetzt worden; er bedeckt die Wände der Risse mit weißen, bis 3 mm großen, einfachen XX. Dem Calcit aufgewachsen sind *Eisendolomit* in hellgelben, halbkugeligen, bis 1 cm großen Aggregaten, sowie spärlich *Coelestin* in weißen bis leicht rosa gefärbten, dünntafeligen Kristallen. *Pyrit* in sehr kleinen Würfeln (0,05 mm) sitzt auf Calcit, Eisendolomit und Coelestin; er ist mithin das zuletzt gebildete Mineral. Aus seiner Verwitterung ist etwas *Limonit* entstanden.

Eine ungefähr kopfgroße Septarie führt eine besondere, vom anderswo Gefundenen durchaus abweichende Paragenese. Die Masse der Konkretion bildet ein dichter, etwas toniger Kalkstein. Die Schwundrisse sind auffallend zahlreich und breit. An vielen feinen, dünnblättrigen *Pyrit*aggregaten, die bis zu 2 mm groß sind, wuchsen weiße bis graugrünliche, dünntafelige, radialstrahlig angeordnete *Coelestin*-XX. Diese Coelestinaggregate füllen die Schwundrisse aus und sind völlig miteinander verwachsen. Der sonst stets vorhandene Calcit fehlt hier durchaus, der Coelestin ist direkt an die Rißwand gewachsen. Es scheint, daß der Pyrit dem Coelestin als Kristallisationszentren diente.

Die Schwundrisse sind wohl auch bei dieser Septarie während der Gesteins-

* *Strunz* (63) wie *v. Philipsborn* (54) erwähnen nur Goethit als Mineralart und meinen damit zunächst das Nadeleisenerz (= FeOOH). Limonit, umfassend Brauneisenerz, brauner Glaskopf, wird als strahlig bis derbe Varietät des Goethits mit adsorbiertem H_2O betrachtet; er soll aus Gelen hervorgegangen sein. Nach unserer Auffassung bezeichnet Goethit die Mineralart mit drei Modifikationen: Limonit, brauner Glaskopf, Nadeleisenerz. Vgl. dazu die Fußnote S. 58.
Siehe auch *Herzog:* Goethit oder Nadeleisenerz, Schweizer Strahler, Vol. 2, Nr. 10, Mai 1972.

diagenese entstanden und in deren Spätphase oder epigenetisch mit den beiden Mineralien gefüllt worden.

Die *Murchisonae-Schichten,* dem Hangenden zu den Opalinustonen, werden im Bereiche der Egg (Brunnenberg) von tonigen, etwas sandigen Kalken repräsentiert, auch spätige Kalke und feinkörnige Oolithe kommen vor. Dieses Gestein ist von Tonhäuten und -schlieren durchsetzt; die Kalkbänke sind von Mergel- und Tonschichten unterteilt und stark geklüftet. Fossilien finden sich häufig, sie sind aber in der Regel schlecht erhalten. In Klüften oder in Hohlräumen von Fossilien treten zwei interessante Mineralgesellschaften auf:

***Calcit* – Pyrit – Coelestin – (Baryt) – Eisendolomit – [Zinkblende] – Quarz: [Bergkristall] – Goethit: Limonit – [brauner Glaskopf]**

sowie

***Kohle* – Calcit – Coelestin – Goethit: Limonit**

Die meist sehr engen, nur wenige mm breiten Klüfte sind in der Regel mit *Calcit* belegt. Wo die Klüfte nicht ganz geschlossen sind, lassen sich skalenoedrische XX erkennen. Deren Farbe ist weiß, in einem Falle rotbraun (durchgefärbt). *Pyrit* ist reichlich vertreten als

- lagig abgesetzte, feinkristalline Aggregate im Gestein;
- vor oder gleichzeitig mit dem Calcit abgesetzte Kluftfüllung;
- nach der Calcitkristallisation ausgeschiedenes Kluftmineral. Erkennbar sind die Kristallformen des Würfels, Oktaeders, meist stark verzerrt und verzwillingt bzw. aggregiert.

Auf den z.T. ausgedehnten, mehrere Quadratdezimeter großen Pyritausscheidungen an den Kluftwänden glaubt man das Fließen der Minerallösung, das fortschreitende Kristallisieren erkennen zu können. *Coelestin* ist in den weiten Klüften, vorab aber in den Hohlräumen von Fossilien zu finden. Er ist, dem Calcit aufgewachsen, in Tafeln kristallisiert und strahlig angeordnet; selten ist faserige Ausbildung zu beobachten. Die Färbung geht von Weiß, Hellblau bis zu Rosa. Ein pulvriges, z.T. undeutlich strahlig aggregiertes, blaß cremefarbenes Mineral ist als *Baryt* bestimmt worden. Er ist in kleinen Drusen dem Calcit aufgewachsen, mithin später als dieser entstanden. Ähnlich dem Coelestin ist der *Eisendolomit*, an dieser Fundstelle häufig auftretend, ebenfalls dem Calcit aufgewachsen. Beide Mineralien scheinen, wo sie nebeneinander vorkommen, nahezu gleichzeitig gebildet worden zu sein. Darauf deutet auch hin, daß Coelestin wie Eisendolomit flächenhaft ausgebildet, aber scharf voneinander getrennt sind. Nur in einem Fundstück ist Eisendolomit von faserigem Coelestin überwachsen worden. Er ist frisch milchweiß, angewittert gelb und bei erheblicher Zersetzung hellbraun. *Zinkblende* ist in einer einzigen Probe gefunden worden. Leistenförmige Aggregate mit den Ausmaßen 4 × 0,3 mm liegen im Coelestin; z.T. haben die Leisten die einzelnen Coelestintafeln schief durchwachsen, z.T. liegen sie in der selben Richtung wie dieser. Die Farbe der Zinkblende ist

nahezu schwarz, in dünnen Schichten dagegen harzfarbig. Im Hohlraum einer Terebratula (?) ist zunächst, die ursprüngliche Schale ersetzend und an diese mit undeutlich skalenoedrischen XX anschließend, Calcit abgesetzt worden; darauf folgt, seinerseits überwachsen von Eisendolomit, Quarz in der Form des *Bergkristalles*. Allein nach dem Aussehen läßt er sich nicht ohne weiteres als Bergkristall erkennen, dagegen machen Säure- und Ritztest die Art deutlich; die einzelnen XX erreichen eine Größe von maximal 2 × 2 mm und sind glasklar. *Limonit* ist häufig, sei es als verwitterter Pyrit, sei es als erdiges Material in einem schwach oolithischen mergeligen Kalk, wo er als Kruste und Füllung von Wurmgängen (?) auftritt. Der Limonit dürfte in diesem Falle ursprüngliches Mineral sein. Ganz vereinzelt und spärlich ist einmal *brauner Glaskopf* beobachtet worden.

In fein- bis grobspätigem Gestein, das der Färbung entsprechend reich an fein verteiltem Pyrit bzw. Limonit sein muß, liegen ohne erkennbare Einregelung bis zu 2 cm lange und 1 cm breite, recht dünne (bis 3 mm), leistenförmige Kristallaggregate. Neben Calcit handelt es sich überwiegend um Coelestin. Dieser ist farblos und vom Calcit durch die ausgeprägte Spaltbarkeit nach dem Basispinakoid (c-Fläche) zu unterscheiden.

Bemerkenswert ist ein Stück coelestinisierte *Kohle* (etwa 12 × 6 × 0,5 cm), das, der beginnenden Verwitterung zum Trotz, wenigstens z. T. die Holzstruktur noch deutlich erkennen läßt, in den inneren Teilen aber den strahlig angeordneten, dünntafeligen Coelestin mit Calcit zeigt. Außerdem ist Pyrit, hier verwittert zu Limonit, reichlich vorhanden gewesen.

Der braune Glaskopf ist zweifellos epigenetisch, der Limonit ist es zum Teil, soweit er aus Pyrit entstand. Alle anderen Mineralien sind diagenetischer Herkunft.

3.2.1.4 *Buessge* (Thalheim)

In der normalen Schichtfolge des Südschenkels der Homberg – Gisliflue-Antiklinale zieht der Opalinuston von der Asperchlus ungefähr längs des Waldrandes am Nordhang der Egg – Chaltenbrunnen – Gisliflue. Der Schichtverlauf ist im Gelände an den für diese mächtige Tonlage typischen Rutschformen leicht zu erkennen, indessen ist er nirgends flächig und tief aufgeschlossen. Einzig in den Gräben im Bereiche *Chaltenbrunnen – Buessge* treten die *Opalinus-Schichten* strichweise an die Oberfläche. Ein kurzes Suchen bestätigte auch hier das Vorkommen von Septarien, sie sind meist stark angewittert und vom Frost gesprengt. In ihrer Art und ihrem Mineralinhalt entsprechen die Knauer durchaus dem Vorkommen Egg/Brunnenberg – Acheberg – Asperchlus. Die Schwundrisse führen reichlich

Calcit – Coelestin

Beide Mineralien sind erheblich korrodiert.

3.2.1.5 *Höllste* (Thalheim)

Im eozänen *Boluston,* zur Thalheimer Synklinale gehörend, aufgeschlossen im unteren Teil des Hanges unter der Gisliflue an Wegbördern im Gebiete *Höllste,* liegen einzelne Quarzkonkretionen, Jaspisknollen.

Quarz: Jaspis – (Bergkristall) – Goethit: Limonit

Es handelt sich um faust- bis nahezu kopfgroße kugelige Gebilde. Im Innern ist oft eine streifige, konzentrische Struktur zu erkennen, der auch die alternierende graue, gelbe bis rötliche Färbung entspricht. Die äußerste Zone ist graubraun verfärbt, offensichtlich durch Infiltration. Die Knollen sind umhüllt von einer etwa 1 mm dicken braungelben, erdigen Schicht, die außen meist von *Limonit* überkrustet ist. Die Bruchflächen sind glatt muschelig bis splitterig und meist nur matt glänzend, z.T. auch erdig. Die dichte *Jaspis*masse weist vereinzelt kleine, bis 0,5 cm große Poren und Höhlungen auf, die von *Bergkristall* erfüllt sind. In den größeren Drusen haben sich bis zu 1 mm große, schön entwickelte XX gebildet.

Diese Jaspisknollen stammen entweder aus den unmittelbar unterliegenden Malmschichten und wären demnach als Relikte während der bis in das Eozän andauernden Erosion in die Bohnerz-/Bolus-Taschen geraten, oder dann sind sie im Bolus selbst gebildet worden.

3.2.2 *Auenstein – Veltheim – Holderbank*

3.2.2.1 *Geologische Situation* (nach 48, 1, 28, 24, 39, 26, 23)

a) Die Steinbrüche *Ober- und Unteregg* sowie *Jakobsberg* liegen im Südschenkel der Gisliflue-Antiklinale. Die Schichten fallen mit etwa 35° nach Süden ein, während die Antiklinalachse von West nach Ost sinkt. In den drei Steinbrüchen sind die Schichten des unteren bis oberen Hauptrogensteins (Ober-, Unteregg), des oberen Doggers und unteren Malms (Durchbruch Unteregg – Jakobsberg) sowie des Oxfordian mit den Effinger- und den Geißbergschichten (Jakobsberg) aufgeschlossen. Abgesehen von der ausgeprägten Schiefstellung und einigen kleinen Verstellungen wurden die Gesteinsschichten tektonisch nicht beansprucht.

b) Die *Gruben Tal – Chalch* wie die *Tongrube Holderbank* liegen im Bereiche des Chestenberges. Dieser Höhenzug scheint die unmittelbare Fortsetzung der Gislifluekette zu sein; der Aaredurchbruch Wildegg – Villnachern wäre demnach ein reines Erosionstal, eine Klus. Die Dinge sind aber komplexer; zwar setzt sich die Gisliflue-Antiklinale, ein Gewölbe mit Scheitellängsbruch und stark abgesenktem Nordflügel, der vom Südschenkel überfahren wurde, in den Chestenberg hinein fort, was in den Steinbrüchen Tal – Chalch deutlich festzustellen ist. Der Chestenberg ist indessen tektonisch als die Fortsetzung der Chalm-(Kalmenegg-)Antiklinale in südöstlicher Richtung zu betrachten. Diese

Antiklinale, die man auch als Schuppe bzw. den verstellten Nordschenkel der Thalheimer Mulde bezeichnen kann, streicht vom Chalm gegen den nördlichen Teil des Westendes des Chestenberges hin, sinkt aber dabei, ähnlich der Gisliflue-Antiklinale, gegen das Aaretal. Jenseits der Aare steigt die Antiklinalachse wieder an, um dann am Ostende des Chestenberges steil abzusinken und zu verschwinden. Es ist Ermessenssache, wie weit man den Chestenberg als Fortsetzung der Gisliflue- und vor allem der Chalm-Antiklinalstruktur verstehen will, oder ob man den Höhenzug als selbständige Chestenberg-Antiklinale bezeichnen darf.

Jäckli (39) beschreibt den Chestenberg wie folgt: «Südlichster Ausläufer des Faltenjuras. Achsenstreichen N 105° E. Bei Brunegg steiles axiales Abfallen der Antiklinale. Asymetrisches Gewölbe mit flacherem Südschenkel, ca. 20–30° SSW fallend, und an Längsüberschiebung überfahrenem Nordschenkel, der annähernd senkrecht steht oder leicht übergekippt ist. Nach Westen Aufgliederung in zwei eng benachbarte Antiklinalkerne (n. *R. Gygi)*. Dogger des Kalmenegg-Gewölbes zieht nach R. Gygi von Westen über das Aaretal in die Kuppe zwischen Opalinusgruppe und Chestenberg, d. h. ins Chärnenbergtälchen. Ein Relikt von Geißbergschichten in der großen Mergelgrube Holderbank [am nö. Grubenrand] gehört noch zum Südschenkel der Kalmenegg-Antiklinale.»

Im Steinbruch Tal sowie im hinteren, sö. Teil des Bruches Chalch (Maienrisgrat) sind die zum Südschenkel der Chestenberg-Antiklinale gehörenden Effinger-Schichten (Oxfordian), im vorderen nw. Teil des Chalch ist die ganze Schichtfolge von den Parkinsoni- bis zum unteren Teil der Effinger-Schichten aufgeschlossen. In den Parkinsoni-Schichten, dem Äquivalent des Hauptrogensteins der Ober- und Unteregg westseits der Aare, ist deutlich die gestörte Gewölbebildung zu erkennen.

Sowohl im Steinbruch Tal wie Chalch ist neben der tektonischen Bewegung im großen eine vielfältige Schichtverstellung im kleinen zu beobachten. Das gilt insbesondere auch für die Mergel und Tone der Effinger-Schichten. Neben eigentlichen Ruschelzonen, die schief zur Bankung verlaufen, sind zahlreiche Gleitflächen mit ausgeprägten großflächigen Rutschharnischen festzustellen. Diese Gleitflächen verlaufen meist, aber nicht immer, gleichsinnig mit der Schichtung und sind wohl bei Anlaß der Schiefstellung der Gesteinsschichten entstanden, während die Verwerfungen, Verstellungen mit dem Längsbruch und der Überschiebung des Südschenkels im Zusammenhang stehen dürften.

In der Grube der Tonwarenfabrik Holderbank ist deutlich nur der Opalinuston bis in die untersten Schichten des mittleren Doggers hinauf aufgeschlossen (Südrand). Die Schichten fallen nach SE ein. Größere Störungen im Schichtverlauf des Opalinustones sind nicht festzustellen. Nur schwer können die Verhältnisse an der nö. Grubenwand gedeutet werden, da eine Deponie/Rutschung das Anstehende verdeckt. Die Lage des kleinen Stückes Geißbergschichten ist schwierig mit dem Liegenden in Verbindung zu bringen. Vor der Ablagerung des Abdeck-/Rutschmaterials war an dieser Grubenwand Gestein zu beobachten, das demjenigen der Parkinsoni-Schichten im Steinbruch Chalch ähnlich ist.

3.2.2.2 *Oberegg* (Auenstein/Veltheim), *Unteregg* (Veltheim), nach der Landeskarte 1 : 25 000: Egg

An der *Oberegg,* im westlichen Teil des von den beiden Zementfabriken Holderbank und Wildegg gemeinsam betriebenen Steinbruches, werden Kalke des *oberen Hauptrogensteines* ausgebeutet. Es handelt sich um stark gebankten und geklüfteten Oolith. Die einzelnen Bänke sind, das gilt besonders für die tieferen Lagen, durch Häute und bis Zentimeter dicke Lagen schwarzen, bituminösen Tones voneinander getrennt. Deltaschichtung ist häufig; Suturen queren das Gestein unabhängig von der Bankung und der Schichtung im einzelnen.

Der Oolith ist, soweit der Verwitterung ausgesetzt, graugelb; außerhalb der Verwitterung, im Innern der Quader, bläulich grauschwarz gefärbt. Er ist fein bis mittelkörnig, wobei die einzelnen Komponenten, runde bis leistenförmige Ooide, gerollte Bruchstücke von Muschelschalen, deutlich geschichtet sind. Einzelne Lagen können als Muschelschill bezeichnet werden. Die Ooide sind mit einer kalkigen Zwischenmasse zementiert; das Gestein ist recht dicht.

Pyrit

Läßt bereits die Färbung des Gesteins auf einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Eisenmineralien schließen, so wird das bestätigt durch Betrachtung einer Probe unter dem Binokular: viele Ooide sind in wechselndem Verhältnis in schaliger Anordnung aus Calcit und Pyrit gebildet. Der *Pyrit* ist in der Regel sehr fein kristallisiert und von schwarzer Farbe. Vereinzelt ist eine etwas gröbere Kristallisation zu beobachten, der Pyrit zeigt dann die bekannte messinggelbe Farbe. Die äußerste Schale der Ooide sowie die Zementmasse sind stets Calcit, frei von Pyrit; dies weist darauf, daß die Ausscheidung des Schwefeleisens gleichzeitig mit der Bildung der Ooide und vor der Diagenese des Gesteins erfolgt ist. Metasomatische Bildung ist unwahrscheinlich. Auch in den Suturen findet sich schwärzlicher Pyrit/Bitumen; er mag z.T. erst später, in der Schlußphase der Verfestigung des Gesteines dorthin gewandert sein.

***Calcit*, Zinkblende – (Pyrit)**

Innerhalb einer offensichtlich eng begrenzten Zone des oberen Hauptrogensteins treten gelegentlich ein bis auf mehrere Dezimeter ausgedehntes Netzwerk von geschlossenen, bis zu 4 cm breiten Klüften, aber auch bis faustgroße Drusen auf. Diese Klüfte und Drusen haben mit der Bankung und Klüftung des Oolithes nichts zu tun; die Drusen scheinen auch nicht aus Höhlungen, die auf Fossilien zurückgeführt werden könnten, gebildet worden zu sein. Die Abgrenzung Druse–Gestein ist zwar gelegentlich scharf abgezeichnet, irgendwelche Fossilreste fehlen aber; mindestens randständig finden sich einzelne Ooide und kleine Brocken Oolith auch im Innern der Drusen. Das Netzwerk der Klüfte und die Randzone der Drusen sind mit grobspätigem *Calcit* von milchweißer Farbe ge-

füllt/belegt. In den freien Raum der Drusen hinaus stehen glasklare bis leicht milchig getrübte, schön ausgebildete, bis 1 cm große XX. Es sind meist einfache skalenoedrische Formen; an der Spitze der Kristalle ist oft ein kleines, aber deutlich ausgebildetes stumpfes Rhomboeder $(01\bar{1}2)$ zu erkennen. In einem Falle ist nahe einer mit milchweißen bis farblosen skalenoedrischen Calcit-XX besetzten Druse eine etwa 4 × 3 cm messende Knolle hellbraun gefärbten, feinkristallinen Calcites aufgeschlagen worden. Im Innern des unregelmäßige Formen, aber scharfe Ränder zeigenden Gebildes sind einzelne Ooide zu finden. Pyrit ist in den Ooiden, wie aber auch in kleinen Aggregaten frei im Calcit eingelagert. Die Entstehung der Calcitknolle ist einigermaßen schwierig zu deuten: sie ist offensichtlich syngenetisch mit der Oolithbildung; eventuell handelt es sich um eine Calcitausscheidung, die als Verwesungsfällungskalk (65, S. 203), oder aber eher als eine zunächst kolloidale, später feinkristallin gewordene Bildung angesprochen werden kann.

Neben dem Calcit, der mengenmäßig stark überwiegt und für sich allein vorkommt, sind gelegentlich bis zu 10 cm große Aggregate von *Zinkblende* vorhanden. Diese Aggregate liegen meist randständig, in den Drusen auf der Unterseite, und wuchsen mit dem Calcit in den Hohlraum hinein. Die Zinkblendemassen sind frisch von dunkelbrauner bis schwarzer Farbe mit einem Stich ins Grünliche, am ehesten vergleichbar mit der Farbe des Erdöls. In dünnen Schichten ist die Blende durchscheinend hellbraun. Einzelne XX im Calcit sind völlig klar und von hellgelber Farbe. Die Spaltflächen zeigen einen hohen Glanz; die wenigen freien Kristallflächen sind korrodiert und deshalb matt (46, 48, 35, 37). Calcit und Zinkblende kristallisierten gleichzeitig, wohl während der Diagenese.

So reichlich in den Ooiden *Pyrit* vorhanden ist, so selten findet man ihn in den Klüften und Drusen zusammen mit dem Calcit und der Zinkblende. Das spärliche Auftreten beschränkt sich auf dünne, wenig ausgedehnte Krusten zwischen den Kalkspat-XX oder – in den Drusen – auf kleine, bis 0,7 mm große XX, die den Calcit-Skalenoedern aufsitzen. Die herkömmliche Würfelform des Pyrites zwar nicht verleugnend, zeigen die Kristalle hier eine eigenartige dünntafelige Bildung mit stark gerieften Flächen; das läßt an Markasit denken (51, S. 154; 54). Dieser Pyrit ist deutlich nach der Bildung des Calcites und der Zinkblende kristallisiert; es handelt sich vermutlich um eine spätdiagenetische oder epigenetische Bildung.

In den tieferen Zonen des oberen Hauptrogensteins besteht ausgesprochene Diagonalschichtung, wobei die einzelnen Bänke, oft eher Linsen – durch Schichten stark bituminösen und pyritreichen, schwarzgrauen Tones voneinander getrennt sind. In einer solchen Tonschicht fand sich ein Bryozoen-Stock als Knolle (7 × 6 × 4 cm), voller Spuren von Bohrmuscheln und schief zerdrückt. In diesem Fossil ist reichlich *Zinkblende* vorhanden; sie ist von gelbbrauner Farbe. In den kleinen Poren sitzen staubfeine XX von *Pyrit*. Es scheint, daß diese beiden Sulfide erst nach der Diagenese und der Zertrümmerung des Bryozoen-Stockes ausgeschieden wurden.

Quarz: (Jaspis)

Ebenfalls im Hauptrogenstein der Oberegg ist einmalig ein geringes Vorkommen dichten Quarzes festgestellt worden. Der Quarz liegt als unregelmäßig geformte Schliere konkordant zur Schichtung im Oolith. In einer breiten Randzone sind Ooide und Quarz miteinander vermischt, nur ein schmaler Bereich in der Mitte ist völlig frei von Ooiden. Das Mineral ist völlig undurchsichtig, von hellgrauer Färbung, die an den Rändern einen Stich ins Gelbliche, im Kern ins Bläuliche aufweist. Der Quarz, man wird ihn als *Jaspis* bezeichnen können, ist homogen und läßt keinerlei Struktur erkennen. Er ist zweifellos zuerst als Gel ausgeschieden worden, gleichzeitig mit der Bildung des Oolithes. Merkwürdig ist das vereinzelte Vorkommen.

(Gagatkohle)

Im tieferen Teil des Hauptrogensteins ist ein flaches, etwa 8 × 10 cm messendes Stück *Gagatkohle* gefunden worden. Die Schwundrisse sind mit Calcit gefüllt. Die Kohle ist strukturlos und zerfällt leicht in kleine Scherben. Es dürfte sich um Schwemmholz handeln, wobei die Baumart nicht zu bestimmen ist.

In einem früheren Stadium der Ausbeutung war im Steinbruch *Oberegg* ein Profil oberer Hauptrogenstein bis Birmenstorfer-Schichten aufgeschlossen. In den *Varians-Schichten* (?), einem mergeligen bis feinspätigen Kalk, lagen zahlreiche Ammonitengehäuse.

***Calcit* – Pyrit – Goethit: Limonit – (Eisendolomit)**

Deren Kammern in den mittleren Windungsumgängen sind mit einem dichten *Calcit*rasen ausgekleidet; die skalenoedrischen XX, milchweiß bis glasklar, erreichen bis 7 mm Größe. In einzelnen Kammern sind den Calcit-XX staubfeine, z.T. bis 0,6 mm große *Pyrit*kristalle aufgewachsen. Meist ist der Pyrit würfelig ausgebildet, wobei auch Oktaederflächen vorkommen; z.T. ist er aber auch dünntafelig kristallisiert und zu kleinen Aggregaten vereinigt (Markasit?). Stellenweise kommt der Pyrit so reichlich vor, daß die Calcit-XX damit überkrustet sind, ein eigenartiges, schönes Bild. Auch im Gestein, ein spätiger Kalkstein, sind zuweilen kleine Pyritaggregate eingeschlossen. In einer späteren Phase des geologischen Geschehens ist in Ammonitengehäuse Wasser eingedrungen. Der ehedem vorhandene Pyrit ist hier zu *Limonit* umgewandelt worden und bildet auf dem Calcitrasen einen braunen Belag. Die bei der Pyritzersetzung entstandene Schwefelsäure hat den Calcit etwas korrodiert. *Eisendolomit* ist nur spärlich, als kleine Kristallgruppen, vorhanden. In einem Falle ist der Eisendolomit von frischer hellgelber Farbe, in einem anderen dagegen ganz oder teilweise zu Limonit verwittert, wobei die alte Kristallform erhalten blieb. Dort, wo die Umwandlung noch nicht abgeschlossen ist, zeigt es sich, daß die Zersetzung des Eisendolomites entsprechend einem feinen, rechtwinklig ange-

ordneten Gitter erfolgt. Die Bildung des Calcites, Pyrites und Eisendolomites ist spätdiagenetisch bis epigenetisch erfolgt, die Zersetzung der Mineralien dagegen eindeutig spätepigenetisch.

Calcit

In Klüften, die wohl bei einer tektonischen Bewegung entstanden sind, findet sich gelegentlich ein dichter *Calcit*belag. An der *Oberegg* sind die Kristalle von einem sehr gedrungenen Habitus; sie sind farblos oder weiß, z.T. ist ein schwarzes Pigment (Bitumen?) eingelagert, was zu dunkelgrauer Färbung Anlaß gibt, z.T. liegt eine rotgelbe Limonitkruste auf diesem Calcit.

In ähnlicher Art wie an der Oberegg gibt es auch im Steinbruch *Unteregg* innerhalb des Hauptrogensteins ausgedehnte Kluftsysteme. Vermehrt als an der Oberegg sind hier die Kluftwände mit Calcit verschiedener Ausbildung ausgekleidet. In der Regel handelt es sich um Kristalle von skalenoedrischem Habitus; daneben kommen aber auch Kombinationen mit Rhomboedern vor, so daß oft sehr flächenreiche Individuen wie auch Zwillingsformen [nach (0001)] und Aggregatsformen entstehen. In einem Falle sind kleine skalenoedrische XX, fadenförmig aufgereiht, quer zur Kluft gewachsen, so daß eine merkwürdige hohlsaumartige Bildung entstanden ist. Die Calcit-XX erreichen Größen von wenigen mm bis zu 2,5 cm. Sie sind farblos, vorwiegend weiß, z. T. leicht gelblich. Organisches Material, das im Gestein reichlich vorhanden ist, hat z.T. eine graue bis schwärzliche Färbung bewirkt, meist an der Basis als Säume von dunkelgefärbtem Calcit, scharf abgesetzt von weißem. Einzelne Stufen, vermutlich aus Klüften, die verhältnismäßig lange offen blieben, zeigen einen Belag von Limonit bzw. feinem gelblichem Sand. In solchen Bereichen lassen sich auch Auflösungserscheinungen an den Kanten der XX (gerundete Formen) beobachten. Dieser Kluft-Calcit dürfte aus deszendenten Minerallösungen entstanden sein und ist verschiedenen Alters, vielleicht sogar rezent. Eisenverbindungen sind erst spät, nach Abschluß der Calcitbildung, ausgeschieden worden.

(Eisendolomit)

Im Hauptrogenstein der *Unteregg* sind einmal zwei Gesteinsstücke mit *Eisendolomit* gefunden worden. Es handelt sich um etwa nußgroße, innerhalb des Oolithes liegende Drusen, deren Wände dicht mit einem spätig ausgebildeten Belag von Eisendolomit versehen sind. Die Druseninnenseite zeigt schöne Aggregate von etwa 2 bis 3 mm Breite und bis 10 mm Länge. Die für den Dolomit typischen gekrümmten XX-Flächen sind deutlich zu beobachten. Der Eisendolomit ist an der Außenseite der Drusen von intensiv gelbbrauner Farbe, während die XX-Aggregate der Innenseite farblos oder weiß bis leicht gelblich gefärbt sind. Auch außerhalb der Drusen liegen kleinere Aggregate des Eisendolomites im Gestein. Andere Mineralien fehlen.

Die Bildung der Eisendolomitdrusen ist nicht leicht zu deuten. Die Hohlräume sind nicht im Zusammenhang mit Fossilien entstanden. Die Außenseite der Drusen ist vom Oolith wohl gut abgegrenzt, ohne daß aber eine deutliche Trennfläche festzustellen wäre. Möglicherweise ist der Eisendolomit syn- bis frühdiagenetisch als Gel ausgeschieden worden, um im Verlaufe der Diagenese zu kristallisieren. Da das Gestein in jenem Zeitpunkt offenbar bereits genügend verfestigt war, blieb das ursprüngliche Volumen erhalten; der Eisendolomit kristallisierte an der Drusenwand. Der beim Übergang von der kolloidalen zur kristallinen Phase sich ergebende Volumenschwund ermöglichte bei den größeren Massen von Eisendolomit die Erhaltung eines Hohlraumes.

***Pyrit* – Zinkblende – Calcit – (Eisendolomit)**

An der Nordseite des Steinbruches *Unteregg* ist die Übergangszone des Fazieswechsels Hauptrogenstein/Parkinsoni-Schichten aufgeschlossen. Der grauschwarz gefärbte, klein- bis mittelkörnige Oolith wird zunehmend mergelig-sandig bis tonig, um dann die Erscheinungsform der Parkinsoni-Schichten anzunehmen, wie sie jenseits der Aare, im Steinbruch Chalch, auftritt.

Der Oolith ist in dieser Übergangszone fleckenhaft stark mit *Pyrit* vererzt, sei es, daß die Ooide von diesem Mineral umhüllt, Fossilien (Muscheln, Ammoniten?) pyritifiziert sind, oder daß unregelmäßig geformte, bis gut faustgroße Massen von mit mergeligem Material vermischtem, feinkristallinem Pyrit im Gestein liegen.

Der Rogenstein ist z. T. durchsetzt von Gallen und wurmgangartigen Gebilden aus einer sandig tonigen Masse. Darin liegen oft reichlich Aggregate von *Zinkblende*-XX mit bis zu 1 cm größter Ausdehnung. Das Nebeneinander von Pyrit und Zinkblende ist die Regel.

Farbloser oder weißer *Calcit* und milchfarbener *Eisendolomit* treten in geringen Mengen in Hohlräumen auf.

Die Bildung der beiden Sulfide hängt zusammen mit den Sedimentationsverhältnissen, sie ist mithin syngenetisch. Die heute am Pyrit und an der Zinkblende feststellbaren Kristallformen sowie der Calcit und der Eisendolomit sind während der Diagenese entstanden.

3.2.2.3 *Durchgang Unteregg – Jakobsberg im Steibitz* (Veltheim)

Mit der Schaffung eines Durchganges vom Steinbruch Unteregg zur Aufbereitungsanlage Jakobsberg ist ein senkrecht zum Streichen der Schichten verlaufendes Profil vom oberen Hauptrogenstein bis in den unteren Malm (Effinger-Schichten) geöffnet worden. Die obersten Schichten des HR werden hier von sandig-mergeligen Kalken, wechsellagernd mit dunklen bituminösen Mergeln, gebildet. Sie entsprechen den Parkinsoni-Schichten im engeren Sinne, die in

diesem Bereiche auf die Westseite des Aaretales übergreifen *. Das Gestein ist von zahlreichen Fossilien durchsetzt.

Calcit – (Pyrit) – [Eisendolomit]

In den Kammern der inneren Windungen von Ammonitengehäusen, wie in den Höhlungen von Terebrateln, ist reichlich skalenoedrischer *Calcit* zu finden. Er ist glasklar oder milchweiß gefärbt. Die Spitze der Kristalle wird jeweils von sehr kleinen, aber deutlich ausgebildeten flachen Rhomboedern gebildet. Die Größe der XX beträgt bis zu 4 mm. Spärlich vorhanden ist *Pyrit,* der in aus kleinen würfelig oder tafelig ausgebildeten XX zusammengefügten Aggregaten den Calcitkristallen eingewachsen ist oder diesen aufsitzt. Ausgesprochen selten ist *Eisendolomit.* Bei zwei Fundstücken sitzen kleine, nur wenige Millimeter große, cremefarbige XX-Gruppen mit deutlich ausgebildeten Sattelflächen auf dem Calcit. Auch diese kleine Mineralgesellschaft ist zweifellos spätdiagenetisch bis epigenetisch entstanden.

Der Vollständigkeit halber sei auch hier ein Vorkommen von *Kohle* erwähnt, sie ist reichlich mit Pyrit (Markasit?) durchsetzt; in den pyritifizierten Teilen ist die Holzstruktur sehr schön zu erkennen. Die Schwundrisse sind mit Calcit gefüllt.

Die *Eisenerzschicht* im *untersten Oxfordian*/obersten Callovian ist nur wenige Zentimeter mächtig. Sie führt sehr viele Fossilien, die ihrerseits Bildungsort verschiedener Mineralien sind.

Calcit – Goethit: *Limonit* – brauner Glaskopf – [Nadeleisenerz] – Haematit – [Kaolinit]

Spätiger, weißer bis farbloser *Calcit* ist reichlich vorhanden; in der Höhlung einer Pleurotomaria ist hellbraun gefärbter Calcit mit steilen, einfachen Rhomboedern ausgeschieden. Der *Limonit* tritt auf als hell- bis dunkelbraune, erdige Masse; z.T. sind Ooide zu erkennen. Von Interesse sind die beiden Eisenhydroxyd-Mineralien brauner Glaskopf und das Nadeleisenerz, die mit dem Limonit die drei Modifikationen des Goethits darstellen. Beim *braunen Glaskopf* handelt es sich um dicke Krusten über braungelbem, erdigem Limonit, oft aber auch um Massen, die Hohlräume ausfüllen. Mehrfach konnte beobachtet werden, daß die Schalen von Fossilien (Schnecken, Muscheln, Ammoniten) von diesem Mineral gebildet werden. Es ist von tiefbrauner bis fast schwarzer Färbung, im Bruch hochglänzend. Die Ausbildung ist feinkörnig. Im Übergang zum *Nadeleisenerz* wird der braune Glaskopf nadelig, z.T. dicht gedrängt parallel- oder aber auch radialstrahlig. In Einzelfällen (Hohlräume!) lassen sich schöne rotbraun glänzende, bis 1,2 mm lange, um 0,05 mm breite Nadeln erkennen. *Haematit* als Oolith und in dünnen Krusten von starker dunkelroter Färbung

* Diesen Hinweis verdanke ich Herrn *J. Haller,* Geologe, Unterentfelden.

ist neben einer 2wertigen Eisenverbindung in grün gefärbtem Ton häufig. Weißer dichter *Kaolinit* tritt nur spärlich auf.

Das Vorkommen von verschiedenen Eisenoxyden und -hydroxyden gibt Anlaß, anhand von Vorgängen, wie sie bei der Bodenbildung bekannt wurden (15, S. 135; 58, S. 35f.), eine mögliche Entwicklung/Entstehung der hier zu besprechenden Eisenmineralien kurz darzustellen, dies unter dem Vorbehalt, daß sich die Vorgänge der Boden- und der Mineralbildung gewiß nicht direkt miteinander vergleichen lassen. Vermutlich sind gleichzeitig mit der Sedimentierung Eisenhydroxyd-Gele entstanden [$Fe_2(OH)_6 \cdot x H_2O$)]. Solche Gele gehen bei geänderten Verhältnissen in kristalline Formen über; es wird auch von Alterung gesprochen. Unter Verlust von Wasser bzw. Hydroxylgruppen entsteht zunächst Limonit [$Fe_2(OH)_6 = 2Fe(OH)_3$]; über weitere Zwischenstufen bildet sich das Nadeleisenerz [$Fe_2O_2(OH)_2 = 2FeOOH$]. Bei völligem Verlust der Hydroxylgruppen liegt Haematit vor [Fe_2O_3]*. Je nach den besonderen Bedingungen können Zwischenphasen dieser Entwicklungsreihe übersprungen werden, oder es treten Umkehrungen ein. Für die Haematitbildung in den Böden wird warmes (tropisches oder subtropisches) Klima vorausgesetzt. Ob aber nicht auch in gemäßigten Klimaverhältnissen Haematit entstehen kann, mag offenbleiben; nach dem Auftreten dieses Minerals in unserer Gegend als epigenetische/rezente Bildung ist es jedenfalls nicht auszuschließen.

Die Entstehung des Limonites, Ausgangsmaterial für die weiteren Eisenmineralien, dürfte in zwei Phasen vor sich gegangen sein: syngenetisch als Gel, während die Kristallisation frühdiagenetisch eingetreten ist. Alle anderen Mineralien, eingeschlossen Calcit und Kaolinit, sind epigenetische Bildungen.

Glaukonit

Calcit

In den *Birmenstorfer-Schichten* tritt stellenweise reichlich *Glaukonit* auf. Unter dem Binokular sind neben hell graugrünem amorphem Glaukonit in Form von Krusten auch dunkelgrüne bis schwarze Körner eben dieses Minerals zu erkennen. Kristallformen sind keine beobachtet worden. Soweit der Glaukonit authigen entstanden ist, handelt es sich um synsedimentäre bis frühdiagenetische Bildungen (25).

In den wenigen Hohlräumen der zahlreichen Fossilien ist stets nur skalenoedrischer *Calcit* gefunden worden.

3.2.2.4 *Jakobsberg* (Auenstein)

Im Steinbruch Jakobsberg der Jura-Cementfabrik Wildegg ist ein großer Teil – es sind etwa ⅔ – der *Effinger-Schichten* aufgeschlossen. Hinsichtlich der strati-

* Nach *R. Bach:* Vorlesung Bodenkunde, Polykopie, o. J., Agrikulturchemisches Institut ETHZ.

graphischen Details sei auf die Publikation *Gygi/Stumm* (24) verwiesen. Es handelt sich vorwiegend um einen hell- bis dunkelgrauen, recht gleichförmigen, im gesamten deutlich gebankten Mergel bis Mergelkalk. Im tieferen Teil des Aufgeschlossenen treten einige Kalkbänke auf; der Übergang zum Hangenden, den Geißberg-Schichten mit dichtem Kalkstein, verläuft allmählich. Abgesehen vom verhältnismäßig steilen Südfallen der Schichten und einer eher geringen Klüftung innerhalb der Bankung des Gesteins ist der ganze Schichtkomplex tektonisch wenig beansprucht, auch kleinräumige Verstellungen der Schichten und Verfaltungen fehlen. Nur einige wenige Klüfte laufen schief zum Streichen und Fallen der Schichten.

Calcit – Pyrit – Coelestin – (Zinkblende) – (Eisendolomit) – Goethit: (Limonit)

Diese hier als eine Mineralgesellschaft angeführten, in Klüften und Drusen vorkommenden Mineralien treten, was die beiden erstgenannten anbetrifft, auch für sich allein oder in verschieden zusammengesetzten Teilparagenesen auf. Es ist zu unterscheiden nach

- Mineralbildungen im Gestein,
- Mineralbildungen in Wurmröhren,
- Mineralbildungen in Klüften.

Das Mineralvorkommen soll entsprechend der mutmaßlichen Genese besprochen werden. Anzuführen sind:

a) *Pyrit im Gestein.* Stecknadelkopf- bis haselnußgroße Aggregate von Pyrit-XX im Gestein sind mindestens in einzelnen Schichten häufig. Frischer *Pyrit* zeigt den typischen speisgelben Glanz. Die Grundform des Würfels überwiegt weit, je kleiner die Kristallgruppe, um so deutlicher ist die Würfelform. Oktaeder und Pyritoeder sind ausgesprochen selten; gekrümmte Flächen sind insbesondere in den größeren Aggregaten zu erkennen. Vereinzelt findet man mikrokristalline Pyritmassen. Gelegentlich sind die Pyritaggregate von einer Calcithaut umgeben. Es ist anzunehmen, daß bei der Sedimentation des Gesteines der Pyrit in Gelform ausgeschieden wurde und die Pyritaggregate in der heute vorliegenden Form während der Diagenese als Konkretionen entstanden sind. Es handelt sich mithin um eine syn-/diagenetische Mineralbildung.

b) *Calcitkonkretionen im Gestein.* Vereinzelt sind solche Konkretionen im Mergel zu finden. Es handelt sich um bis faustgroße Knollen blumenkohlartiger Struktur oder dann um unregelmäßige, schichtartige Bildungen, die mehrere Quadratdezimeter große Flächen einnehmen können. Der *Calcit* ist grob- bis feinspätig ausgebildet, ohne daß eine besondere Anordnung der Kristalle festgestellt werden könnte, es sei denn eine Tendenz zur Schichtbildung. Die Färbung ist weiß, die XX sind durchscheinend bis undurchsichtig. Die schichtartigen Calcitkonkretionen erreichen eine Dicke bis zu 3 cm. Sie setzen in der Regel auf über einem etwa 2 cm mächtigen Komplex von ungefähr 10 Schichtchen feinspätigen Kalkes, der wechselnd dunkel- bis hellgrau gefärbt ist. Einzelne

solcher Schichtchen sind stark mit Calcit, andere mit staubfeinem Pyrit durchsetzt, der stellenweise etwas aggregiert ist. Diese Bildungen liegen durchaus konkordant zu den Mergelbänken und sind von diesen durch trennende Flächen, die einen Sedimentswechsel andeuten würden, kaum ausgezeichnet. Da weder Klüftungen und nur wenige Schichtflächen – das Gestein ist recht dickbankig – vorhanden sind, ein Transport von Minerallösungen also nur durch das Gestein hätte erfolgen können und eine Verdrängung von Mergelmasse notwendig gewesen wäre, letzteres als wenig wahrscheinlich bezeichnet werden darf, ist ebenfalls ausgesprochen syngenetische Bildung anzunehmen. Im Verlaufe der Gesteinsverfestigung wird eine Umkristallisation eingetreten sein.

c) *Coelestin-, Pyrit- (Zinkblende-) Ausscheidungen im Gestein.* Etwas ähnliches wie im Abschnitt b) für Calcit erwähnt, kann auch für *Coelestin* mit wenigen begleitenden Mineralien beschrieben werden. Konkordant zur Schichtung des Gesteins, liegen im Mergel, oft über viele Quadratmeter ausgedehnt, bis zu 3 cm mächtige Platten von hellgrauem bis graugrünem Coelestin. Okular ist eine senkrecht stehende parallelstrahlige Anordnung der Kristalle zu erkennen. Unter dem Binokular zeigen sich die XX als schmale, dünntafelige oder prismatische, nach der a-Achse sehr langgestreckte Gebilde, die, nach dem Basispinakoid (001) gerichtet, eng aneinandergewachsen sind und die leicht zerbrechenden Platten bilden. In sich sind diese Platten meist horizontal getrennt durch eine oder auch mehrere bis zu 1 cm starke Schichten von hellgrauem Ton und dunkelgrauem, oft viel Pyrit führenden spätigem Kalk. Man muß annehmen, daß die Coelestin-XX rasch aufwärts, nach der a-Achse, gewachsen sind, dabei wurde das Wachstum periodisch durch die Tonsedimentation bzw. die Kalk- und Pyritausscheidung unterbrochen. Ob kolloidale Phasen (Gelbildung) vorausgegangen sind, ist schwierig zu entscheiden; das dürfte aber für den Coelestin und den Pyrit zutreffen. An ihrem oberen Ende sind die Coelestin-XX oft gekrümmt; wahrscheinlich kann diese Erscheinung auf einen bereits während des Kristallwachstums wirkenden Schub (Setzungserscheinung?) zurückgeführt werden. Zwischen den Coelestinmassen und dem auflagernden Mergel haben sich nachträglich, vermutlich im Verlaufe der Diagenese, prismatische, flächenarme Coelestin-XX gebildet, die querliegen. Den Coelestinplatten ist reichlich *Pyrit* und zur Seltenheit etwas schwarze *Zinkblende* aufgewachsen.

d) *Calcit-, Coelestin-, Zinkblende-Ausscheidungen in Wurmröhren* (?). Im dunkelgrauen Mergelkalk ist ein ganzes System von etwa 12 bis 15 mm dicken, nahezu kreisrunden Gängen gefunden worden, die am ehesten als Wurmgänge angesprochen werden können. Diese Gänge sind gegen den Mergelkalk deutlich abgesetzt durch ein schwarzes Pigment, das z. T. auch in das umgebende Gestein hineinfärbt. Stellenweise sind die Gänge mit Mergelkalk bis zu einem Drittel des Querschnittes gefüllt, oder sie sind – wenn noch offen – an den Wänden mit einer dünnen Kruste von kleinen skalenoedrischen *Calcit*-XX belegt; meist aber sind die Wurmröhren völlig ausgefüllt mit grobspätigem, weiß bis hellgelb gefärbtem Calcit. Nicht selten ist aber auch dünntafeliger, strahlig (bzw. fächerig)

angeordneter *Coelestin* vorhanden. Er ist gleichgefärbt wie der Calcit und nur durch die Kristallform und die Säureprobe von diesem zu unterscheiden.

An zwei Stücken mit noch offener Röhre – sie gehören offensichtlich zusammen – sind dem die Wandung bekleidenden Calcitrasen spärlich *Eisendolomit*-Aggregate aufgewachsen. Es handelt sich um schön ausgebildete, bis zu 3 mm große XX-Gruppen hellgelber Färbung; z. T. sind sie nahezu farblos. Die Bildung des Eisendolomites ging unmittelbar anschließend an jene des Calcites vor sich.

Der Mergelkalk ist besonders im Bereiche der Wurmröhren von feinen Klüften (Schwundrissen?) durchzogen, die völlig mit Calcit, häufig aber von weißem dünntafeligem Coelestin erfüllt sind. In solchen Klüften tritt außerdem *Zinkblende* auf, die dort, wo sie in der Nähe von Pyrit liegt, tiefschwarze, sonst aber ausgeprägt rotbraune Farbe aufweist. Die Größe der einzelnen Mineralindividuen beträgt höchstens 1 mm, meistens aber nur wenige Zehntelsmillimeter; die Aggregate erreichen bis 5 mm größte Ausdehnung. Die leistenförmige bis körnige Zinkblende – gute Kristallformen lassen sich kaum beobachten – ist zwischen oder quer durch die Coelestin-XX gewachsen und im allgemeinen in den Klüften eher randständig. Die Zinkblende ist demnach gleichzeitig mit dem Coelestin und dem Calcit entstanden. In einem Falle konnte festgestellt werden, daß die Röhrenwandung zunächst mit einer etwa 0,2 mm dicken, feinkristallinen Pyritkruste belegt ist, gegen das Lumen folgt zunächst eine dünne braungefärbte Calcitschicht, worauf wiederum eine dünne, unregelmäßige, gröber kristalline Pyritzone anschließt, während das Röhreninnere mit weißem grobspätigem Calcit gefüllt ist.

Auch diese Mineralausscheidungen sind diagenetischen Alters.

e) *Calcit-, Pyrit-, Coelestin- (Zinkblende-) (Limonit-) Ausscheidungen in Klüften.* Es lassen sich folgende Bildungen auseinanderhalten:

- alte Kluftfüllungen (?) in Form von flachen, etwa 1 bis 2 cm dicken Bändern feinspätigen *Calcites*. Die Bänder sind oft voneinander getrennt oder z. T. auch durchsetzt mit Mergelschichten oder -flecken. Eine merkwürdige, nur einmal beobachtete Bildung ist in solchen alten Klüften gefunden worden: randständig liegt ein fleckenhaftes, unregelmäßiges Schichtchen von maximal 1 cm Mächtigkeit. Es handelt sich um ein sehr feinkristallines, marmorartiges Mineralaggregat von hell graugrüner Färbung. Die Bestimmung* ergab Calcit (mit etwas Quarz). Es mag sich um eine ähnliche Kalkausscheidung handeln, wie sie aus dem Oolith an der Oberegg (Auenstein) beschrieben wurde (siehe S. 53). Fein verteilter *Pyrit* ist häufig. Die Calcitbänder folgen der Schichtung des Mergels. Drusenbildung, offene Klüfte sind nicht festzustellen. Ob diese Bildungen im engeren Sinne syngenetisch oder in einer Spätphase der Diagenese entstanden sind, ist schwer zu entscheiden; die zweite Möglichkeit wird als die wahrscheinlichere betrachtet.

* Infrarot-Spektralanalyse im Agrikulturchemischen Institut ETHZ.

Einmal ist in einer Kluftfüllung *Gagat-Kohle* gefunden worden. Das ehedem ganze Stück Kohle ist von der Bewegung des Schichtkomplexes, als sich die Kluft öffnete, erfaßt und in kleine Bruchstücke zerrissen worden. Spätig kristallisierter Calcit hat später die Kluft wieder geschlossen, daraus resultierte auch die intensive Durchsetzung der strukturlosen, pechglänzenden Kohle mit Calcit. Der sonst häufig mit Kohle vergesellschaftete Pyrit fehlt.

- Kluftfüllungen in Form von flachen Linsen. Bemerkenswert ist die ausgesprochen grobspätige Ausbildung von Calcit und *Coelestin* innerhalb des Mergels in der Randzone der Klüfte. In einer solchen Linse von etwa 6 cm Mächtigkeit verläuft die Abfolge der Mineralausscheidungen wie folgt:

2 mm	(fleckenhaft bis 1 cm) Pyrit	Unterseite
10 mm	grobspätiger, weißer Calcit	
12 mm	spätiger, hellblauer Coelestin	Zentrum
14 mm	grobspätiger, weißer bis gelblicher Calcit	
20 mm	grauer Coelestin in dünntafeliger bis leistenförmiger Ausbildung im Gestein, scharf abgesetzt vom Calcit	Oberseite
–	kleine Pyritaggregate im Mergel	

  Solche Linsen können sich z. T. mehrfach überlagern.

  Man muß annehmen, daß diese Bildungen in einer späten Phase der Diagenese, aber vor der völligen Verfestigung des Gesteins entstanden sind; anders läßt sich die Kristallisation von Coelestin/Calcit innerhalb des Gesteins wohl nicht erklären.

- alte, später reaktivierte Klüfte. Diese sind – im Gegensatz zu den vorstehend erwähnten – scharf vom Mergel abgegrenzt. Kristallbildungen im Gestein sind selten. Die Klüfte sind stets völlig ausgefüllt mit fein- bis grobspätigem Calcit und grobspätigem, hellblauem nach der a-Achse langgestreckt dünntafeligem, oft nahezu faserigem, weißem bis blaßrotem Coelestin. Pyrit ist im Innern der Klüfte und besonders in der Randzone reichlich vorhanden.

  Die Abgrenzung der Klüfte bilden häufig Rutschharnische, gebildet durch Tonhäute oder völlig glatte Calcitflächen. Die Klüfte sind z. T. auch aufgestaucht worden, wobei sich Calcit und Coelestin neugebildet bzw. umkristallisiert haben. Gelegentlich blieben kleine Drusen offen, darin sind Calcit-Skalenoeder zu beobachten. Der Coelestin ist in verhältnismäßig großen, dünntafeligen bis faserigen Kristallen vorhanden. Pyrit überkrustet hie und da den Calcit; deutliche Kristallformen sind nicht zu erkennen. Er ist häufig stark angelaufen oder in *Limonit* umgewandelt worden. Randständig in den Klüften, z. T. auch im Gestein, finden sich im Bereiche des Pyrites kleine Gruppen von schwarzer *Zinkblende,* ausgebildet meist als Leisten, mit einer größten Ausdehnung von etwa 6 mm. Die Zinkblende-XX sind oft vom Pyrit eingehüllt.

Diese alten Klüfte, wohl in der Spät-Diagenese oder bei vortertiären Krustenbewegungen entstanden und sich bald wieder mit Calcit, Coelestin und Pyrit füllend, sind bei der Auffaltung des Juragebirges reaktiviert worden, wobei auch

neue Klüfte gebildet worden sein mögen. Solche Klüfte verlaufen z. T. konkordant zur Schichtung des Gesteins, z. T. aber durchsetzen sie schief zum Fallen und Streichen der Mergel- und Mergelkalkbänke ganze Schichtpakete und bilden örtlich geradezu ein Netzwerk.

Alle diese Mineralien dürften syngenetisch entstanden sein und frühdiagenetisch eine Kristallisation bzw. Umkristallisation erfahren haben. Dazu kommen epigenetische Bildungen.

3.2.2.5 *Chalch-Tal* (Holderbank)

In den einzelnen, hier vom mittleren Dogger bis in den Malm (Oxfordian) aufgeschlossenen Schichten bildeten sich besondere Mineralparagenesen.

a) *Chalch.* Im tiefsten, in den *Parkinsoni-Schichten* kommen vor:

Calcit – Pyrit – Coelestin – Baryt – (Eisendolomit)

Im mergelig-sandigen Gestein, das von Mergelkalkbänken durchsetzt ist, sind reichlich nuß- bis mehrere Dezimeter große knollige Konkretionen eines dunklen, feinspätigen zähen Kalkes vorhanden.

Besonders in den kleineren, kartoffelförmigen Konkretionen können, gleichsam als deren «Seele», Calcitdrusen beobachtet werden, die mindestens teilweise ihren Ursprung in Wurmgängen haben dürften. Die Wände solcher Höhlungen sind mit *Pyrit* ausgekleidet, wobei gegen das Lumen schön ausgebildete, würfelige XX mit Kantenlängen bis zu 0,2 mm wuchsen. Darauf folgt *Calcit*, der – wo die Hohlräume völlig ausgefüllt sind – spätig ausgebildet ist, frei gewachsene XX sind einfach-skalenoedrisch.

Manche der Knollen, die im frischen Gestein hell blaugrau, angewittert aber hell gelbgrau gefärbt sind, enthalten reichlich Pyrit, sei es in kleinen, oft aber auch größeren, bizarr geformten Aggregaten. Eine solche Knolle, besser ein kleines Stück einer etwa 4 cm mächtigen Kalkbank, enthält zahlreiche Fossilien, zumeist sind es Rhynchonellen und Muscheln, und ist stark pyritvererzt. Diesem Fundstück aufgelagert ist ein flaches, etwa 5 mm dickes Blatt *Kohle*. Diese ist mit Pyrit und Calcit durchsetzt, läßt aber teilweise noch die Holzstruktur erkennen. In großen Konkretionen eingewachsen, oder auch frei im mergeligen Gestein liegen gelegentlich große Ammonitengehäuse; diese sind z. T. pyritifiziert. In den inneren Windungen – wiewohl diese häufig zerdrückt sind – führen sie milchweißen bis gelblichen Calcit und dünntafeligen strahlig struierten, als Füllung spätigen, farblosen bis weißen *Coelestin* und *Baryt*. Im Bruchstück des Gehäuses eines großen Ammoniten fanden sich zwei Kammern, die vom Kalkschlamm nicht erreicht und als Hohlräume erhalten blieben. Sie sind mit einem dichten, 7 mm mächtigen Belag von hellgrauem, steil skalenoedrischem Calcit ausgekleidet. In der einen Kammer sind mehrere kugelig ausgebildete Aggregate von *Eisendolomit* dem Calcit aufgewachsen; sowohl dem Calcit wie dem hellgelben Eisendolomit z. T. eingewachsen, z. T. aufgesetzt ist reichlich krustiger,

oft aber deutlich würfeliger, staubfeiner Pyrit. In der anderen Kammer sind dem Calcit große (um 3 cm), dicktafelige, bläuliche und kleine (bis 6 mm), dünntafelige, farblose Coelestin-XX aufgewachsen. Pyrit ist hier nur sehr spärlich vorhanden; er liegt nur auf dem Calcit, nicht aber auf dem Coelestin. Die Mineralbildung dürfte diagenetisch und z. T. auch epigenetisch erfolgt sein. Die Abfolge ist deutlich gegliedert. Daß in zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden Hohlräumen zwei verschiedene Teilparagenesen vorliegen, ist bemerkenswert.

In den Bänken von Mergelkalk sind häufig Klüfte vorhanden, die z. T. auf Schwundrisse zurückgehen, also diagenetische Bildungen sind, z. T. aber auch von tektonischen Bewegungen herrühren. Solche Klüfte sind durchwegs mit einem dichten Rasen kleiner skalenoedrischer Calcit-XX belegt, häufig sogar völlig damit gefüllt. Darüber folgen dünn- bis dicktafelige, gelegentlich sehr große Coelestin-XX schön hellblauer Färbung. Die einzelnen Kristalle sind zu strahligen oder fächerförmigen Aggregaten vereinigt. An einem Fundstück erreichen die Coelestin-XX, von einem Punkte aus gewachsen und auf der Prismenfläche 0 (011) stehend, die Länge von 11 cm! In einem anderen Falle hat sich, entsprechend der Bankung bzw. der Klüftung, ein ganzes Netz von Spalten gebildet. Diese führen an den Wänden wiederum einen Calcitrasen, darüber folgt ein z. T. dicht geschlossener Bewuchs mit weißen, vereinzelt leicht bläulichen, dünntafeligen Coelestin-XX. Diese bis zu 15 mm langen Tafeln zeigen oft schön ausgebildete Endflächen; sie sind meist rosettenartig angeordnet. Diese Kristallisation erstreckte sich über viele Quadratdezimeter.

Auch in den Mergeln selbst sind manche mit reichlich Coelestin gefüllte Klüfte vorhanden. Die Kristalle sind weiß bis hellblau gefärbt, langgestreckt und in einer Richtung, z. T. strahlig angeordnet. Randlich ist wenig Calcit vorhanden; Pyrit tritt im umgebenden Gestein in kleinen Aggregaten auf. Solche Kluftfüllungen, linsenartig ausgebildet und von Rutschharnischen begleitet, bedecken oft große Flächen. Einem solchen Rutschharnisch aufgewachsen fanden sich Coelestin-XX einer besonderen Tracht. Die prismatischen bis dicktafeligen, gegen 1 cm langen Kristalle sind von grünlicher Farbe und besitzen eine auffällig rauhe Oberfläche. An der überwiegenden Zahl der XX dominieren die c- und die d-Flächen, während die 0-Fläche von untergeordneter Bedeutung ist und die m-Fläche entweder ganz fehlt oder dann nur leicht angedeutet wird. Die Kristalle erhalten dadurch ein ausgesprochen meißelförmiges Aussehen. Die Bildung dieser Coelestin-XX ist eindeutig epigenetisch.

Zweimal ist in einem kleinen solchen Riß neben Calcit weißer bis hellgelber, mattglänzender Eisendolomit gefunden worden. Die Kristallformen sind undeutlich, aber doch zur Bestimmung hinreichend erkennbar.

Die über den Parkinsoni-Schichten liegenden Gesteine enthalten bis an die Erzschicht des unteren Oxfordian nur wenige Mineralbildungen. Das ist u. a. auch darauf zurückzuführen, daß die gegenwärtig aufgeschlossenen Gesteine dieses Bereiches durchwegs in der Verwitterungszone liegen.

Calcit – Coelestin – Pyrit

In den inneren Windungen eines Ammoniten aus den *Varians-Schichten* findet sich spätiger *Calcit,* darüber liegt dünntafeliger, strahlig angeordneter *Coelestin* weißer Färbung. Eingelagert ist etwas angewitterter *Pyrit.*

In der am Maienrisgrat etwa 10 bis 30 cm mächtigen *Erzschicht* des *unteren Oxfordian* – sie ist im Steinbruch Chalch an mehreren Stellen aufgeschlossen – kann eine besondere, vergleichsweise reiche Mineralgesellschaft beobachtet werden:

Goethit: *Limonit* – brauner Glaskopf – (Nadeleisenerz) – Haematit – Calcit – Coelestin – (Eisendolomit) – [Strontianit] – [Pyrit] – [Kaolinit]

Zusammen mit ± tonigem, dichtem/feinspätigem bis oolithischem, gelb-braun, z. T. auch grün bis rotgrau gefärbtem Kalk/Kalkmergel bilden erdiger Limonit und krustiger Haematit die Erzschicht. Der *Limonit* ist von kräftig gelber bis brauner Farbe. Neben strukturlosen erdigen Massen sind auch reichlich Ooide vorhanden. Bemerkenswert ist das Auftreten von in feine Lagen sich gliedernden dicken Krusten mit oft sehr deutlichen Farbunterschieden von Lage zu Lage. Es scheint sich dabei um Gel-Strukturen zu handeln.

Der *braune Glaskopf* tritt auf als
- dunkelbraune, feinkristalline bis dichte Massen, die z. T. scharf abgegrenzt sind, oft aber auch diffus in das umgebende Gestein auslaufen. Gelegentlich sind kleine Limonit-Ooide eingelagert.
- schwarze Krusten und pseudomorphe Bildungen nach Fossilien, erkennbar sind Ammoniten und Muscheln. Die Oberflächen sind entweder glatt und dann meist stark glänzend oder rauh und matt.

Eng mit dem Vorkommen des braunen Glaskopfes verknüpft ist jenes des *Nadeleisenerzes.* Manche der Krusten und Fossilien, äußerlich eine ± glatte Oberfläche zeigend, lassen am Bruch eine parallel-strahlige Struktur erkennen. In Hohlräumen können gelegentlich gegen das Innere gewachsene freistehende Kristalle beobachtet werden. Die tiefrotbraunen bis schwarzen, in einem Falle blaß grünbraunen, durchscheinenden Nadeln werden bis 1,5 mm lang und erreichen eine Breite von etwa 0,1 mm; sie sind oft etwas spatelartig geformt. Die XX sind in Bündeln radialstrahlig angeordnet und an der Basis meist dicht ineinander verwachsen. Neben dieser Goethit-Modifikation tritt in größeren Hohlräumen auch spätiger Calcit auf, wobei bemerkenswert ist, daß kleine Kügelchen von Nadeleisenerz, nach innen orientiert, in diesem Calcit vorkommen. An einem Fundstück ist ein 2 mm langes garbenförmiges Bündel Nadeleisenerz skalenoedrischem Calcit aufgewachsen. Aus dem Umstande, daß Nadeleisenerz öfters die ursprüngliche Schalensubstanz von Fossilien ersetzt bzw. unmittelbar neben Limonit vorkommt, kann man annehmen, die beiden Formen des Goethits: brauner Glaskopf und Nadeleisenerz, seien spätere nach-

diagenetische Bildungen und durch Umkristallisation unter Abgabe von Hydroxylgruppen aus Limonit hervorgegangen, der seinerseits als syngenetische Gelbildung betrachtet wird.

Auch der *Haematit* – mengenmäßig von geringerer Bedeutung als der Limonit – kommt in ziegelroten bis rotbraunen Massen vor; meistens sind es aber nur dünne Krusten und Beläge blutroter Färbung, an denen gelegentlich Rutschharnische zu beobachten sind. In Drusen hat sich Haematit als hauchdünner Belag auf Calcit-XX abgesetzt; es handelt sich mithin um eine späte, wohl epigenetische Bildung.

Calcit tritt, abgesehen vom Vorkommen als Fossilisationsmittel, in spätiger Ausbildung in kleinen Klüften und in skalenoedrischem Habitus vorab in Hohlräumen von Fossilien auf. Er ist farblos, weiß oder etwas gelb gefärbt. Zusammen mit feinkristallinem Goethit kann gelegentlich auch schwarzer Calcit (nicht nur von der Unterlage her dunkel durchscheinend!) festgestellt werden. Im Bereiche von Haematit sind vereinzelt rötlich gefärbte Calcit-XX zu sehen; daneben kommen auch feinkristalline Calcitmassen vor.

Coelestin ist in der Erzschicht ein örtlich verhältnismäßig häufig auftretendes Mineral; es sind zwei Formen auseinanderzuhalten:

- In Klüften und Rissen, vermutlich sind es diagenetische Setzungserscheinungen, sowie in Hohlräumen von Fossilien, durch Herauslösung von deren Schalen nachträglich entstanden, kommt Coelestin für sich allein vor, sei es als dünntafelige, blättrige bis faserige, dicht fächerig aggregierte XX von weißer, gelblicher oder rötlicher Färbung, sei es als eher dicktafelige, radialstrahlig angeordnete, weiße bis leicht bläulich gefärbte XX. Häufig sind solche Coelestinvorkommen durch Sickerwässer stark korrodiert, in den Hohlräumen liegt dann ein weißes bis rötlichgelbes Pulver. Nach der Flammenprobe beurteilt, scheint neben dem Strontium noch etwas Barium vorhanden zu sein. Ob es sich um Mischkristalle der Sr- und Ba-Sulfate oder um ein Nebeneinandervorkommen der beiden Mineralien handelt, ist nicht festzustellen; das zweite ist wahrscheinlicher.
- In einzelnen Drusen – in der Regel solche, die auch Eisendolomit führen – können frei gewachsene Coelestin-XX von tafeligem Habitus und einfacher Tracht beobachtet werden. Die Einzelkristalle werden bis 8 mm groß, sie sind farblos oder leicht bläulich. Solche Coelestine sind offenbar späte Bildungen, wobei das aus dem Gestein oder aus Kluftkristallisationen herausgelöste Material hier sekundär, eventuell sogar tertiär ausgeschieden wurde.

Der *Eisendolomit* ist in seinem Vorkommen beschränkt auf kleine Drusen in oolithischem, vorab aber in lagigem Limonit sowie auf Fossilhohlräume (Ammoniten). Die XX sind einfache Rhomboeder, mit den kennzeichnenden gekrümmten Flächen ausgebildet, wobei Verwachsungen mehrerer Individuen die Regel darstellen. Frisch ist der Eisendolomit farblos, angewittert erhält er eine matte gelbbraune Färbung.

Die Drusen im limonitischen Gestein scheinen durch Setzungs- und Schrumpfungsbewegungen im erhärtenden Limonit-Schlamm bzw. -Gel verursacht zu sein. Dabei sind einzelne Lagen voneinander abgehoben worden; es entstanden unregelmäßige Hohlräume, in denen zunächst Calcit ausgeschieden wurde. Anschließend begann die Bildung des Eisendolomites. Es handelt sich somit um eine spätdiagenetische Bildung, die wohl erst nach der Erhärtung des Gesteins zustande kam. Diese Annahme gilt auch für die dem Eisendolomit aufgewachsenen, nachstehend erwähnten beiden Mineralarten.

In eben diesen Drusen ist dem Eisendolomit in einigen Stufen ein feinstrahliges, zu Pusteln aggregiertes, weißes, hellgraues bis -gelbes Mineral aufgewachsen. Die einzelnen Nadeln erreichen höchstens 0,2 mm Länge. Das Mineral ist unscheinbar und leicht zu übersehen, es zeigt seine Form erst unter dem Binokular. Da es sich nur um ganz kleine Mengen handelt, ist seine Bestimmung schwierig. Nach Analogien ist indessen der Schluß erlaubt, es sei *Strontianit,* das Sr-karbonat. Möglich wäre allerdings auch das Auftreten von Gips, zumal Pyrit – wenn auch in sehr kleinen Mengen – vorhanden ist.

Pyrit ist in der herkömmlichen Ausbildung nur einmal, zusammen mit Calcit, beobachtet worden. Es ist wahrscheinlich, daß dieses Mineral ehedem etwas reichlicher vertreten war, zumal Umwandlungs-/Zersetzungsformen vorhanden sind.

Kaolinit, zusammen mit den Eisenmineralien dieser Erzschicht auch mehrfach anderswo beobachtet, tritt im Steinbruch Chalch nur sehr spärlich auf. Die Ausbildung ist aber identisch mit anderen Fundorten: rein weiß bis leicht gelblich gefärbt, sehr fein kristallin; das Aggregat zerfällt im Wasser.

Calcit – (Pyrit)

Ein Ammonit (Perisphinctes?) aus den *Birmenstorfer-Schichten* (mittlere Oxford-Stufe) enthält in Hohlräumen der inneren Windungen gelblichbraun gefärbte *Calcit*-XX skalenoedrischer Ausbildung. Im Schwammkalk, ein mit zahllosen Bruchstücken von Schwämmen durchsetzter dichter Kalkstein, kommt spärlich *Pyrit* vor. Es handelt sich um kleine (bis 1,5 cm), krustenartige Aggregate mit z. T. deutlich erkennbaren würfeligen Kristallen. Pyrit in dieser Form dürfte diagenetischer Entstehung sein.

Coelestin – (Glaukonit) – Pyrit – [Zinkblende] – Calcit

Im Schwammkalk kommen gelegentlich, dann aber gehäuft, vielgestaltige *Coelestin*-Knollen vor. Auf Bruchflächen ist undeutlich die radialstrahlige Struktur eines hellgrau gefärbten Minerals zu erkennen. Unter dem Binokular löst sich dieses Bild auf in farblose dünntafelige Coelestin-XX, zwischen denen hellgraues, feinkristallines Material, vermutlich Calcit, liegt. Gegen den umgebenden dichten Kalkstein sind diese Knollen z. T. mit einer wenige Zehntelsmillimeter bis mehrere Millimeter dicken Kruste aus *Glaukonit* abgegrenzt.

In den Poren der Schwämme, aber auch im Gestein, liegen kleine Aggregate von *Pyrit*. Stellenweise ist der Kalkstein von fein verteiltem Pyrit dunkel gefärbt. In solchen Zonen können selten beachtlich große Verwachsungen von *Zinkblende*-XX mit nahezu schwarzer Färbung gefunden werden.

Weißer bis wasserklarer *Calcit* in spätiger Ausbildung kommt als kleine Aggregate im Gestein vor. Stacheln von Seeigeln, umkrustet mit Pyrit, bestehen aus hellbraunem Calcit und zeigen eine glatte Bruchfläche.

Diese Mineralbildungen sind syngenetischen Ursprungs und haben während der Diagenese des Gesteins die heutige Gestalt erhalten.

Quarz: (Jaspis)

Aus Hangschutt in der Mulde zwischen Maienrisgrat und dem Chestenberg stammend, wurde einmal ein Bruchstück von mehrfach graubraun und weiß *gebändertem Jaspis* in einem hellen dichten Kalkstein gefunden. Jaspis und Kalkstein sind nahtlos miteinander verwachsen. Es dürfte sich um ein Fundstück aus Kalkschichten des oberen Oxfordian (früher Séquanien) handeln (25).

b) Der große Steinbruch *Tal,* westlich und unterhalb des Bruches Chalch, liegt in den *Effinger-Schichten,* in der mittleren Oxford-Stufe, also stratigraphisch höher als die Gesteine im Chalch. Das hier für die Zementfabrikation ausgebeutete Gestein ist als Mergelkalk zu bezeichnen, wobei einzelne Bänke eher einem Ton zuneigen; mehrfach sind Kalkbänke wechselnder Mächtigkeit eingelagert.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte dieser Aufschluß als mineralogisch unergiebig, langweilig bezeichnet werden. Eine nähere Untersuchung, besonders am frischen Gestein an den jeweiligen Abbauorten, ergibt aber, daß in diesem Steinbruch vorab der Coelestin nicht nur mengenmäßig recht reichlich vorkommt, sondern auch in seiner Ausbildung mannigfaltig ist, alles in allem ein Coelestin-Fundort von Bedeutung. Insgesamt sind die nachstehenden Mineralien festgestellt worden:

***Calcit* – *Coelestin* – (Gips) – Pyrit – [Zinkblende]**

Dabei sind, nach der Zeit der Bildung, folgende Teilparagenesen auseinanderzuhalten:

- syngenetische Bildungen
  - a) Calcit I – Pyrit I – (Coelestin) im Gestein
  - b) Coelestin I – Pyrit I im Gestein
  - c) Coelestin I – Pyrit I im Gestein und Wurmgängen
- diagenetische Bildungen
  - d) Coelestin II – (Pyrit) im Gestein
- epigenetische Bildungen, 1. Bewegungsphase
  - e) Calcit II – Coelestin II – Pyrit II – Gips – Zinkblende in Klüften und Drusen

- epigenetische Bildungen, 2. Bewegungsphase
  f) Pyrit III in Klüften und Rissen
  g) Calcit III – (Pyrit) in Klüften und Rissen
  h) Calcit III – Coelestin III – Pyrit III in jungen Klüften
  i) Coelestin III – Pyrit III in jungen Klüften/Bewegungsflächen

Es ist möglich, daß diagenetische und früh-epigenetische Kristallisationen in ihrer Anlage syngenetisch sind und später eine Um- bzw. Neukristallisation erfahren haben. Wie weit überdies die epigenetischen Bildungen direkt mit tektonischen Bewegungen zusammenhängen, ist schwierig zu sagen. Fest steht nur, daß manche der epigenetischen Bildungen verhältnismäßig junge Erscheinungen sind. Gerade bei solchen Bildungen ist zu erkennen, daß frühere Mineralausscheidungen randlich reaktiviert oder auch überprägt wurden.

a) *Calcit* – Pyrit – (Coelestin)

Konkordant zu den Schichtungen des Mergels liegen zur Seltenheit 4 bis 10 cm mächtige Bänke von grobspätigem, weißem *Calcit*. Sie setzen unvermittelt ab vom Mergel, sind aber besonders im unteren Teil von ungerichtet verlaufenden, feinen Tonhäuten durchzogen. Häufig kann aber auch eine Unterteilung nach der Horizontalen beobachtet werden, wobei die Trennschicht aus einer vielfach gegliederten, oft stark *pyrit*-vererzten Zone von dunkelgrauem, feinspätigem Kalk besteht. Die Trennung vom Hangenden ist noch deutlicher als vom Liegenden. Auf quer zur Schichtung stehenden Bruchflächen kann oft undeutlich eine durchgehende senkrecht verlaufende Streifung der Calcit-XX bemerkt werden; es scheint, daß das Kristallwachstum von unten nach oben verlief und die Streifung die Trennflächen zwischen den XX-Individuen markiert. Zwischen den Calcit-XX kann gelegentlich, vorab in der Nähe des Pyrites, in sehr geringer Menge weißer, dünntafeliger, meist etwas korrodierter Coelestin auftreten.

Nach dem Aufbau dieser Calcitbänke kann syngenetische Bildung angenommen werden; die Mineralausscheidung dürfte rasch vor sich gegangen sein. Es handelt sich um gleiche oder ähnliche Bildungen, wie sie auch für den Jakobsberg beschrieben wurden [b) Calcit-Konkretionen im Gestein]; knollige Konkretionen kommen im Steinbruch Tal allerdings nicht vor.

b) *Coelestin* – Pyrit

Es handelt sich ebenfalls um Bildungen, wie sie unter Lit. e) für den Fundort Jakobsberg erwähnt wurden. Tatsächlich liegen diese beiden Steinbrüche ja auch im selben stratigraphischen Niveau, und die Schichten zeigen die gleiche Fazies, mithin ist auch die Bildung des Gesteins unter den gleichen Bedingungen vor sich gegangen. Die Unterschiede zwischen dem Aufschluß Jakobsberg und Tal bestehen darin, daß die Effinger-Schichten am Chestenberg tektonisch

stärker beansprucht wurden und die Mineralausscheidungen hier offensichtlich reichlicher sind als am Jakobsberg.

Das gilt auch für die *Coelestin-Pyrit*bildungen im Gestein, die als konkordant zur Schichtung liegende, dünne, aber sehr ausgedehnte Linsen – oft würde man besser von Schichten sprechen – auftreten. Die Abfolge der Coelestin- und der Kalk-/Pyritbildung ist uneinheitlich. Meist setzen zuerst eine oder mehrere dünne Lagen Coelestin ein, danach folgen – in der Regel vielfach wiederholt – dünne Schichtchen eines dunkelgrauen feinspätigen Kalkes, der häufig stark mit Pyrit vererzt ist. Darüber hat sich eine bis zu 7 cm mächtige Schicht von hellgrauem bis deutlich grün gefärbtem Coelestin abgesetzt, die von Tonhäuten durchsetzt sein kann und dann in kleine Linsen gegliedert ist. Die einzelnen Coelestin-XX sind stark gestreckte, dünntafelige Leisten, die mit den c-Flächen (001) – die eine deutliche Riefung zeigen – aneinanderliegen.

c) *Coelestin* wie *Pyrit* treten, je für sich als syngenetische Minerale, außerdem noch in anderen Formen auf:

- In flachen Linsen kommen Aggregate von weißem bis hellgrünem, dünntafeligem Coelestin vor. Die Kristalle spalten sehr leicht nach dem Basispinakoid (001); es zeigt sich, daß die Einzelkristalle oft mehrere Quadratzentimeter groß sind. Zum Teil liegen Coelestin-XX auch abgetrennt vom Aggregat im Gestein. Randlich ist spärlich Pyrit vorhanden.
- Bei anderen Vorkommen ist der Coelestin hellgrau bis blaßbraun gefärbt und als langgestreckte dünntafelige XX zu strahligen Aggregaten geordnet.
- Auch im Steinbruch Tal sind mit hellgrauem bis blaßblaugrauem Coelestin gefüllte Wurmgänge gefunden worden. Dabei werden die Wände der Hohlräume z.T. zunächst mit Calcit belegt, in den meisten Fällen bildet der Coelestin aber das alleinige Füllmaterial. Die Coelestin-XX sind als tafelige, strahlig angeordnete Gebilde von einem Punkt an der Wandung aus in der Achse der Röhre gewachsen. In einem Falle ist eine andere Abfolge der Mineralausscheidung beobachtet worden: Die Wand des Wurmganges ist mit einer etwa 0,3 mm starken Schicht feinkristallinen Pyrites belegt, darauf folgt farbloser bis bräunlich (!) gefärbter Coelestin in grobspätiger Ausbildung. Gegen das Gestein, einem harten dichten Kalkstein, ist der Wurmgang mit einer etwa 1 mm dicken, dunkelgrau gefärbten Zone abgegrenzt.
- Pyrit kommt vor als sehr fein kristallisierte Masse, ± deutlich abgesetzt vom Gestein, in einem Netzwerk von dünnen Adern (Trümern) und in vielgestaltigen Knollen, an denen z.T. Fließformen zu erkennen sind. Es handelt sich dabei zweifellos um eine syn- bis diagenetische Bildung, wobei zunächst eine Ausscheidung als Gel eingetreten sein mag, die später, bei zunehmendem Wasserverlust, in die kristalline Phase übergegangen ist.

d) Zum Bereich diagenetischer Mineralbildung gehören wohl Kristallisationen folgender Art: In dünnen Lagen ist innerhalb flacher Linsen wechselweise *Coelestin und Tonschlamm* ausgeschieden bzw. abgelagert worden. Die einzelnen Schichtchen des Coelestins erreichen dabei oft nur eine Dicke von 1 bis

wenigen mm, höchstens aber 3 cm. Gegenüber dem Ton war der Coelestin – ursprünglich vielleicht in kolloidalem Zustand – derart reichlich vorhanden, daß der ganze Komplex, das Gestein einschließend, kristallisierte. Es lassen sich dünntafelige, fächerförmig angeordnete Aggregate erkennen. Der Coelestin ist farblos bis grau und nur wegen der Kristalle vom Gestein zu unterscheiden. Wo der Coelestin in ein bis mehrere Zentimeter mächtigen Schichten vorkommt, ist er reinweiß bis leicht rosa gefärbt. Es handelt sich um ± dichte, streng parallel-strahlig angeordnete Aggregate von dünntafeligen, nach der a-Achse gestreckten XX. Eigenartig ist der Umstand, daß diese beiden Coelestinformen abrupt ineinander übergehen können. In kleinen Hohlräumen lassen sich gelegentlich an den XX Seiten- und Endflächen beobachten. Zur Seltenheit liegt zwischen den Coelestin-XX etwas Pyrit, als sehr feinkristalline, dünne und wenig ausgedehnte Beläge. Die Ausscheidung des Coelestins dürfte syngenetisch sein, anders ist die Folge von Coelestin und Ton nicht zu erklären. In einer späteren Phase, sie mag zur Diagenese des Gesteins zählen, hat eine Umkristallisation stattgefunden, wobei der zunehmende Druck der auflagernden Schichten und der Wasserverlust des Gesteins die Ursachen gewesen sein mögen.

In einem harten, dunkelgrauen Kalk ist im Bereiche von feinen Haarrissen diffus verteilter, sehr feinkristalliner *Pyrit* vorhanden. Diese Haarrisse, selbst die feinsten, sind mit Pyrit ausgefüllt. Die Pyritbildung im Gestein wird syngenetisch, die Ausscheidung in die Risse dagegen während der Diagenese erfolgt sein.

e) ***Calcit* – *Coelestin* – Pyrit – [Gips] – [Zinkblende]**

Es finden sich viele Kristallisationen der oben genannten Mineralien, aus deren Struktur hervorgeht, daß alte Bildungen samt dem Nebengestein von einer tektonischen Bewegung erfaßt wurden. Mineralbildungen vom Typ c) und d) sind, da die Bewegungen häufig dem Coelestin folgten, zerrissen worden. Rutschharnische – oft großflächig und glatt poliert – sind gerade im Bereiche solcher Linsen und zuweilen beidseitig zu beobachten. In Hohlräumen zwischen solchen Bewegungsflächen sind nicht selten tafelige bis prismatische (stengelige), farblose, hellblaue bis grünliche *Coelestin*-XX gebildet worden, offensichtlich erst nach Abschluß der Schichtbewegungen. Es handelt sich um Absätze aus Wasser, das in solchen Zonen in die Tiefe sickert und dabei aus alten Calcit/Coelestin-Kristallisationen diese Stoffe herauslöst. Zertrümmert sind auch die unmittelbar angrenzenden Zonen des Gesteins. Es sind neue Klüfte und Risse entstanden, die z. T. die bereits vorhandenen Mineralausscheidungen queren. Schließlich sind diese Klüfte und Ruschelzonen durch Ausscheidungen von grobspätigem *Calcit* und ausgesprochen dicktafeligem (bis 7 mm), weißem Coelestin wieder geschlossen worden.

Pyrit hat sich als kleine würfelige Kristalle in Hohlräumen auf Calcit und Coelestin abgesetzt. In den Randzonen, wo er reichlich vorkommt, haben sich größere strahlige Aggregate gebildet, sie sind z. T. in Girlanden angeordnet.

Eigenartig ist das örtlich recht reichliche Auftreten von *Gips,* der als späteste Ausscheidung in den verbliebenen Hohlräumen/Drusen zwischen dem Calcit und dem Coelestin kristallisierte. Er ist wasserklar.

Die *Zinkblende* ist selten zu finden. Sie kommt vor in schwarzen, in Splittern hell- bis dunkelbraunen Kristallen/Aggregaten, die meist ausgesprochen randlich, im Bereiche des aufgeschürften Gesteins liegen. Es scheint, daß die Zinkblende diagenetisch gebildet und später ebenfalls von der tektonischen Bewegung erfaßt wurde. Darauf hin deutet die Beobachtung eines zerdrückten, 4 × 5 mm großen Kristalles, wobei die Risse mit Calcit ausgeheilt sind. Mit der Zinkblende zusammen kommt in der Regel stets auch Pyrit vor.

Die meisten Bildungen dieser Teilparagenese treten auf in kleinen Linsen/Kluftfüllungen, die gewöhnlich nicht mehr als etwa 20 bis 30 cm Breite und 2 bis 5 cm Höhe (Dicke) aufweisen. Nur einmal konnte eine wesentlich größere solche Linse beobachtet werden, die um nahezu das 10fache die erwähnten Ausmaße überschritt. Sie lag in einer Zone tektonischer Bewegungen, die das Gestein in kleine Linsen zerlegten und auch diese Kluftfüllung teilweise zerrissen und verbogen. Nachträglich sind die Risse wieder ausgeheilt worden durch die Zufuhr/Ausscheidung von Calcit, Coelestin, Gips (siehe auch Abschnitt h) hienach). Auf größeren Bruchflächen erhält man aus diesem wirren Gemisch von Brocken parallel-strahlig kristallisierten, weiß und rosa gefärbten Coelestins, grobspätigen weißen Calcites, stengeligen, farblosen, weißen bis leicht bläulichen Coelestins und völlig durchsichtigen Gipses ein Bild, das am ehesten mit jenem eines Pegmatites verglichen werden könnte.

f) **Pyrit**

Feine Klüfte, besser Risse, im Mergelkalk zeigen gelegentlich einen Belag aus feinkristallinem *Pyrit.* Nur dort, wo eine Höhlung blieb, sind die Kristallformen deutlich erkennbar: Es überwiegen die Würfel, im Einzelfall gestreckt zu einem Prisma, vor den Oktaedern. Andere Mineralien fehlen. Die Beläge sind meist etwas angewittert, ohne indessen bereits zersetzt zu sein. In die Risse dürfte Minerallösung eingeflossen und verhältnismäßig rasch kristallisiert sein; damit lassen sich die oft deutlich erkennbaren Fließformen erklären. Es wird sich um eine sehr späte epigenetische, wohl erst nach der Gebirgsbildung entstandene Kristallisation handeln.

Es gibt auch Pyrit-XX und -aggregate im Gestein, wobei die größten Einzelkristalle eine Kantenlänge bis zu 5 mm aufweisen. An einem Fundstück konnte beobachtet werden, daß ein Rutschharnisch durch eine Pyritanreicherung durchgeht. Durch die Bewegung sind die Pyrit-XX nicht verändert worden. Im Druckschatten, hinter den XX ist jeweils toniges Material angelagert worden, während auf der der Bewegung zugewendeten Seite die Flächen der XX blank poliert sind. Zweifellos sind auch diese Rutschharnische Bildungen einer Spätphase der Schichtbewegungen.

g) Calcit, (Pyrit)

Gewisse Zonen des Mergels sind durchsetzt von vielen kleinen Klüften/Drusen, eher Rissen, die mit *Calcit* gefüllt, meist aber nur an den Wänden dichte Calcitrasen aufweisen. Auch hier sind Rutschharnische, die oft durch eine völlig glatte Calcitschicht dargestellt sind, häufig. Gelegentlich lassen sich auf einer Fläche mehrere Bewegungsrichtungen erkennen. Es können zwei Formen von Hohlräumen unterschieden werden:

- im kalkreicheren, härteren Gestein befinden sich 10 bis 30 cm lange, bis 3 cm offene Klüfte, die mit großen (bis 8 mm) skalenoedrischen *Calcit*-XX dicht ausgekleidet sind. Die Kristalle sind weiß bis farblos. Unter dem Binokular wird erkennbar, daß die äußerste Spitze durch ein flaches Rhomboeder gebildet wird. Selten ist etwas *Pyrit* auf- oder eingewachsen. Diese Klüfte sind z. T. aber auch völlig gefüllt mit Calcit; z. T. ist reichlich strahlig kristallisierter Pyrit vorhanden, vorab in den wandnahen Teilen der Klüfte. Die Ausscheidung des Eisensulfides erfolgte gleichzeitig mit dem Calcit.
- in den tonreichen, weichen Schichten finden sich im Bereiche von Bewegungszonen neben den Rutschharnischen, hier gebildet von hochglänzenden Tonhäuten, viele kleine Hohlräume, die oft ineinander übergehen und komplizierte Systeme bilden. Die Wände dieser in der Regel quer zur Bewegungsrichtung liegenden Höhlungen sind mit einem dichten Rasen 0,5 bis 1,0 mm großer Calcit-XX ausgekleidet. Diese Calcite sind farblos und tragen an der Spitze eine deutlich ausgebildete Rhomboederfläche, es sind ausgesprochen stumpfe Skalenoeder. Gelegentlich ist Wasser in diese Klüftchen eingedrungen, der Calcit ist dann korrodiert, die XX wirken wie abgeschmolzen.

h) *Calcit* – Coelestin – (Gips) – (Pyrit)

Manche der offensichtlich jungen Klüfte und Risse führen neben dem stets vorhandenen Calcit auch ± reichlich Coelestin. Es zeigt sich, daß farbloser, weißer, gelegentlich leicht grünlich gefärbter, skalenoedrischer *Calcit* das erstausgeschiedene Mineral ist, der Coelestin hat deutlich später kristallisiert; das Wachstum des Calcites ist durch die Coelestin-XX nicht behindert worden. *Pyrit* kommt häufig, aber nur in kleinen Mengen vor, meistens in der Randzone der Klüfte oder im Gestein selbst. *Gips* tritt in der Regel mit dem Calcit allein auf, er erfüllt verbliebene Hohlräume. Sein Vorkommen beschränkt sich auf wenige Fundpunkte und spärliche Mengen. Er ist eindeutig das letztausgeschiedene Mineral als wasserklare, vollkommen farblose große XX. Es besteht ausgeprägte Spaltbarkeit nach der b-Fläche. Freie Kristallflächen sind indessen selten zu beobachten.

Das Vorkommen des *Coelestins,* das charakteristische Mineral der Gesamtparagenese, kann nach dem Habitus der XX in drei Gruppen unterteilt werden:

- dünntafelige Kristalle, quadratisch oder (meist) etwas nach der a-Achse gestreckt. Die c-Fläche (001) des Basispinakoides ist bestimmend, sodann

treten häufig auf: 0-Flächen (011), sowie d- (101) und m- (210), vereinzelt die e- (102) und die z-Fläche (211). Die Kristalle sind zu losen Aggregaten verwachsen; für sich sind die XX farblos, in dickeren Massen hellblau. Die Dicke der Kristalltafeln beträgt 1,5 bis 2,5 mm. Das Verhältnis der Dicke zur Breite beträgt etwa 1 : 4 bis 5.

- dicktafelige Kristalle. Sie unterscheiden sich von den vorerwähnten nur durch eine deutlich größere Dicke (bis 5 mm). Wohlausgebildete XX sind selten, meist können neben der dominierenden c-Fläche (001) nur wenige andere (0, d, m) erkannt werden. Die Bildung von radialstrahligen Aggregaten ist häufig. Die tafeligen Coelestin-XX wachsen fast ausnahmslos vom Kluft-/Riß-Rand gegen das Zentrum zu. Die einzelnen wie die aggregierten Kristalle sind von einer 0-Fläche aus gewachsen, deshalb die oft fächerförmige Anordnung. Das Verhältnis der Dicke zur Breite beträgt etwa 1 : 2 bis 3.
- säulige Kristalle finden sich in der Regel in den gut geöffneten Klüften, oft eher als Drusen zu bezeichnen. Die XX sind meist sehr schön ausgebildet und zeigen prächtige Endflächen, wobei deren Deutung nicht selten schwierig ist. Die c-Fläche des Basispinakoides tritt zurück, dagegen erhalten die seitlichen 0-Flächen mehr Gewicht, dazu die m-, d- und die z-Flächen. Die XX sind durchwegs farblos, in der Masse tritt eine schwache bläuliche Tönung hervor. Die Coelestin-XX sind dem Calcit der Kluftunterseite aufgewachsen, sie erreichen nur in wenigen Fällen die Kluftoberseite. Das Verhältnis der Dicke zur Breite schwankt zwischen 1 : 1 bis 1,3.

Zwischen diesen drei Kristallformen sind Übergänge vorhanden. Anschließen läßt sich eine vierte Gruppe:

- Die Kluftwände sind mit skalenoedrischem Calcit ausgekleidet, die noch verbliebenen Hohlräume sind von den Klufträndern her dicht mit grobspätigem bis tafeligem, meist deutlich hellblau gefärbtem Coelestin erfüllt. Gelegentlich ist eine strahlige oder fächerförmige Anordnung der Coelestin-XX zu erkennen.

i) ***Coelestin*** – **(Calcit)**

Unzweifelhaft jungen Alters sind ebenfalls Bewegungsflächen, die quer und glatt durch das massige Gestein durchziehen. Diese Flächen zeigen z. T. Spuren von Rutschharnischen und sind mit sehr dünntafeligem, hellblauem *Coelestin* belegt. *Calcit* in feinspätiger Ausbildung ist nur in geringer Menge vorhanden.

3.2.2.6 *Tongrube* (Holderbank)

So groß der Aufschluß im *Opalinuston* in der Grube des Tonwerkes Holderbank ist, so ist doch – im Gegensatz zu einigen andern hier beschriebenen Vorkommen von Opalinuston – eine auffällige «mineralogische Armut» festzustellen; das gilt ganz besonders für das mengenmäßige Auftreten.

Pyrit

Im etwas schieferigen Tongestein liegen wenige bis zu 8 cm große, flache *Pyrit*-konkretionen. Sie sind sehr feinkristallin, im Bruch ist undeutlich strahlige Struktur zu erkennen. Fließformen sind ausgeprägt. Man darf annehmen, daß auch hier der Pyrit zunächst als Gel abgelagert wurde und später, bei fortschreitender Diagenese, schubweise die Kristallisation einsetzte.

Calcit – Coelestin – Pyrit

In nicht näher bekannter Lage innerhalb des Opalinustones treten die typischen Konkretionen, die brotlaibartigen Septarien auf. Es handelt sich um einen sehr zähen, nur wenig tonigen Kalk, der gleichzeitig mit dem Tongestein gebildet wurde. Auf der Außenseite wie auch im Innern der Septarien ist eine deutliche feine Schichtung zu beobachten. Schwundrisse, sonst häufig in den Septarien, sind in diesen Knauern selten, und wenn vorhanden, dann meist von geringer Öffnung und vollständig mit *Calcit* gefüllt. Aus vielen Septarien ist nur eine gefunden worden, die einen Schwundriß mit noch offener Höhlung aufwies. Die Wandungen sind mit einem dichten Rasen kleiner, 2 bis 3 mm großer skalenoedrischer Calcit-XX belegt. Aufgewachsen ist dünntafeliger, stark nach der a-Achse gestreckter *Coelestin.* Gelegentlich sind Endflächen zu sehen. Die einzelnen Tafeln erreichen eine Dicke von 0,5 mm, eine Breite von etwa 5 mm, aber eine Länge von bis zu 3 cm. Die XX sind fächerförmig angeordnet und farblos oder weiß bis leicht rosa gefärbt. Dem Calcit aufsitzend, z. T. aber auch etwas eingewachsen, sind kleine staubfeine, würfelige *Pyrit*kristalle; deren Kantenlänge beträgt in der Regel um 0,05 mm, im Einzelfall bis 0,7 mm. Die Entstehung dieser Mineralien ist, entsprechend der Bildung der Schwundrisse, frühestens während der Diagenese des Gesteins erfolgt.

(Pyrit) – [Zinkblende]

Im Opalinuston liegen zur Seltenheit Fossilien, offensichtlich vor der definitiven Einlagerung noch stark gerollt. Es handelt sich um Teile von Muscheln, vor allem aber um Ammoniten, so Leioceras opalinum. Die sichelförmigen Rippen sind z. T. *pyritifiziert,* während in einem Fundstück die Kammerscheidewände aus *Zinkblende* bestehen und auch kleine Schwundrisse von diesem Mineral vollständig und allein ausgefüllt werden. Die Blende ist von honiggelber bis nahezu schwarzer Färbung. Das Gestein in diesen Fossilien gleicht jenem der Toneisenstein-Geoden.

(Gips)

In den oberen Lagen des Opalinustones sind – frei im Gestein liegend – einige *Gips*-XX und -aggregate gefunden worden. Das bedeutendste Exemplar erreicht 3 cm größte Ausdehnung. Der Habitus der Kristalle ist prismatisch. Zum Teil sind Tonteile eingewachsen, das umgebende Gestein hat offensichtlich das

Wachstum der Gips-XX behindert. Die Bildung dieses Minerals dürfte syngenetisch sein oder in die Frühphase der Diagenese fallen. *Frei* (17, S. 106), nach *Himmel* und *Geller*, schildert die Bildung solcher Gips-XX folgendermaßen: «Zeitlich legt Himmel die Entstehung der Gipsindividuen in die Frühperiode des noch nicht verfestigten Tones, in dem sie sich schwebend gebildet haben werden, und zwar unter einem Zustand nahezu allseitigen Druckes, so als befände sich der wachsende Kristall in einer Flüssigkeit *(Geller)*». Es wird die Frage gestellt, ob in diesem Zeitpunkt «nicht doch die mitsedimentierten, noch nicht weggeführten Meersalze die Rolle eines wirkungsvollen Wachstumsfaktors gespielt haben könnten».

An der NE-Seite der Tongrube treten Gesteine auf, die jenen des mittleren Doggers gleichen (Murchisonae-/*Parkinsoni-Schichten?)*. Es handelt sich vorab um harte dichte Kalksteine, feinspätige Kalke, z. T. aber auch Kalke mit oolithischer Textur, mit eingelagertem Toneisenstein und von Tonhäuten durchzogen. Fossilien sind häufig (Rhynchonellen, Pecten, Ammoniten). Das Gestein ist oft stark geschiefert und von Calcitadern durchzogen. Im Innern von Ammoniten, auf Klüften, aber auch im Gestein hat sich eine Reihe von Mineralien gebildet.

Pyrit

Haselnußgroße *Pyrit*aggregate liegen im Gestein; Pyrit liegt aber auch im Kern von Ooiden und bildet die Schalen von Fossilien. Die Aggregate zeigen vorwiegend würfelige und oktaedrische Formen mit Kantenlängen bis zu 5 mm; der übrige Pyrit ist sehr feinkristallin.

Calcit – (Pyrit), [Coelestin], [Baryt]

Die Wände der sehr zahlreichen Klüftchen sind durchwegs mit *Calcit* skalenoedrischer Bildung belegt. Meist ist *Pyrit* dem Calcit aufgewachsen, z. T. ist er aber deutlich das erstausgeschiedene Mineral. Die Würfelform dominiert, es sind indessen auch Oktaeder- und Pentagondodekaeder-Formen zu erkennen, so daß sich recht komplizierte Kristallgebilde ergeben.

In einem aufgeschlagenen Ammoniten bildet Pyrit die Wände der inneren Kammern und den Sipho. Calcit ist ihm aufgewachsen.

In noch offenen Klüftchen ist dem Calcit in zwei Formen *Coelestin* aufgewachsen:

- in rosetten- oder fächerartiger Anordnung stehen dünntafelige Coelestin-XX dicht gedrängt. Die Färbung der Kristalle ist ausschließlich weiß bis hellblau.
- weißer, faseriger oder sehr langgestreckt dünntafeliger Coelestin ist radialstrahlig angeordnet.

Im Zentrum solcher Gebilde liegt häufig eine blaßrosa gefärbte, erdige Masse. Diese Aggregate, etwa 0,5 bis 1 cm groß, sind meist etwas korrodiert, so daß Details schwierig zu erkennen sind. Die Bestimmung ergab *Baryt*.

Die Pyritbildungen im Innern des Gesteins dürften syngenetisch/frühdiagenetischen Alters sein; die Mineralbildungen in den kleinen Klüften, im Innern von Ammoniten, sind dagegen diagenetisch bis epigenetisch und z. T. vielleicht erst während und nach der Faltung des Juragebirges vor sich gegangen.

3.2.3 *Schinznach-Dorf*

3.2.3.1 *Geologische Situation* (nach 1,28,39,23)

Die große Tongrube der Zürcher Ziegeleien in der Eriwis liegt am Nordhang des vom Grund gegen Osten verlaufenden, rasch von 731 m (Kuppe Grund) bis auf etwa 400 m abfallenden und sich am linken Rand des Aaretales verlierenden Höhenzuges. Der Aufschluß liegt ausschließlich im Opalinuston bzw. den diesen überdeckenden Hangschutt. Die Krete, geprägt von den erosionsresistenten Gesteinen des mittleren Doggers (Hauptrogenstein) bildet mit dem Hang der Eriwis den Nordrand/-schenkel der von *Gsell* (23) als Grund-Birrfeld-Synklinale bezeichneten Struktur. Deren Südschenkel – steilgestellt, ja nach Norden überliegend und vom Nordschenkel der Thalheimer-Mulde/Chalm-Antiklinale überschoben – befindet sich ungefähr auf der Linie Südteil Grund – unmittelbar nördlich Schinznach-Dorf. Das Absinken des vom Grund gegen Usserdorf (N-Teil Schinznach-Dorf) verlaufenden Grates ist einerseits erosionsbedingt, anderseits entspricht dies auch dem tektonischen Verhalten der Synklinale, die deutliches Fallen gegen Osten aufweist und dabei gegen das Aaretal hin wesentlich breiter und flacher wird. Der in der Eriwis auf großer Fläche sichtbare Opalinuston zeigt, abgesehen von den kennzeichnenden oberflächlichen Rutschungen, keine tektonischen Bewegungen.

3.2.3.2 *Eriwis* (Schinznach-Dorf)

In der Tongrube wird seit längerer Zeit *Opalinuston* ausgebeutet (27). Diese Gesteinsschicht ist deshalb heute auf einem ausgedehnten Areal und in beträchtlicher Mächtigkeit aufgeschlossen. Es zeigt sich, daß in diesem Bereiche sowohl die Septarien, die Ton- und Toneisenstein-Geoden, die Pyritkonkretionen wie auch die feingeschichteten Kalkbänkchen, die anderswo zur Hauptsache die Mineralien führen, eher spärlich vorkommen. Die auftretenden Mineralienarten sind indessen dieselben, wie bisher für den Opalinuston beschrieben (53).

Calcit – Coelestin – Goethit: (Limonit)

Die wenigen Septarien, offensichtlich aus den oberen Lagen des Opalinustones, bestehen in der Grube Eriwis – wie in Holderbank – aus einem harten, splittrigen, tonarmen Kalk. Das mag die Ursache dafür sein, daß in diesen Konkretionen keine oder nur selten Schwundrisse und damit Mineralausscheidungen entstehen konnten. In den wenigen Septarien, die reichlich Schwundrisse aufwiesen, ist die bekannte Mineralgesellschaft gefunden worden. Die Wände der Schwund-

risse sind mit feinem *Calcit* belegt. Diesem aufgewachsen ist dünntafeliger, strahlig angeordneter, weißer *Coelestin;* spärlich vorhanden ist die faserige, rötliche Form. Randlich ist brauner *Limonit* in geringer Menge häufig, er stammt zweifellos aus der Pyritverwitterung.

Pyrit

Wie anderswo im Opalinuston, so finden sich auch hier *Pyrit*konkretionen als flache Knollen und Scheiben; sie zeigen ebenfalls vielfältige Fließformen. Die Trennung der Konkretionen vom umgebenden Gestein ist vollständig.

Eine Besonderheit des Aufschlusses Eriwis ist die Ausbildung des feingeschichteten, dünnbankigen oder in Linsen vorkommenden, harten dunkelgrauen Kalkes. Das Gestein ist recht glimmerreich, wobei auch dunkler Glimmer beobachtet werden kann. Auffällig ist nun die Wechsellagerung von hell graubraunem Mergel, gleich jenem, der die Toneisenstein-Geoden bildet, mit dem dunkelgrauen Kalk in feinen, millimeterdünnen Schichtchen. Oft ist Pyrit mitbeteiligt, wobei dann aber z. T. die Schichtung verlorengeht. Es dürfte sich um eine zunächst kolloidale Pyritausscheidung handeln, die später – mit der Verfestigung des Gesteins – kristallisierte, ohne daß dabei eine ausgesprochene Konzentration/Konkretion eintrat.

Calcit – (Baryt), (Zinkblende), (Pyrit)

In den hellgrauen Tongeoden und den Toneisenstein-Konkretionen finden sich zur Seltenheit kleine Kristallisationen in den feinen Spalten und Drusen. Ausgeschieden wurde feinspätiger *Calcit,* sodann weißer feinschuppig ausgebildeter *Baryt* und dunkle *Zinkblende,* diese gelegentlich zusammen mit *Pyrit* vorkommend. Diese Mineralien treten auch in den inneren Windungen des Ammoniten Leioceras opalinum auf.

3.2.4 *Densbüren*

3.2.4.1 *Geologische Situation* (nach 1,28,70,23)

Zwischen dem Südrand des Tafeljuras, der im Raume Densbüren etwas nördlich der Pfaffenholden – Urgiz – Bann verläuft, und dem eigentlichen Kettenjura: Strihen – Würz – Homberg, liegen zwei Antiklinalen, als Vorfalten bezeichnet. Die nördliche zieht von der Pfaffenholden über den Höhenzug Urgiz in das Waldgebiet Bann. Dabei sinkt die Antiklinalachse von West gegen Ost; auch verflacht sich das Gewölbe. Der Nordschenkel der Antiklinale ist nördlich Urgiz noch etwas auf das Tertiär des Tafeljuras übergekippt/-schoben, im Bann handelt es sich um eine steilgestellte Flexur. Mit dem Absinken der Antiklinalachse treten stratigraphisch höhere Gesteinsschichten an die Oberfläche; ist es auf Urgiz Hauptrogenstein (mittlerer Dogger), so sind es im Bann die Birmenstorfer- und Effinger-Schichten (unterer Malm).

3.2.4.2 *Bann* (Densbüren)

Ein Wegbau im Bann, einem Waldgebiet nordöstlich des Dorfes Densbüren, hat ausgiebig Gesteine der Birmenstorfer-Schichten aufgeschlossen. In den Schwammkalkbänken, einem sehr harten, dichten, z. T. feinspätigen Kalkstein, sind die nachstehenden Mineralgesellschaften gefunden worden:

Pyrit – Limonit

Im Gestein liegen Einzel-XX (bis 4,5 mm Kantenlänge) und Aggregate von *Pyrit*. Kugelige Verwachsungen zeigen strahlige Struktur. An den einzelnen Kristallen sind Kombinationen des Würfels und des Oktaeders zu erkennen. Öfters steht das Auftreten des Pyrites in direktem Zusammenhang mit Fossilien, so sind Poren der Schwammstrukturen mit diesem Mineral gefüllt. Der Pyrit ist meist stark angewittert und ± deutlich zu *Limonit* umgewandelt. Das Gestein wurde in der Kontaktzone ausgebleicht und korrodiert.

Calcit, Zinkblende, (Pyrit) – Limonit

Im Gestein, besonders im Bereich der Schwämme, sind häufig kleine Drusen bis zu 2,5 cm größter Ausdehnung zu beobachten. Von der Wandung her sind die Hohlräume ganz oder teilweise gefüllt mit farblosem bis weißem *Calcit*. In der Regel ist er spätig ausgebildet; so weit er frei wachsen konnte, zeigen die XX einen gedrungenen Habitus, wobei komplexe, vielflächige Formen auftreten.

Mit dem Calcit, oft aber auch für sich allein im Gestein, ist eine beachtliche Menge *Zinkblende* ausgeschieden worden. Sie tritt – in den Drusen randständig angeordnet – als leistenförmige Kristalle/Aggregate auf (mit bis zu 1 cm größter Ausdehnung) und zeigt tiefschwarze, in dünnen Schichten, gegen Calcit, hellgelbe Färbung. Bruchflächen sind hochglänzend. Zum Teil ist die Zinkblende eingebettet in feinspätigen, hell gelbgrünen Calcit. *Pyrit* kommt in den Drusen nur spärlich vor. Er ist den Calcit-XX ein- oder meist aufgewachsen in kleinen würfeligen Kristallen und deren Aggregaten. Frisch ist er kaum je zu finden, *Limonit* ist an seine Stelle getreten.

Glaukonit

Unter dem Binokular sind im Gestein häufig kleine, bis 0,2 mm große, dunkelgrüne, unregelmäßig geformte Körner zu beobachten. Es handelt sich zweifellos um *Glaukonit*.

Das Auftreten von Eisen- und Zinksulfid in den sehr fossilreichen Birmenstorfer-Schichten kann nicht überraschen; bemerkenswert ist nur, daß die beiden Mineralien Pyrit und Zinkblende nicht häufiger vorkommen. Bei der Zersetzung des sedimentierten organischen Materials in lokal beschränkt aeroben Verhältnissen entstand etwas Schwefelwasserstoff, der zur Sulfidbildung Anlaß gab. In den Ansätzen ist die Entstehung des Pyrites und der Zinkblende mithin syngenetisch,

die Kristallisation der beiden Sulfide und des Calcites dagegen erfolgte während der Diagenese; gleiches trifft auch für den Glaukonit zu. Der Limonit ist eine epigenetische Bildung, die begann, als der Pyrit in den Bereich der Verwitterung geraten war.

3.2.5 *Wittnau*

3.2.5.1 *Geologische Situation* (nach 3, 5, 23)

Das im folgenden zu besprechende, nach der Ausdehnung sehr beschränkte Mineralvorkommen befindet sich an der nw. Hangkante des ssw. des Dorfes Wittnau liegenden Reichberges, einem vom Bach aus dem Aechtel und dem Wittnauerbach fast allseits aus dem Tafeljura-Plateau Tiersteinberg – Limperg – Altenberg herausgeschnittenen Höhenzug. Die Schichten zeigen ein leichtes Fallen nach SSE. Irgendwelche Störungen des Schichtverlaufes sind, abgesehen von randlichen, mehr oder weniger oberflächlichen Rutschungen nicht festzustellen. Die Gesteine des Lias und des unteren Doggers bilden, meist eingedeckt vom Hangschutt und von Alluvionen die tiefstliegenden, jene des mittleren Doggers, mit den Maeandrina-Schichten und Teilen des oberen Hauptrogensteines die höchstliegenden Bauteile des Reichberges. Der Lage entsprechend sind die Gesteine der Maeandrina-Schichten stark zerklüftet und z. T. zu kleinen Brocken zerfallen.

3.2.5.2 *Reichberg* (Wittnau)

An der Böschung eines Waldweges auf dem Reichberg ist Korallenkalk der *Maeandrina-Schichten* (Basis des oberen Hauptrogensteins, Bathonian) aufgeschlossen.

Kaolinit

(Haematit) – Goethit: [brauner Glaskopf] – Limonit

Eine nach Mächtigkeit (etwa 10 cm) und seitlicher Ausdehnung (etwa 50 cm) sehr eng begrenzte Zone in einem uneinheitlichen Kalk (dichter Kalkstein, spätiger Kalk, Kalkbrekzie), durchsetzt von Fossilien verschiedener Art, vorab Korallen und Muscheln, enthält *Kaolinit*. Das Mineral erscheint in kleinen unregelmäßigen Klumpen und Linsen mit einer größten Ausdehnung von etwa 1 cm. Es ist im Innern rein weiß, gegen das umgebende hellgelbe bis braune Gestein ist der Kaolinit leicht braun gefärbt. Unter dem Binokular lassen sich sehr kleine, matt glänzende Schuppen erkennen. Die röntgenographische Untersuchung hat das Vorkommen dieses Minerals eindeutig bestätigt.

Neben dem Kaolinit erscheint, ohne daß ein direkter Zusammenhang ersichtlich wäre, verhältnismäßig häufig Eisenoxyd bzw. -hydroxyd. Diese Eisenmineralien färben das Gestein; in den schlierigen, krustigen Konzentrationen sind sie von

rot- bis schwarzbrauner Farbe. Neben *Limonit* läßt sich spärlich *brauner Glaskopf* sowie das Fe-Oxyd *Haematit* feststellen.

Das Tonmineral Kaolinit, wie auch die Eisenmineralien sind zweifellos mit der Absetzung des Kalkschlammes, also syngenetisch, in das sich bildende Gestein gelangt. Die Konzentration der Mineralien, die «Reinigung des Tones» und seine Kristallisation als Kaolinit dürfte dagegen eine diagenetische Erscheinung sein.

3.2.6 *Frick – Gipf-Oberfrick – Ueken*

3.2.6.1 *Geologische Situation* (nach 3, 4, 28, 5, 11, 23)

Im Talboden von Frick liegen, bedeckt von diluvialen und alluvialen Ablagerungen, Schichten des Keupers. Am nördlichen Talhang, im Bereiche der Mergelgrube Gruhalden des Dachziegelwerkes, sind die Schichten der oberen bunten Mergelgruppe, obere Mergelschichten nach *Gsell* (23), des Keupers anstehend. Darüber liegen in normaler Folge die Schichten des unteren Lias: zunächst die grauschwarzen Insektenmergel, dann die Angulaten- und Arieten-Schichten mit blaugrauen, meist aber graubraun angewitterten, spätigen bis oolithischen Kalken. Diese beiden Stufen sind sehr fossil- und mineralreich. Darüber folgen die Obtusustone. Die Schichten liegen ± eben oder zeigen ein leichtes Südfallen. Wenig nördlich der Gruhalden zwischen Neuhof, Pt. 429 bis Egg, Pt. 445.6 westlich Frick verläuft eine tektonische Störung, wobei der südliche Flügel, das Schichtpaket der Gruhalden, gegen den nördlichen, bergseitigen Flügel um etwa 15 bis 20 m abgesenkt ist. Da der Schichtverlauf des nördlichen Flügels mit jenem am Chornberg übereinstimmt, muß angenommen werden, im Talboden, nicht sichtbar, verlaufe eine weitere Störungslinie. Diese Verwerfungen werden von den einen Geologen als westliches Ende der Mandacher Störung (3), von anderen als unabhängige Verwerfung betrachtet (5).

Die Grube Märte schließt den Obtususton und die unmittelbar höheren Schichten auf. Es scheint, daß dieser Bereich ebenfalls noch zum südlichen abgesenkten Flügel der Gruhalden-Egg-Verwerfung gehört.

An den Nordhängen der Chornbergebni sind Keuper und Lias unter Hangschutt verdeckt. Aufgeschlossen in der Tongrube Cheeslete ist der obere Teil der Opalinus-Schichten, wobei auch der Übergang zu den Murchisonae-Schichten sichtbar wird. Die Schichten zeigen ein ganz schwaches Einfallen gegen Süden, entsprechend der allgemeinen Tendenz im Tafeljura. Tektonische Störungen sind hier nicht vorhanden. Bemerkenswert ist die mehrere Meter mächtige Verwitterungszone in den Opalinus-Schichten; die Tone/Mergel, frisch dunkel blaugrau, werden hellbraun bis graugelb.

Der Fundort Egg liegt auf dem östlich des Dorfes Ueken nur undeutlich ausgebildeten Plateau. Die Varians-Schichten bilden hier, zusammen mit dem untersten Teil der Effinger-Schichten, die Deckschicht der Gesteine.

3.2.6.2 *Gruhalden* (Frick), nach der Siegfriedkarte: Glurhalde

Eine Dolomitbank im mittleren Teil der oberen *Mergelschichten* des *Keupers* (23, S. 34: Schicht 59 im Profil Nr. 6?) führt, eng begrenzt auf ein bestimmtes Niveau und nach flächenmäßiger Ausdehnung, eine besondere Mineralparagenese:

Baryt – Calcit

In hellem, frisch grüngrauem, angewittert gelbgrauem, etwas mergeligem Dolomit liegt, schichtartig angeordnet, weißer, meist aber blaß lachsroter *Baryt*. Es handelt sich um dicht strahlig bis garbenartig angeordnete, langgestreckte dünne Täfelchen in Aggregaten bis zu 3 cm größter Ausdehnung. Der weiße Baryt ist selten; er hüllt den lachsroten ein. Die Kristallverwachsungen sind von sehr unregelmäßiger Form. Zwischen Baryt und dem Gestein liegt oft eine sehr dünne Kruste eines gelblichen Minerals.

In ähnlicher Weise ist auch grobspätiger *Calcit* in Form von weißen oder farblosen XX im Dolomitgestein vorhanden. Soweit der Calcit im Gestein liegt, sind keine frei entwickelten XX zu beobachten, anders ist es bei Ausscheidungen auf Klüften und Rissen, wo Flächen einfacher Rhomboeder zu erkennen sind. Man würde hier allerdings weit eher das Mineral Dolomit als den Calcit erwarten; die Probe mit Salzsäure und vor allem die röntgenographische Untersuchung ergeben aber eindeutige Befunde.

Der Dolomit wie auch der Mergel zerfällt in kleine würfelige Brocken. Auf solchen Spaltflächen zeigen sich reichlich Dendriten (Eisen-, Manganhydroxyde).

Die Ausscheidung, des Barytes wie wohl auch des Calcites im Gestein, ist zweifellos syngenetischer Natur. Die Calcit-Kristallisationen auf den Klüften ist dagegen deutlich epigenetisch, gleiches gilt für die Dendritenbildung.

Der über der Dolomitbank liegende Mergel (23, S. 34: Schicht 65 im Profil 6) enthält, auf einzelne Zonen und Areale beschränkt, Knochen von Fischsauriern; nach Hühnermann (in 23, S. 33) soll es sich vermutlich um Platinosaurus handeln. Die Knochenmasse und der unmittelbar umschließende Mergel führt eine interessante Mineralparagenese:

Vivianit – Pyrit (?) – Goethit: (Limonit) – [Malachit]

Das im Juragebirge nicht häufige Mineral *Vivianit* (= Blaueisenerz) tritt nicht kristallisiert auf, sondern ist lediglich durch seine Färbung: ein helles bis dunkles Violettblau oder Braunrot, erkennbar. Die äußere dichte Knochensubstanz – der Aufbau des Knochens ist unter dem Binokular bis in die Details zu erkennen – zeigt diese violette Farbe. Die umgebende Kruste sowie das Innere der Knochen, insbesondere die einzelnen Bälkchen, zeigen die braunrote Färbung. Es handelt sich offenbar um eine Imprägnierung, eine teilweise Ersetzung von Knochenmasse, die zur Hauptsache aus einem Karbonat besteht.

In Rissen findet man eine dunkel braunrote, glänzende Masse, bei der es sich – den Rostanflügen entsprechend – um ein Eisenhydroxyd handeln dürfte; wir bezeichnen es als *Limonit*. Darin sind einzelne sehr kleine Würfelchen von Pyrit (?) zu erkennen.

Bemerkenswert ist das Auftreten von *Malachit,* als sehr feine Anflüge mit büschelig-strahliger Struktur, in Rissen in der äußersten Zone der harten Knochensubstanz. Die Menge des Malachites ist sehr gering, aber wegen der auffälligen Farbe ist er nicht zu übersehen. Ob er aus einem Kupfersulfid entstanden ist, ist nicht zu entscheiden *.

Die Bildung des Vivianites, und wohl auch die des fraglichen Pyrites, dürfte in die Phase der Diagenese fallen, während die anderen Mineralien epigenetischer Natur sind.

Die *Insektenmergel* im untersten Lias, als schwarzgraue schieferige Mergel vom liegenden wie hangenden Gestein deutlich abgesetzt, enthalten wenig Mineralien. Zu erwähnen sind:

Pyrit

Der *Pyrit* erscheint als Konkretion, meist kleine flache Scheiben von Frankengröße bis zu Körpern von etwa 5 cm Durchmesser und 2,5 cm Höhe, oder dann als Belag auf den spärlichen Fossilien. Soweit erkennbar, handelt es sich um Aggregate kleiner würfelförmiger XX-Individuen.

Calcit – (Pyrit), (Coelestin), (Baryt)

Dem Mergel sind vereinzelt dünne Calcit-Schichtchen eingelagert, die z.T. kleine Hohlräume aufweisen. Die frei gewachsenen Calcit-XX zeigen steil skalenoedrische Form, wobei die Spitze von einem tief angesetzten flachen Rhomboeder (e-Flächen) gebildet wird. Spärlich sind staubfeine Pyrit-XX aufgewachsen. In geringen Mengen kann zwischen den Calcit-XX ein weißes bis blaßrosa gefärbtes, faseriges, zu kleinen Büscheln verwachsenes Mineral beobachtet werden. Die Flammenprobe zeigt sowohl Strontium wie auch Barium an; möglicherweise handelt es sich um ein Nebeneinander-Vorkommen von Coelestin und Baryt bzw. um entsprechende Mischkristalle.

Die über den Insektenmergeln liegenden *Angulaten-/Arieten-Schichten* sind außerordentlich fossilreich. Das Gestein ist recht wechselhaft; vorhanden sind dunkelgraue dichte, spätige, z.T. oolithische Kalke, Kalkmergel, Mergelschlieren sowie Brocken eines hellgrauen kreidigen Kalkes/Dolomites (Phosphatknollen?). Diese Schichten sind gebankt bei wechselnder Mächtigkeit, aber stark geklüftet und in diesem Vorkommen, nahe an der Oberfläche liegend, erheblich angewittert. In den Hohlräumen der Fossilien, meist Nautilus, Ammo-

* Siehe auch *Holenweg, Stehlin, Graeser:* Kupferkies und Malachit im Schweizer Jura, Schweizer Strahler, Vol. 2, Nr. 9, Februar 1972.

niten, Muscheln, haben sich in reichem Maße und für unsere Verhältnisse in recht vielfältiger Zahl und Art Mineralien ausgeschieden. Die Gehäuse der großen Ammoniten sind häufig zerdrückt, was auch bei der Anlagerung der Mineralien zum Ausdruck kommt. Es ist dies ein Hinweis darauf, daß die Ausscheidung der Mineralien erst spätdiagenetisch, nach der Verfestigung des Gesteines eingesetzt haben kann.

Die Mineralgesellschaft kann gesamthaft dargestellt werden mit:

***Calcit* – Eisendolomit, (Zinkblende) – Pyrit – Goethit: Limonit, (brauner Glaskopf), [Nadeleisenerz] – [Gips] – Baryt, Coelestin – [Strontianit] – Quarz: (Bergkristall) – (Haematit)**

Eine schöne Beschreibung der Mineralparagenesen und Mineralabfolge gibt *Frei* (16); auch wenn sie einen Lias-Aufschluß am Frickberg betrifft, so ist sie zweifellos auch für die Gruhalden zutreffend. Frei unterscheidet detailliert nach Aufbau- und Zerfalls-(Verwitterungs-)paragenesen. Wir gliedern in der untenstehenden Tabelle indessen lediglich nach Mineralien, die in Aufbau- und Zerfallsphasen vorkommen, ohne auf die Zusammensetzung und den Ablauf der einzelnen Phasen eingehen zu können.

Mineral	Aufbauphasen	Zerfallsphasen
Calcit	×	×
Eisendolomit	×	
Zinkblende	×	
Pyrit	×	
Goethit:		
– Limonit		×
– brauner Glaskopf	×	×
– Nadeleisenerz		×
Gips		×
Baryt	×	
Coelestin	×	
Strontianit		×
Quarz	×	
Haematit	×	×

Calcit ist häufigstes Mineral, das in nahezu allen Stufen vorkommt; gleichsam die Grundlage, auf oder neben der alle anderen Mineralien gewachsen sind. Der Calcit ist farblos, in wenigen Fällen weiß, dies besonders dann, wenn Korrosionserscheinungen vorhanden sind. Braune oder rotbraune Färbungen sind zwar sehr häufig, meistens aber durch einen Belag von Limonit verursacht; daß der Calcit durchgefärbt wäre, ist sehr selten zu beobachten. Im näheren Bereiche der Kammerscheidewände der Ammonitengehäuse ist auch dunkelgrauer bis nahezu schwarzer Calcit festzustellen, vermutlich handelt es sich um organische Einfärbungen. Die XX sind 1 bis 3 mm groß. Von den Kristallformen über-

wiegen die skalenoedrischen Bildungen. Neben einfachen Formen sind auch mannigfaltige Verzerrungen, Zwillingsbildungen bis komplizierte Verwachsungen festzustellen. Oft ist die Spitze der Skalenoeder durch eine oder drei Flächen des Grundrhomboeders ± stark abgeflacht (r-Flächen); es kommen aber auch flache Rhomboeder vor (e-Flächen). Gelegentlich ist vom Skalenoeder nur ein Stumpf vorhanden, dominant ist das Rhomboeder. Als weitere Erscheinungsform des Calcites kommt das steile Rhomboeder mit f-Flächen vor. Diese Rhomboeder sind stets einfach; Zwillings- und Aggregatsbildungen treten nicht auf. Die Kantenlänge solcher XX beträgt bis zu 2 mm.

Die Kristallform, der Habitus, ist innerhalb einer Druse einheitlich, es kommt indessen häufig vor, daß er in den unmittelbar nebeneinanderliegenden Kammern eines Ammoniten wechselt. Erstbildungen des Calcites zeigen meist skalenoedrische Form, die Zweit- und Dritt-Bildungen dagegen rhomboedrischen Habitus. Interessant sind Überlagerungen der zwei Kristallformen: In Rhomboedern, mit z. T. gekrümmten Flächen, sind als Phantome braun gefärbte skalenoedrische XX zu erkennen.

Der *Eisendolomit* gehört zu den die Mineralgesellschaft im Aufschluß Gruhalden kennzeichnenden Mineralien. In der Regel ist er dem Calcit aufgewachsen und bildet in der charakteristischen XX-Form in den Höhlungen der Ammonitenkammern, aber auch von Muscheln, mehr oder weniger freistehende Aggregate; zum Teil sind diese Hohlräume aber auch völlig ausgefüllt, die Unterscheidung zu spätigem Calcit wird dann schwieriger. In einigen wenigen Handstücken ist der Eisendolomit, zusammen mit Baryt der Wand des Hohlraumes direkt aufgewachsen. Die Farbe des Eisendolomites ist sehr unterschiedlich, sie reicht von elfenbeinweiß- und hell-lila- an frischen XX über hell- bis goldgelb- an geringfügig angewitterten, und hellbraun- bis intensiv ockerfarbig an stark der Verwitterung ausgesetzten Stufen.

Zinkblende ist ein eher seltenes und nur in geringer Menge vorkommendes Mineral. Die Blende ist meist in den Eisendolomit eingewachsen. Es handelt sich um Aggregate z. T. recht großer Kristalle (bis 5 mm), wobei aber nur sehr selten freigewachsene Flächen sichtbar sind. Das Mineral ist im Bruch hochglänzend schwarz, an Splittern randlich gelbbraun durchscheinend.

Pyrit ist in den Angulaten-/Arieten-Schichten weitverbreitet. Er tritt als feinkristalline Aggregate oder diffus verteilt im Gestein auf; als würfelförmige bis oktaedrische XX ist er dem Calcit oder Eisendolomit aufgewachsen. Meist handelt es sich um staubfeine, höchstens 0,1 mm große Einzelkristalle oder kleine Verwachsungen. In Höhlungen von Fossilien haben sich krustige, kugelige oder würfelförmige Aggregate gebildet, die im Inneren derb oder strahlig ausgebildet sind; daß Pyrit die Kammerscheidewände bildet, ist haufig. Auf Außenflächen von Fossilien sitzen Pusteln des Eisensulfides.

Der Pyrit zersetzt sich unter dem Einfluß der Verwitterung zu verschiedenen Eisenhydroxyden. Gefunden wurden:

Limonit, in der Struktur erdig/pulvrig oder krustenartig, ersetzt den Eisendolomit und den Pyrit, an dieses Herkommen dadurch erinnernd, daß gelegentlich die alten Kristallformen noch erkennbar sind. Limonitbeläge auf verschiedenen Mineralien sind häufig; es handelt sich stets um junge Bildungen.

Brauner Glaskopf sitzt als dunkelbraune, oft fast schwarze Krusten, meist aber als kleine Kügelchen auf dem Calcit. Die Oberflächen sind entweder glatt und dann hochglänzend oder samtartig und matt im Glanz. Im Querschnitt zeigt sich die feine parallelstrahlige/nadelige Struktur.

Nadeleisenerz ist zu verschiedenen Malen, aber stets nur in geringfügigen Mengen gefunden worden. Die Kristalle sind von sehr bescheidener Größe; die Länge der Nadeln beträgt etwa 0,05 bis 0,2 mm. Dafür ist die Ausbildung des Nadeleisenerzes außerordentlich schön: Die hellbraun bis rotbraun glänzenden Nadeln sind gebüschelt und sitzen ungeregelt, oft aber streng auf eine Reihe ausgerichtet auf dem Calcit, nie auf einem anderen Mineral. Die Büschel des Nadeleisenerzes sind fast ausschließlich den Kanten der Calcit-Skalenoeder aufgewachsen, in einem solchen Winkel, daß die Nadelbüschel horizontal abstehen. Unter dem Binokular betrachtet ergibt sich ein ganz besonderes Bild!

Daß der braune Glaskopf und das Nadeleisenerz so spärlich gefunden werden, mag damit zusammenhängen, daß beide eher Bildungen der Zerfallsphasen sind; sie entstehen unter dem Einfluß von Verwitterungsfaktoren, werden deswegen aber auch leicht wieder zerstört und zu Limonit umgebildet.

Gips kann ebenfalls als ein Endglied der Pyrit-Zersetzung gelten. Bei Zutritt von sauerstoffhaltigem Wasser wandelt sich das Eisensulfid um: der Eisenanteil geht über in die vorstehend beschriebenen Eisenhydroxyd-Mineralien, der Schwefelanteil wird oxydiert zu SO_4. Aus der Reaktion mit dem stets vorhandenen Kalziumkarbonat, dem Calcit, entsteht das $CaSO_4$, der Gips, der in Hohlräumen zu kristallisieren vermag und – vor weiterer Verwitterung/Zersetzung geschützt – dort erhalten bleibt. Auf die Wirkung der Schwefelsäure verweisen auch die oft ausgedehnten Bleichungszonen im Gestein und z. T. die Korrosion des Calcites. Der Gips ist farblos oder leicht rosa gefärbt. Einzel-XX sind nicht zu beobachten, es bilden sich stets Aggregate, wobei das Mineral durch die geringe Härte und die besondere Spaltbarkeit zu erkennen ist.

Beim Aufschlagen von Ammoniten oder Muscheln fällt häufig aus den Hohlräumen ein ziegelrotes «Pulver» heraus. Unter dem Binokular zeigt es sich als eine lose Masse langgestreckt dünntafeliger Blättchen; in unverwittertem Zustande sind strahlige Aggregate zu beobachten. Das Mineral ist *Baryt;* die Probe nach der Flammenfärbung bestätigt das eindeutig. Offenbar ist auch etwas Strontium vorhanden; ob es sich um eine Einlagerung in die Baryt-XX handelt (Mischkristalle), oder ob Coelestin vorhanden ist, muß offenbleiben, das letztere ist wahrscheinlich.

In den Ammonitenkammern sind auch reichlich weiße bis rosa gefärbte, langgestreckte, sehr dünne Blättchen sowie weiße dünntafelige Kristalle in parallel

bis strahligen Verwachsungen vorhanden: es handelt sich um *Coelestin.* Ein besonderes Vorkommen dieses Minerals konnte einige Male in Kammern der Ammonitenschalen beobachtet werden: Kristalle von säuligem oder tafeligem Habitus und flächenarmer Tracht. Zum Teil sind die XX sehr klein (um 0,5 mm), in Einzelfällen erreichen sie eine größte Ausdehnung bis zu 5 mm. Die Färbung ist ein ungleichmäßiges Rotbraun, oder dann sind die XX farblos. Dieser Coelestin ist dem Calcit und dem Eisendolomit aufgewachsen, wird seinerseits aber spärlich von Pyrit bedeckt. Die Kristallisation ist offensichtlich spät vor sich gegangen.

Baryt und Coelestin sind nicht nur in den Hohlräumen von Fossilien ausgeschieden worden, beide Mineralien kommen zusammen mit Calcit auch in feinen Rissen, die quer durch das Gestein und die Fossilien laufen, vor und sind Bildungen aus der Spätphase der Diagenese oder epigenetischer Art.

Das von *Holenweg* und *Stalder* (34) für den Jura erstmals eindeutig beschriebene Mineral *Strontianit* ($SrCO_3$) konnte im Aufschluß Gruhalden ebenfalls in den Kammer-Hohlräumen von Ammoniten bzw. im Hohlraum einer Muschel erneut gefunden werden. Strontianit tritt auf als nadelig-faseriges Mineral, wobei die einzelnen Nadeln, eine Länge bis zu 0,6 mm erreichend, frei liegen oder meist zu flachen oder halbkugeligen, radialstrahligen Aggregaten vereinigt sind. Die Färbung ist weiß bis leicht gelblich. Strontianit ist dem mit Haematit bzw. Limonit bestäubten Calcit und dem Eisendolomit aufgewachsen. Interessanterweise finden sich neben dem Strontianit, z. T. mit den Aggregaten verwachsen, kleine farblose XX einfacher Tracht (um 0,5 mm breit und lang, 0,15 mm dick); sie konnten als Coelestin bestimmt werden. Beide Sr-Mineralien – wohl selten nebeneinander vorkommend – sind eindeutig die letztausgeschiedenen Teile der Paragenese, wobei der Coelestin dem Strontianit etwas vorausgegangen sein dürfte.

Nur einmal ist Quarz, *Bergkristall,* gefunden worden; dies aber in zwei sehr schönen, wenn auch kleinen Stufen. In der Höhlung einer Ammonitenkammer sind dem skalenoedrischen Calcit, dem Eisendolomit und einer Modifikation des Goethits bis zu 5 mm große Bergkristalle aufgewachsen. Ausgebildet sind in der Regel nur die Spitzen, die Rhomboederflächen r und z, während die Prismenflächen m sehr wenig hoch sind und deshalb nur undeutlich beobachtet werden können. Der Bergkristall ist farblos, ohne Lupe betrachtet, könnte man die blaßlila Färbung als zum Kristall gehörig annehmen und auf Amethyst schließen. Es zeigt sich aber, daß der Bergkristall teilweise mit einer hauchfeinen Kruste von rotem Haematit überzogen ist.

Die Kristallisation des Quarzes ist unzweifelhaft eine späte Bildung, die erst nach der Goethit-Ausscheidung – ihrerseits eine Bildung der Zerfallsphase – eingetreten sein kann. Merkwürdig ist auch das seltene Vorkommen des Quarzes; auf einer Vielzahl von Fundstücken konnte er nur dieses eine Mal festgestellt werden.

Haematit erscheint als rote bis dunkelrotbraune Krusten auf Calcit und Eisendolomit sowie dem Quarz. Zufolge der intensiven Färbung ist dieses mittels der röntgenographischen Untersuchung nachgewiesene Mineral zwar recht auffällig, mengenmäßig aber belanglos.

Die von *Holenweg* (34) beschriebenen «schwarzen, radialfaserigen Kügelchen mit Durchmessern von 0,2 bis 1 mm», als dem Calcit aufsitzend und z.T. «in die äußersten Schichten der Calcitkriställchen eingewachsen», werden als Haematit angeführt. Wir haben sie in ebendiesen Angulaten-/Arieten-Schichten an der Gruhalden gefunden, in einem Falle waren die Aggregate vom Bergkristall überwachsen.

Zu verschiedenen Malen ist *Kohle* gefunden worden. Es handelt sich in allen Fällen um Schwemmholz, das hier versank und zufolge des im Sedimentationsraume herrschenden sauerstoffarmen Milieus im Inkohlungsprozeß zu Braunkohle wurde. Die einzelnen Fundstücke sind in der Regel klein, wenige Zentimeter groß. Einmal ist ein etwa 10 cm breites, auf wenige Millimeter flachgepreßtes, aber an die 70 cm langes Stammstück beobachtet worden. Da die Kohle häufig auf Schicht-/Kluft-Flächen liegt (und vielleicht z.T. dazu Anlaß gegeben hat), ist sie kräftig verwittert und von einer starken Limonit- oder Calcitkruste umgeben. Frisch, außerhalb des Einflusses der Verwitterung, läßt die Kohle die Holzstruktur noch gut erkennen. Sie ist stark pyritvererzt; die ± breiten Fugen zwischen den einzelnen Kohlebrocken sind mit Calcit, bei einigen Fundstücken auch mit Coelestin bzw. Baryt ausgefüllt.

Vergleicht man die an verschiedenen Fundorten in den Angulaten-/Arieten-Schichten zu beobachtende Mineralführung nach Artenzahl und Menge, so muß der Reichtum im Aufschluß Gruhalden auffallen. Ihm entsprechen der von *Frei* (16) beschriebene Fundort am Frickberg sowie einige Vorkommen im nahen Baselbiet (22, 33, 35, 37), während die Aufschlüsse Unter der Flue (Thalheim) und Müsenegg (Veltheim) deutlich ärmer sind. Gleiches gilt offensichtlich auch für die von *Hofmann* (30) beschriebenen Mineralvorkommen im untersten Lias des Kantons Schaffhausen. Die regionalen Differenzierungen in der Mineralführung innerhalb der Angulaten-/Arieten-Schichten haben wohl vorab primäre Ursachen, wie z.B. unterschiedliche Sedimentationsverhältnisse; außerdem spielt der Grad der Verwitterung der Gesteinsschichten eine Rolle.

3.2.6.3 *Märte* (Gipf-Oberfrick)

In der Märte, einem vom Wolberg gegen Gipf hinunter ziehenden Tälchen, betrieben die Dachziegelwerke Frick zeitweilig eine Grube im *Obtususton.*

Pyrit, Kohle – Limonit

Im Ton selbst sind außer wenigen *Pyrit*konkretionen und *Kohle*stücken mit zum Teil gut erhaltener Holzstruktur keine Mineralien zu finden. Der ehemals wohl reichlich vorhandene Pyrit ist in *Limonit* umgewandelt.

In den unmittelbar über dem Obtususton liegenden Kalkbänken der *Obliqua-Schichten* ist dagegen eine nach Arten recht vielfältige, nach der Menge dagegen spärliche Mineralgesellschaft zu beobachten:

Calcit – Coelestin, Baryt, [Zinkblende], (Eisendolomit), Pyrit – Goethit: (brauner Glaskopf)

In den Hohlräumen der inneren Windungen eines Ammoniten ist den Wandungen zunächst ein dicht geschlossener *Calcit*rasen aufgewachsen. Der Calcit ist hellbraun und zeigt skalenoedrische Kristallformen. Auf dem Calcit sitzen dünntafelige, weiße bis farblose *Coelestin*-XX sowie braun angewitterte, im Innern hellgelbe *Eisendolomit*-Aggregate. Calcit und vor allem der Coelestin sind stark korrodiert.

In der Höhlung einer Gryphaea liegt über Calcit ein weißes Pulver, wie sich zeigt, Coelestin, vor allem aber *Baryt*. Vereinzelt sind Spuren von strahligen Kristallverwachsungen zu sehen. Einmal ist ein 0,8 mm großer, stark glänzender, tiefschwarzer Flitter *Zinkblende* gefunden worden.

Im Kalk, besonders in mergeligem Kalk, ist z. T. reichlich *Pyrit* eingestreut. Es handelt sich um kleine würfelige Einzel-XX oder aber um Aggregate, die indessen nicht mehr als einige Millimeter Durchmesser erreichen. In kleinen Klüften hat sich über dem ersten Calcitrasen in skalenoedrischer Ausbildung eine neue Generation Calcit in der rhomboedrischen Grundform abgesetzt, während Pyritaggregate von einer bis 0,7 mm dicken Kruste *braunen Glaskopfes* bedeckt sind. Dessen Farbe ist dunkel rotbraun mit stark glänzender Oberfläche. Die einzelnen XX sind deutlich radialstrahlig angeordnet.

Calcit – (Glaukonit), [Pyrit (?)]

Der in knauerartigen Platten auftretende, recht zähe, dichte Kalkstein führt stellenweise häufig Belemnitenrostren und Muscheln. Diese Fossilien bestehen aus spätigem, bei den Belemniten radialstrahlig angeordnetem, hell- bis dunkelbraunem *Calcit*. Auf feinen Rissen, vor allem aber im Innern der mit grobspätigem Calcit gefüllten Hohlräume von Muscheln liegen, tropfenförmig verteilt, körnige, hellgrün gefärbte Massen, einzelne der bis 0,5 mm größte Ausdehnung messenden Körner glänzen und sind von dunkelgrüner bis schwarzer Farbe. Das Mineral wurde als *Glaukonit* bestimmt. Mit ihm zusammen kommen sehr kleine *Pyrit*(?)konkretionen vor.

Das Gestein der Knauern ist dunkelgrau gefärbt, was auf einen hohen Gehalt an organischem Material schließen läßt. Dem entspricht die Anwesenheit von

Gagat – Calcit

Als Füllung im Kern der Belemnitenrostren tritt *Gagat* auf. Risse in den häufig zerdrückten Belemniten sind mit *Calcit* ausgeheilt. Es ist der Schluß erlaubt, das Gagat sei ein Rückstand von ehedem vorhandenem Erdöl (Bitumen).

3.2.6.4 *Cheeslete* (Frick)

In dieser großen Grube der Dachziegelwerke Frick werden die Schiefertone der *Opalinus-Schichten* (Aalenian) ausgebeutet. Das gegenwärtig zugängliche Profil am südlichen und westlichen Grubenrand umfaßt die obersten 10 m der hier bis 95 m mächtigen Opalinustone (23) und den Übergang zu den Murchisonae-Schichten. Es handelt sich um undeutlich gebankte, leicht geschieferte Tone, die der Verwitterung ausgesetzt bröckelig zerfallen und bereits nach kurzer Zeit jeden Zusammenhalt verlieren und ins Fließen geraten. Die Gesteinsfarbe, frisch grauschwarz, verwittert braungelb, deutet auf einen beträchtlichen Gehalt an diffus verteilten Eisenmineralien und organischen Stoffen hin. Obenhin betrachtet scheinen die Opalinustone sehr gleichförmig und mineralogisch völlig unergiebig, «uninteressant» zu sein; als einziges und zugleich häufigstes Mineral ist okular Glimmer in kleinen Blättchen zu erkennen. Erst eine Detailuntersuchung zeigt, daß das Tongestein

a) selten Aggregate von Pyrit-Kristallen,
b) selten Calcitlagen,
c) reichlich Pyritkonkretionen,
d) » feingeschichtete Kalkbänkchen und -linsen,
e) » Konkretionen von Mergelkalk, Septarien,
f) » Toneisenstein-Geoden,

führt. Diese Einlagerungen sind es, die die Opalinustone mineralogisch doch recht interessant machen (53).

a) Der in einzelnen Kristallen oder Aggregaten bis zu Haselnußgröße vorkommende

Pyrit

zeigt Würfel- und Oktaederformen. Verwachsungen und Verzerrungen sind häufig. Die Kantenlängen der Pyritwürfel betragen um 3 mm.

b) **Calcit – Pyrit**

Zwischen Mergelbänken im oberen Teile des Opalinustones liegen vereinzelt schichtartige Ausscheidungen von strahligem (versteckt skalenoedrischem) *Calcit*. Daneben treten kleine *Pyrit*-Aggregate auf. Diese Bildungen dürften syngenetisch sein.

c) Die Pyritkonkretionen sind recht vielgestaltig; es lassen sich etwa folgende Formen unterscheiden:

- Knollen oder flache Fladen, die allseits frei im Gestein liegen. Diese Gebilde erreichen Ausmaße von höchstens 4 × 8 × 2,5 cm.
- ebensolche Konkretionen, die aber mindestens seitlich mit dem umgebenden Gestein verwachsen sind.
- Konkretionen, die vollständig im Innern von Kalk oder Toneisenstein liegen.

Pyrit – (Melanterit) – Goethit: Limonit – [Gips] – Baryt

Der *Pyrit* ist in diesen Konkretionen in der Regel feinkristallin, die Kantenlängen der einzelnen XX betragen höchstens 0,2 mm. Zwei Erscheinungen sind bemerkenswert: Im Querschnitt zeigt der zum Gestein weisende Rand der Konkretion gröbere, undeutlich strahlige Ausbildung. Auf den freien Oberflächen sind neben völlig glatten oder nur leicht buckligen Bildungen häufig Fließ- oder Überguß-Strukturen zu beobachten. Solche können neben- oder auch mehrfach übereinander vorkommen, wobei recht bizarre Gebilde entstehen. Die Ränder solcher Übergüsse zeigen merkwürdige Kristallformen: undeutlich ausgebildete würfelige XX mit stark gekrümmten Kanten und Flächen.

Auf Kalkschichtchen, aber auch auf Pyritkonzentrationen sind häufig Wurmspuren zu sehen (Zopfplatten). Wenn diese Spuren, auf im eben abgelagerten, noch unverfestigten Schlamm lebende Organismen zurückzuführen, erhalten blieben, so verweist das darauf, daß sowohl Kalk wie das Eisensulfid in noch plastischem Zustande bereits vorhanden war und Gelegenheit bestand, z. B. bei kurzzeitig aussetzender Sedimentation oder bei raschem Übergang von der Gel- zur Kristallphase, fest zu werden.

In frischem Zustande ist der Pyrit messingfarben, angewittert sind alle Regenbogenfarben zu sehen. Auf Spalten oder Bruchflächen zeigt sich oft ein weißer pulvriger Anflug von *Melanterit* (= Eisenvitriol). Bei fortgeschrittener Verwitterung ersetzt erdiger, krustiger *Limonit* den Pyrit.

Eine stark angewitterte Pyritkonkretion führt auf Rissen im Innern *Gips,* z. T. als dünne Blättchen, z. T. als Fasergips.

In einem einzigen Falle ist im Innern einer kleinen Pyritknolle *Baryt* beobachtet worden. Es handelt sich um rein weiße, sehr kleine dünntafelige Kristalle, die undeutlich bündelig bis strahlig angeordnet sind.

d) Die *Pyrit*konkretionen im Innern von Kalkbänkchen oder Geoden zeigen feinkristalline Struktur; die Schichtung in diesem Kalk ist laminar und ist oft auch am Pyrit, der vom Kalk ± deutlich abgesetzt ist, zu beobachten. Soweit Pyrit im Innern von Toneisenstein-Geoden vorkommt, ist gelegentlich eine sehr feine Schichtung festzustellen, die der Toneisenstein selbst nicht zeigt.

Man darf annehmen, daß das Eisensulfid, der Pyrit, zunächst als Gel ausgeschieden wurde und früh-diagenetisch, innerhalb des noch nicht festen Gesteins, kristallisierte. Die Kristallisation scheint an sich rasch, aber stoßweise vor sich gegangen zu sein, deshalb die Übergußformen. Im Innern der Konkretion konnten sich keine großen und deutlichen XX bilden, während an der Oberfläche, gegen den noch weichen, nachgebenden Ton, größere XX-Individuen wuchsen. Was dabei Anlaß zu diesen Kristallisationsphasen gab, die Entwässerung des Gels oder eine Veränderung der chemischen-physikalischen Bedingungen insgesamt, läßt sich nicht sagen.

e) In der obersten Zone des Opalinustones befindet sich ein Lager brotlaib-

förmiger Konkretionen, Septarien, wobei die einzelnen Laibe bald frei liegen und dann allseits gerundet sind, bald schichtartig aneinanderstoßen, ähnlich einem Schild Wecken. Die größte Höhe der Konkretionen beträgt etwa 15 cm. Die Septarien bestehen aus einem hellgrauen, zähen, etwas tonigem Kalk, der gelegentlich eine undeutliche, feine Schichtung konform derjenigen der umgebenden Tone, erkennen läßt; diese Schichtung läßt sich dann auch an der Außenseite feststellen. Das Innere der Knauer ist von einem Kluftsystem durchsetzt. Zweifellos handelt es sich um Schwundrisse, die um so größer und ausgedehnter sind, je größer der Knauer bzw. je tonreicher dessen Gestein ist. Diese Risse durchsetzen die Schichtung der Septarien. Bei einzelnen Konkretionen ist zu erkennen, daß sie offenbar in einem Zustand beginnender Verfestigung zerdrückt und auch gewälzt worden sind; ihre frühere Form haben sie nicht wieder erhalten, das Netz der Schwundrisse läßt die anormale Entwicklung der Septarien deutlich erkennen. Es ist bemerkenswert, daß auch in solchen Fällen keiner der Risse bis an die Außenseite der Knauer durchsetzt.

Die Mineralgesellschaft umfaßt:

Calcit – Pyrit, (Eisendolomit), Coelestin – [Strontianit]

In allen Rissen ist *Calcit* vorhanden, der mit spätigen oder gut skalenoedrisch ausgebildeten XX die Wände bedeckt; er bleibt oft einziges Mineral. In einzelnen Stücken belegt *Pyrit* die äußersten Enden der Risse. Vermutlich erst in einer zweiten Phase ist Pyrit in kleinen staubfeinen, bis 0,4 mm großen, schön regelmäßig ausgebildeten XX auskristallisiert; gelegentlich haben sich auch Täfelchen oder Nadeln gebildet. Dieser Pyrit ist den Calcit-XX auf- oder etwa auch eingewachsen. Die zweite Pyrit-Kristallisation ist also unmittelbar vor und nach dem Abschluß der Calcitbildung vor sich gegangen, gleichzeitig mit der Ausscheidung von spärlichen Mengen *Eisendolomites*. Dieser erscheint als kleine, bis zu 0,5 cm große Verwachsungen dunkelgelber Einzel-XX, deren Aggregation nach einer sich drehenden Achse die charakteristischen gekrümmten Flächen erzeugt. Zusammen mit diesen beiden Mineralien ist auch der *Coelestin* auskristallisiert. Er hat sich in den größeren Rissen als hell rosarote, in einem Falle als milchweiße, faserig bis nadelige, parallel gebündelte bis radialstrahlige, sehr zierliche XX-Verwachsungen gebildet. Diese Fasern erreichen Längen bis etwa 5 mm. Unter dem Binokular zeigen sie sich als dünne, schmale, nach der a-Achse gestreckte Täfelchen; einfache Endflächen (m-Fläche?) sind häufig zu beobachten. In diesen Coelestin-Aggregaten sind ebenfalls kleine *Pyrit*würfelchen ausgeschieden worden; es ergibt sich Gleichzeitigkeit der Bildungen. Weit weniger häufig ist Coelestin in farbloser bis weißer, dünntafeliger Ausbildung. Die einzelnen XX-Individuen stehen, wo es die Weite des Hohlraumes zuläßt, rosettenartig angeordnet auf einer seitlichen Prismenfläche. Wo dünntafeliger mit faserigem Coelestin zusammen vorkommt, ist jener stets von diesem eingefaßt; der dünntafelige Coelestin ist mithin vor dem faserigen ausgeschieden worden. Die selten in größeren Rissen der Septarien als letztausgeschiedenes

Mineral beobachteten schneeweißen Pusteln und z. T. Beläge, zusammengewachsen aus sehr feinen, bis 0,5 mm langen Nadeln, erweisen sich als *Strontianit*. Die Schwundrisse in den Konkretionen, Septarien haben sich erst im Verlaufe der Diagenese geöffnet. Die vorstehend beschriebene Mineralparagenese ist vermutlich in den drei Phasen

1 Calcit und erste Generation Pyrit
2 Coelestin, Eisendolomit und zweite Generation Pyrit
3 Strontianit

entstanden, wobei die Mineralien der Phasen 1 und 2 als diagenetische, die Phase 3 als epigenetische Bildungen zu betrachten sind.

f) Die Toneisenstein-Geoden sind nach ihrer Erscheinung wie ihrem Mineralgehalt recht interessant. Es handelt sich um nuß- bis etwa 10 cm große, meist etwas abgeflachte, regelmäßig geformte Knollen. Die Farbe des Gesteins ist ein helles Graubraun mit einem ± intensiven Stich ins Rote. Die Ränder sind häufig ausgeprägt rotbraun oder dunkelgrau verfärbt. Es ist pelitische Struktur festzustellen; gelegentlich zeigt sich andeutungsweise eine feine Schichtung. Glimmerblättchen bis zu 0,8 mm Größe sind reichlich vorhanden. Innerhalb der dunkelgefärbten, einförmigen Schiefertone fallen diese Geoden nach Form und Farbe auf. Sie sind im ganzen gesehen selten, kommen aber schichtweise und örtlich gehäuft vor.

Pyrit – Calcit – (Zinkblende) – (Baryt)

Feinkristalliner *Pyrit,* aggregiert als flache Linse, in Schichten oder Tropfen im Innern der Geode liegend, war gelegentlich der Ausgangspunkt zur Bildung einer Konkretion. Auch hier mag der Pyrit zunächst als Gel ausgeschieden worden sein; auf oder um diese Masse herum, die bald einmal kristallisierte, hat sich der Toneisenstein abgesetzt. Die Trennung von Pyrit und Toneisenstein ist z. T. recht scharf, z. T. sind aber auch fließende Übergänge festzustellen. Bemerkenswert ist die intensive rotbraune Verfärbung des Toneisensteins an der Grenze zum Pyrit. Als Ausnahme bilden Trümmer eines unbestimmbaren Fossils den Kern einer Geode. Der Pyrit entstand gleichzeitig mit dem Gestein. Im Verlaufe der Diagenese hat sich in den Geoden der gleiche Vorgang abgespielt wie in den großen Knauern, den Septarien: Im Gefolge der Entwässerung und der damit einhergehenden Verdichtung des Gesteins entstanden im Innern der Geoden kleine Schwundrisse, die oft unabhängig voneinander sind, oft aber ein kleines Kluftsystem bilden. Merkwürdigerweise fehlen solche Schwundrisse vorab in den größeren Geoden, während sie in den bis etwa 4 cm großen kaum je fehlen.

In diesen Rissen haben sich als diagenetische Bildungen verschiedene Mineralien abgeschieden. *Calcit* kommt in spätiger Ausbildung vor; frei gewachsene XX sind keine beobachtet worden. Auch mengenmäßig steht er hinter den anderen Mineralien zurück.

Ein verhältnismäßig häufiges, wenn auch stets spärlich auftretendes Mineral ist die *Zinkblende*. Sie erscheint in der bekannten tiefbraunen bis nahezu schwarzen Farbe als Aggregate, die die Kristallformen nur undeutlich erkennen lassen; nur gelegentlich können schöne, wenn auch kleine Tetraeder beobachtet werden. Die Bruchflächen sind hochglänzend. Zinkblende-Verwachsungen liegen entweder für sich im Toneisenstein oder meistens als randliche Füllungen in Schwundrissen, oft bis in deren äußerste Enden hinaus. Zinkblende scheint später als der Pyrit, aber früher als der Baryt ausgeschieden worden zu sein.

Baryt ist das auffälligste und auch mengenmäßig wichtigste Mineral in diesen Geoden. Das Bariumsulfat ist entweder farblos oder von reinweißer Farbe und dann undurchsichtig. Offenbar handelt es sich um sehr kleine dünntafelige XX, die undeutlich strahlig angeordnet sind. Baryt füllt ausschließlich Schwundrisse, er ist das spätest ausgeschiedene Mineral.

Als ein einzelnes Fundstück ist in einer größeren Mergelkalkkonkretion *Kohle* gefunden worden; deren Farbe ist braunschwarz. Die Kohlenmasse ist entsprechend dem Faserverlauf in kleine Brocken zerfallen, die mit einem weißen Mineral (Calcit?) zementiert sind. Die ursprüngliche Holzstruktur ist stellenweise aber noch gut zu erkennen. Sehr feiner Pyrit ist reichlich vorhanden; an einer Stelle starker Konzentration desselben zeigt das Handstück eine gelbe Ausblühung (Schwefel?).

Unmittelbar über dem Opalinuston, in der Grenzzone zu den *Murchisonae-Schichten,* oder diesen bereits zugehörig, liegt eine wenig mächtige Kalkbank, die viele Fossilien einschließt, u. a. Bruchstücke großer Ammoniten. Im frischen Bruch zeigt dieses Gestein, ein zäher feinspätiger Kalk, blaugraue, angewittert ausgeprägt rotbraune Farbe. Die Fossilien sind in der Regel stark pyritifiziert. Die Mineralparagenese enthält:

Calcit – Pyrit – Zinkblende (?) – [Gips]

Die Hohlräume der inneren Windungen von Ammonitengehäusen sind mit einem bis 6 mm dicken Rasen von *Calcit*-XX bewachsen. Es handelt sich um hellbraun gefärbte, sehr steil skalenoedrische XX, die über den größten Teil der Länge zusammengewachsen sind. Einmal ist diesem Rasen ein Aggregat wasserklarer Calcit-XX aufgewachsen; es handelt sich möglicherweise um eine zweite Generation dieses Minerals.

Die Schalen- und Kammerscheidewände sind mit feinkristallinem *Pyrit* belegt oder haben das ursprünglich vorhandene Material völlig ersetzt. Auch das Gestein im Innern der Schale, die stellenweise stark zerdrückt ist, kann als pyritvererzt bezeichnet werden. Auf den Calcit-XX der Hohlräume sind gelegentlich kleine, sehr schöne, als vollkommene Würfel, dünne langgestreckte Plättchen oder als eine Kombination beider Formen ausgebildete Pyrit-XX aufgewachsen. Als Besonderheit sei ein kleiner Ammonit (Dm = 1,5 cm) erwähnt, dessen

Schale und Kammerwände aus Pyrit bestehen, während die Kammern selbst mit Calcit gefüllt sind.

Im Innern eines Pyritaggregates konnte ein kleiner Flitter *Zinkblende* (?) beobachtet werden.

Als späte, vermutlich epigenetische, mit der Pyritverwitterung zusammenhängende Bildung ist im Hohlraum eines großen Ammoniten *Gips* festgestellt worden. Es handelt sich um ein Aggregat kleiner weißer bis durchsichtiger Kristalle, das dem Calcit aufgewachsen ist.

3.2.6.5 *Egg* (Ueken)

In den *Varians-Schichten* der Egg, östlich ob Ueken, ist in stark zerbrochenem und angewittertem Schutt ein Teilstück eines großen Ammoniten gefunden worden. Das umhüllende Gestein ist eisenschüssig und von oolithischer Textur, die Masse des Fossils dagegen ist dichter, etwas toniger Kalkstein. Die inneren Kammern sind bis auf kleine Reste gefüllt mit

Calcit – Eisendolomit – Goethit: Limonit

Weißer *Calcit* bildet die Kammerscheidewände und einen diesen anliegenden Belag. In den kleinen verbliebenen Hohlräumen ist er farblos oder leicht braun gefärbt; vermutlich handelt es sich um eine zweite Ausscheidung.

Das Besondere an der kleinen Mineralgesellschaft ist das reichliche Vorkommen von *Eisendolomit*. Die Kammern des Ammoniten sind nahezu vollständig mit diesem Mineral aufgefüllt. Zu wesentlichen Teilen ist der Eisendolomit aber stark verwittert und von brauner Farbe. Die Kristallform ist nicht mehr oder doch nur andeutungsweise erkennbar; der Eisendolomit ist zu erdigem *Limonit* umgewandelt. In den vor der Verwitterung besser geschützten Bereichen ist der Eisendolomit von gelbbrauner Färbung und zeigt dann noch deutlich erkennbare Kristallformen.

3.2.7 *Mandach – Villigen*

3.2.7.1 *Geologische Situation* (nach 47,3,4,28,68,11,24,26,25)

a) *Rotberg* Die Straße Villigen–Mandach/Hottwil quert in einem Einschnitt schief den ausgeprägten Grat der Egg, des Rotberges. Dabei wird ein Profil vom oberen Hauptrogenstein bis in die Effinger-Schichten aufgeschlossen. Die Schichten zeigen ein steiles Einfallen nach S (um etwa 45°). Rotberg – Egg – Röt bilden den angehobenen und etwas auf den Nordflügel überschobenen Südflügel der Mandacher Störung. Die Gesteine sind, da oberflächennahe, stark angewittert.

b) Der *Villiger Geißberg* ist ein «klassischer» Teil des aargauischen Tafeljuras. Der große Steinbruch der Zementfabrik Würenlingen-Siggenthal gibt einen

guten Einblick in den Bau des Plateaus. Es treten auf: Effinger-, Geißberg-, Cenularis- und Wangener-Schichten als Teile der mittleren und oberen Oxford-Stufe. Auf der Ebene des Geißberges liegt z. T. noch etwas Moräne (Riß- oder älter); es handelt sich also um eine relativ alte Oberfläche. Die Schichten zeigen ein leichtes Südfallen, das am Nordrand des Plateaus, wohl eine Auswirkung der Mandacher Störung, etwas ausgeprägter ist als weiter gegen Süden. Das Plateau senkt sich außerdem von WNW gegen ESE. Tektonische Bewegungen sind nicht festzustellen, die Gesteinsschichten sind indessen stark geklüftet.

3.2.7.2 *Rotberg* [Egg] (Villigen/Mandach)

Im Aufschluß am Rotberg fällt eine stark gelbbraun bis rot angewitterte Bank von 10 bis 20 cm Mächtigkeit auf. Es handelt sich um die Schicht 13 aus dem Profil 2 von *Gygi* (24), die Erzschicht des unteren Oxfordian. Das Gestein kann als etwas mergeliger, dichter Kalkstein, z. T. als feinkörniger Oolith bezeichnet werden. Die Färbung ist intensiv und stark wechselnd; sie geht von leicht grünlichem Grau über Gelb und Braun bis zu dunklem Braunviolett und Grauschwarz. Die Farbänderungen sind meist fließend, oft aber deutlich abgesetzt, besonders vom Grau gegen das Braunviolett. Dem Farbreichtum entspricht die Mineralvielfalt. Es konnten bestimmt werden:

Calcit – Goethit: Limonit – (brauner Glaskopf) – Kaolinit

Die röntgenographische Untersuchung* erbrachte außerdem die folgenden Eisenmineralien:

- Magnetit Fe_3O_4
- Haematit αFe_2O_3
- Akaganéit $\beta FeOOH$ (sehr geringer Anteil)

Der *Calcit* ist spätig kristallisiert, von gelblichweißer bis rötlicher Farbe und tritt auf als Füllung von Hohlräumen. In einer kleinen Höhlung der Kruste von braunem Glaskopf sind kleine (0,5 mm) schwarzglänzende, einfache Rhomboeder zu erkennen. Es handelt sich wohl um Calcit einer zweiten Generation.

Von den unter dem Sammelnamen Goethit zusammengefaßten Eisenmineralien ist der erdige bis dichte *Limonit* das überwiegende. Der *braune Glaskopf* kommt vor in 3 bis 4 mm breiten Schwarten und Krusten. Diese sind im Bruche strahlig struiert und schwarzbraun gefärbt; die Oberfläche ist matt und von tiefschwarzer Farbe.

Als rein weißes erdiges Mineral hebt sich der *Kaolinit* sehr deutlich ab von den Eisenmineralien. Er tritt gehäuft auf in Hohlräumen im Gestein oder als hauchdünner Belag auf Haarrissen oder Fossilien.

Der Limonit dürfte eine syngenetische (Gel) bzw. diagenetische (Kristallisation) Bildung sein; alle anderen Mineralien sind epigenetisch.

* RB-Untersuchung BBC Nr. 72–412 (6. 10. 72).

3.2.7.3 *Beispe – Geißberg* (Villigen)

Der große Steinbruch bietet mineralogisch wenig Interessantes. Für die *Effinger-Schichten* lautet die Paragenese:

Calcit – Coelestin

In den weichen Mergeln findet sich zur Seltenheit ein Netzwerk kleiner Schichtchen oder unregelmäßiger Knollen aus *Coelestin* grüngrauer Farbe. Der Coelestin ist in Aggregaten von parallel liegenden, dünntafeligen XX ausgebildet, die z. T. mehrere Quadratzentimeter groß werden können. Er zerfällt leicht in kleine Stückchen, vorab nach der Basispinakoidfläche c-Fläche, (001). Daneben kommt strahliger, weißer Coelestin als Füllung von Wurmgängen vor. Dessen Ausscheidung erfolgte z. T. in einer kreisrunden schmalen Zone, z. T. als Restfüllung im Zentrum des Ganges.

Diese Coelestin-Bildungen sind zweifellos syngenetischer bzw. frühdiagenetischer Art.

In etwas härteren Mergelkalken sind gelegentlich kleine Klüfte zu beobachten, die mit *Calcit* meist völlig gefüllt sind. Dort, wo Hohlräume blieben, bildeten sich skalenoedrische Calcit-XX bis zu 5 mm Größe. Die Skalenoeder sind einfach gebaut; den Abschluß an der Spitze bildet ein kleines, aber deutliches flaches Rhomboeder (r-Flächen). In den Enden der Klüfte tritt – im Vergleich mit anderen Vorkommen der Effinger-Schichten sehr spärlich – farbloser, weißer bis leicht bläulicher Coelestin auf. Er wuchs offensichtlich von den Spaltenrändern her gegen den Hohlraum. Wo sich freie XX bilden konnten, zeigen sie säuligen Habitus. Diese Bildungen dürften spätdiagenetisch bis epigenetisch sein.

In den *Geißberg-Schichten* lautet die Paragenese:

***Calcit* – [Pyrit] – Goethit: Limonit**

In der Grenzzone zwischen Effingermergeln und Geißbergkalken enthalten die Mergelkalke oft große Ammonitengehäuse (Perisphinctes). In den z. T. offen gebliebenen Kammern haben sich schöne *Calcit*-Drusen gebildet. Die skalenoedrischen XX erreichen Längen bis gegen 1 cm; sie sind von einfacher Bauart und zeigen an der Spitze wiederum kleine, aber deutliche Rhomboederflächen.

In diesem Bereiche sind ungefähr senkrecht zur Schichtung verlaufende, 3 bis 4 cm breite Klüftungen vorhanden. Deren Wände sind reichlich mit Calcit belegt. Die größten Kristalle erreichen eine Länge bis zu 12 mm; sie sind durchwegs von skalenoedrischem Habitus bei flächenarmer Tracht.

Die Geißberg-Schichten, dichte Kalksteine, führen besonders in oder auf Fossilien, meist Ostreen, häufig etwas *Limonit,* der aus Pyrit hervorgegangen ist. Vom Pyrit selbst sind nur noch bescheidene Spuren geblieben.

Alle diese Mineralien sind – abgesehen vom Pyrit – epigenetische Bildungen.

3.2.8 *Böttstein*

3.2.8.1 *Geologische Situation* (nach 46,3,4,28,27,26)

Der Aufschluß Schmidberg, eine große Tongrube, liegt im wesentlichen im Opalinuston; der westliche und südliche Grubenrand zeigt auch die an den Opalinuston unmittelbar anschließenden, stratigraphisch höher liegenden Schichten des oberen Aalenian.

Unmittelbar nördlich der Tongrube verläuft die wenig weiter östlich, jenseits der Aare, ausklingende Mandacher Störung. Gegen Westen teilt sich die Störung in zwei Verwerfungen. Die Verwerfungsebene fällt am Schmidberg unter etwa 60° steil nach Süden ein. Die Schichten des Südflügels der Störung zeigen dementsprechend ebenfalls deutliches Südfallen, wobei parallel zum west-östlichen Verlauf der Störung auch ein Absinken der Schichten gegen Osten festzustellen ist.

Der Bereich Schmidberg ist stark rutschgefährdet. Wie weit dies neben der dem Opalinuston innewohnenden großen Rutschtendenz durch den Verlauf der Schichten bzw. der tektonischen Störung (und den Tonabbau) noch verschärft wird, bleibe dahingestellt.

3.2.8.2 *Schmidberg* (Böttstein)

In der Tongrube des Werkes Döttingen der Zürcher Ziegeleien sind die *Opalinus-Schichten* über einen großen Bereich der Schichtmächtigkeit aufgeschlossen. Das Gestein ist hier wie anderswo im frischen Aufschluß ein blau- bis schwarzgrauer Schieferton, der in der oft sehr tief greifenden Verwitterungszone seine Färbung ins Gelbgraue wechselt und jede okular erkennbare Textur verliert. In verschiedenen Zonen sind Septarien, Kalkbänke und -schichtchen sowie Tonstein-Geoden eingelagert. Die Mineralführung entspricht im großen ganzen dem Bekannten; indessen sind im einzelnen interessante Unterschiede festzustellen (53). Als Mineralgesellschaften lassen sich auseinanderhalten:

Pyrit

Der *Pyrit* tritt auf
- im Gestein sowie an der Oberfläche und im Innern von Septarien. Es handelt sich dabei um bis haselnußgroße XX-Gruppen mit enger Verwachsung der einzelnen Individuen. Die Würfelform dominiert, sie ist bei den kleinen XX die nahezu einzig vorkommende; spärlich zu beobachten ist das Oktaeder. Kombinationen zwischen diesen beiden Formen sind häufig. Wo die Verwitterung bzw. die Zersetzung des Pyrites eingesetzt hat, ist das umgebende Gestein stark ausgebleicht und von erdiger Struktur.
- als fladenförmige Konkretionen, wie sie etwa von der Grube Cheeslete, Frick, bekannt sind. Diese Pyritkonkretionen zeigen die charakteristischen Fließ-

oder Überguß-Strukturen; bei den an der Oberfläche erkennbaren XX-Individuen sind gekrümmte Flächen festzustellen. Bemerkenswert im Fundort Schmidberg ist das schichtartige Auftreten solcher Konkretionen: bei einer Dicke von 1 bis 1,5 cm decken sie zusammenhängend oft viele Quadratdezimeter, ja Quadratmeter. Am Bruch solcher Konkretionen kann meist dichte, oft strahlige Struktur erkannt werden. An der Oberfläche sind die XX beachtlich groß, sie zeigen Kantenlängen bis zu 4 mm.

Die Pyritbildung dürfte – über eine kolloidale Phase – syngenetisch erfolgt sein. Wenn in einem Falle auch an der Oberfläche der Konkretion nur klein- bis mikrokristalline Formen, im anderen Falle aber große und sehr deutliche, regelmäßige XX entstanden sind, mag das mit der Raschheit des Umschlagens von der Gel- zur Kristallphase zusammenhängen. Unter Umständen haben dort, wo zwischen Gestein und Pyritkonkretion noch Raum und die erleichterte Möglichkeit zu Stoffwanderung bestand, nachträglich in einer Frühphase der Diagenese Um- und Neubildungen von Pyritkristallen stattgefunden. Risse in den Konkretionen sind mit Calcit verheilt. Beim Abbau des Tones zerbrechen die Pyrittafeln in kleine, höchstens handgroße Stücke.

Calcit – Coelestin, (Pyrit) – (Eisendolomit)

Der Opalinuston führt in mindestens zwei Zonen Septarien. In einer oberen Zone im Dach der Opalinus-Schichten liegen bis kopfgroße Kalkkonkretionen, die sehr ähnlich ausgebildet sind wie die Septarien im Wasserflue-Gebiet; sie führen auch die gleiche Mineralgesellschaft. Den Wänden der Schwundrisse ist zunächst ein dichter Rasen skalenoedrischen *Calcites* aufgewachsen. Als nächstjüngeres Mineral ist faseriger, lachsrot gefärbter *Coelestin* ausgeschieden worden; diese Kristallform geht über in dünntafeligen, farblosen bis weißen Coelestin in strahliger Anordnung, z. T. sind sehr schöne Kristallformen zu beobachten. In anderen Septarien ist der Coelestin bläulichweiß und dann etwas dicktafeliger (bis 2 mm). Kleine würfelig ausgebildete *Pyrit*-XX, mit einer Kantenlänge von etwa 0,2 mm, sind dem Calcit und dem Coelestin auf- bzw. in den obersten Kristallschichten eingewachsen. Randständig in den Rissen ist zu verschiedenen Malen *Eisendolomit* gefunden worden, sei es mit Calcit, Coelestin oder Pyrit, sei es Calcit allein.

In einer wesentlich tieferliegenden Zone befindet sich ein zweites Lager von Septarien. Sie zeigen die Formen von kleinen runden Broten oder Wecken mit Ausmaßen von etwa 8 × 8 × 4 cm bis 20 × 20 × 10 cm. Die Außenseite ist entweder glatt – gelegentlich sind kleine Pyrit-Aggregate aufgewachsen – oder dann eigenartig gerunzelt. Das Gestein dieser Septarien kann als toniger dichter Kalk = Mergelkalk bezeichnet werden. Die kleinen Konkretionen mit glatter Oberfläche sind meistens kompakt, ohne Schwundrisse im Innern; die größeren Septarien zeigen dagegen auf der Oberfläche eine feine netzartige Zeichnung. Haarrisse gehen durch bis an die Außenseite, feine Verkrustungen zeichnen die

Risse nach, die davon eingeschlossenen Felder scheinen wie eingesunken zu sein. Die Schwundrisse im Innern der Septarien unterscheiden sich von jenen anderer Fundorte: Um einen kompakten Kern verläuft konzentrisch eine Schar Risse. Meistens sind sie völlig gefüllt und verwachsen. Radial davon ausgehende Risse sind selten. Diese Art Septarien zerfällt auf einen Hammerschlag sehr leicht in kleine Brocken.

Die Wände der klaffenden Schwundrisse sind mit einem dichten Belag skalenoedrischer, dunkelbraun gefärbter *Calcite* ausgekleidet; die XX sind bis 1 mm lang. An den Spitzen sind Flächen eines Rhomboeders zu erkennen. Die Enden größerer Kristalle, merkwürdigerweise sind es stets nur einzelne, sind farblos. Über Rissen ändert die Farbe des Calcites ins Hellbraune. Dem Calcit sind aufgewachsen:

- dünn- bis dicktafeliger, farbloser bis weißer sowie, stets für sich gewachsen, faseriger lachsroter, hier aber auch weißer *Coelestin*. Die faserige Form ist vermutlich erst nach der tafeligen entstanden.
- kleine, würfelige bis blättchen- oder stengelartige *Pyrite*. Diese sind meist nur sehr klein (bis 0,4 mm). Gelegentlich haben sich Kristallverwachsungen gebildet. In den seitlichen Rissen und randständig bildet der Pyrit außerdem sehr feinkristalline Beläge, wobei er die eine, der Calcit die andere Rißwand belegt.
- weißer *Eisendolomit* (Dolomit?) in schönen Aggregaten.

Die Bildung der Septarien ist zweifellos syn- bis frühdiagenetisch, während die Mineralausscheidungen als spätdiagenetisch, z. T. vielleicht noch epigenetisch zu bezeichnen sind.

Der Opalinuston führt vereinzelt Kalkbänke. Die auffälligste Bank liegt im unteren Drittel der Schicht. Es handelt sich um einen geschichteten, strichweise recht fossilreichen (Muscheltrümmer), unregelmäßig sedimentierten und stark geklüfteten Kalk, der eine Mächtigkeit bis zu 30 cm erreicht. Er führt schief- bis gleichlaufend zur Schichtung liegende Hohlräume, die wohl bei der Setzung und Verdichtung des Gesteines als «Zerrklüfte» entstanden sind. Die Kluftwände sind von einem dichten *Calcit*rasen überwachsen. Die klaren, sehr schön ausgebildeten Calcit-Skalenoeder erreichen eine Länge bis zu 4 mm. Als weitere, später ausgeschiedene Mineralien lassen sich weißer faseriger *Coelestin* sowie, diesem aufgewachsen, kleine *Pyrit*-Aggregate von Würfeln und Plättchen erkennen. In einer Druse ist der Coelestin dünntafelig ausgebildet. Weiß bis hellblau gefärbten, dünntafeligen und dicht fächerig oder strahlig aggregierten Coelestin findet man auch in Klüften, die senkrecht zur Schichtung verlaufen und wohl erst nach der Diagenese entstanden sind; diese Coelestin-Bildungen wären mithin epigenetisch. Eine ähnliche Erscheinung kann auch auf der Bruchfläche einer Septarie beobachtet werden: Coelestin ist deutlich von außen nach innen gewachsen. Andere Klüfte im Ton zeigen Aggregate von langgestreckt dünntafeligen, parallel angeordneten Coelestin-XX.

In gleicher Weise wie am Fundort Cheeslete/Frick (S. 91) sind auch hier an den Kalkbänken und einzelnen Pyritkonkretionen oft Zopfplatten zu beobachten.

(Gips)

Im Opalinuston werden vereinzelt Aggregate von *Gips*-XX gefunden; die größten Exemplare erreichen die Ausmaße 2 × 2 cm. Die Gebilde sind farblos, zeigen aber im Innern Toneinschlüsse.

(Pyrit) – (Zinkblende) – (Baryt) – [Coelestin?]

Unregelmäßig geformte Mergelkalk-Geoden treten am Schmidberg häufig auf, sie sind aber mineralogisch völlig unergiebig. Toneisenstein-Geoden dagegen, die in ihrem Innern etwas *Pyrit* und kleinste Gruppen von *Baryt* wie auch *Zinkblende* – außerdem oft auffällig viel Glimmer (Muskovit) – führen, sind eher selten. Die Größe der Barytaggregate beträgt bis 1 mm, jene der Zinkblende-XX nur etwa 0,3 mm. Nach der Flammenprobe beurteilt sind auch Spuren von Strontium (als *Coelestin*?) vorhanden.

Die Bildung des Pyrites, Barytes, der Zinkblende wie des fraglichen Coelestins ist syngenetisch bis frühdiagenetisch. Der Glimmer wurde mit dem Sedimentmaterial eingeschwemmt.

In einer Kalkbank ist ein Stück *Gagat-Kohle* gefunden worden (15 × 7 × 2 cm). Unter der Lupe ist keine Struktur zu beobachten. Die Kohle ist in viele kleine Brocken zerfallen, die später (dia- bis epigenetisch) mit Calcit (?) zementiert wurden. Die einzelnen Kohlestücklein sind glänzend schwarz.

Im Schutt aus dem Hangenden des Opalinustones, vermutlich *Murchisonae- bis Humphriesi-Schichten,* sind in wechselndem Gestein, es handelt sich um dichten, feinspätigen bis oolithischen Kalk, zwei Mineralgesellschaften angetroffen worden. Im Hohlraum einer Muschel:

Calcit – Eisendolomit – Goethit: [Limonit]

Stengeliger farbloser bis weißer *Calcit* belegt etwa 7 bis 8 mm dick die Wände. Der ursprünglich noch verbliebene Hohlraum wird durch spätigen, hellgelben *Eisendolomit* ausgefüllt. *Limonit* in dünnen Belägen deckt den Calcit.

In den Kammern von Ammonitenschalen:

Calcit – (Eisendolomit) – [Coelestin] – Goethit: [Limonit] – (Strontianit)

Skalenoedrischer *Calcit* bildet an den Wandungen einen feinen, dichten Rasen. Aufgewachsen ist in einzelnen Kammern stark zersetzter *Eisendolomit,* dem seinerseits in einem Falle etwas dünntafeliger, farbloser *Coelestin* folgt. *Limonit*

liegt in spärlichen Krusten auf dem Calcit. Bemerkenswert ist das verhältnismäßig reichliche Auftreten von *Strontianit,* der in kugeligen Pusteln (bis 5 mm Durchmesser) oder Belägen dem Calcit aufgewachsen ist. Die Aggregate sind aus dicht radialstrahlig angeordneten, feinen, weißen Nädelchen gebildet. Wie beim Eisendolomit beschränkt sich das Vorkommen nur auf einzelne Kammern. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Coelestin und Strontianit ist nicht ersichtlich.

Calcit, Eisendolomit wie auch der Coelestin sind diagenetischer Entstehung, während der Limonit und der Strontianit als späte epigenetische Bildungen betrachtet werden können.

3.3 *Zusammenfassung*

3.3.1 *Vorkommen der Mineralien nach Gestein und Menge*

Vorstehend besprochen wurden insgesamt 43 Fundorte/-punkte, die allerdings nach stratigraphischer Lage und in petrographischer Hinsicht sehr ungleich verteilt sind. Die Angabe des zahlenmäßigen Auftretens ist deshalb von beschränktem Wert. Es erscheinen:

Zinkblende 20 mal; stets nur in geringer bis sehr spärlicher Menge. Die Vorkommen beschränken sich auf Tone, Mergel und Mergelkalke sowie – als Ausnahme – auf Oolith. Bemerkenswert ist das gehäufte Auftreten in den Toneisenstein-Geoden (Opalinus-Schichten), das gemeinsame Auftreten mit Eisendolomit (Angulaten-/Arieten-Schichten) und mit Calcit im oberen Hauptrogenstein.

Pyrit 61 mal; als häufig bis sehr spärlich vorkommendes Mineral. Weit verbreitet mit Schwergewicht in Tonen, Mergeln und Mergelkalken. Offensichtlich bildeten sich verschiedene Mineralgenerationen.

Markasit (?) 4 mal. Zumal die okulare Bestimmung dieses Minerals schwierig ist, kann es nicht einwandfrei vom Pyrit abgetrennt werden. Es ist wahrscheinlich, daß Markasit verhältnismäßig häufig vorkommt, wobei der Pyrit aber stets überwiegen dürfte.

Haematit 4 mal. Vorkommen spärlich bis sehr spärlich und in der Regel zusammen mit größeren Mengen Limonit. Auch dieses Mineral dürfte als roter Eisenocker weiter verbreitet sein, als gemeinhin angenommen wird. Die weiteren Eisenmineralien Magnetit und Akaganéit (siehe S. 96) sind stets nur in Spuren vorhanden.

Quarz mit den drei Modifikationen
- *Bergkristall* 4 mal; tritt ebenfalls nur spärlich bis sehr spärlich auf. Vorkommen z. T. im Zusammenhang mit Chalzedon/Jaspis. Bemerkenswert ist das epigenetische Auftreten im unteren Lias (Gruhalden, Frick).

- *Chalzedon* 1 mal. Die Trennung zwischen Chalzedon und Jaspis ist nicht leicht vorzunehmen und bei okularer Beurteilung z. T. Ermessenssache. Häufiges Vorkommen im Trigonodusdolomit.
- *Jaspis* 3 mal. Ein sehr spärliches (einmalig beobachtetes) Vorkommen im oberen Hauptrogenstein; im Bohnerzton verhältnismäßig häufig.

Goethit mit den drei Modifikationen
- *Nadeleisenerz* 4 mal. Stets nur spärliches bis sehr spärliches Vorkommen zusammen mit Eisenmineralien, insbesondere braunem Glaskopf. Bemerkenswert ist das Auftreten freier Kristalle des Nadeleisenerzes in der Druse in einer Kalkkonkretion des Opalinustones (Groß-Wolf, Küttigen).
- *brauner Glaskopf* 7 mal. Vorkommen gering bis sehr spärlich und immer zusammen mit Limonit. Der braune Glaskopf ist die «dichte», feinkristalline Form des Nadeleisenerzes; die beiden Mineralien stehen einander sehr nahe.
- *Limonit* 29 mal. Vorkommen dominierend (Erzschichten) bis spärlich. Entstehung z. T. authigen, über das Gel, z. T. aus der Pyritzersetzung. Auftreten in sehr weitem Spektrum mit Schwergewicht in den Eisenerzschichten.

Calcit 61 mal. Als wichtigstes gesteinsbildendes Mineral tritt er auch als Kristall(aggregat) weitaus am verbreitetsten auf. Vorkommen dominierend bis häufig. Zwei hauptsächlichste XX-Formen: Skalenoeder und Grundrhomboeder, häufig in Kombinationen. Es bildeten sich mehrere Generationen; die späten Calcitausscheidungen geschahen in der Regel nach der rhomboedrischen Grundform.

Magnesit 1 mal; mit spärlichem Auftreten in Calcitdrusen des Trigonodusdolomites (Rumisholden, Oberhof). Magnesit ist leicht zu übersehen, zumal Verwechslungsgefahr mit rhomboedrischem Calcit besteht.

Eisendolomit 22 mal; ein verbreitetes, mengenmäßig aber stets nur gering bis sehr spärlich vorkommendes Mineral. Schwerpunkte des Vorkommens in den Opalinustonen (nur in Septarien) und in den Mergelkalken der Angulaten-/Arieten-Schichten (Gruhalden, Frick) sowie der Parkinsoni-Schichten.

Malachit 1 mal. Sehr spärliches Vorkommen, zusammen mit Vivianit, in den oberen Mergelschichten des Keupers (Gruhalden, Frick).

Strontianit 6 mal. Dieses in den Jura-Sedimenten seit langem vermutete, aber erst in den letzten Jahren sicher bestätigte Mineral tritt stets nur sehr spärlich auf. Er ist durchwegs letztausgeschiedenes Mineral in den Mergelkalken der Angulaten-/Arieten-Schichten (Gruhalden, Frick), in den Septarien des Opalinustones (Egg/Brunnenberg, Küttigen; Cheeslete, Frick) und den Murchisonae-Humphriesi-Schichten (Schmidberg, Böttstein) soweit auch Coelestin vorhanden ist. Bemerkenswert ist das Vorkommen mit Eisendolomit in der Erzschicht des unteren Oxfordian (Chalch, Holderbank).

Baryt 15 mal; in verhältnismäßig vielen Fundorten auftretend, ohne aber nach der Menge je größere Bedeutung zu erreichen (gering bis spärlich). Schwerpunkte

des Auftretens in einer Dolomitbank der oberen Mergelschichten des Keupers und in den Angulaten-/Arieten-Schichten der Gruhalden (Frick).

Coelestin 35mal. Nach Calcit und Pyrit das verbreitetste Mineral! Die Ausbildung der Kristalle ist sehr wandelbar. Ist deutlich an den Calcit gebunden (kaum ein Vorkommen ohne dieses Mineral). In einzelnen Fundorten dominierend (Septarien des Opalinustones, Egg/Brunnenberg, Asperchlus, Küttigen; Mergelkalk der Parkinsoni-Schichten, Chalch, Holderbank; Effinger-Schichten, Tal, Holderbank), sonst häufig bis sehr spärlich auftretend. Bildet offensichtlich verschiedene XX-Generationen.

Melanterit 1mal; kommt als Zersetzungsprodukt des Pyrites (und Markasites) zweifellos manchenorts vor, immer aber in kleinen Mengen. Das Mineral ist leicht löslich und deshalb nur unter besonderen Umständen zu beobachten. Das Hauptvorkommen liegt, entsprechend jenem des Pyrites, in den Tonen und Mergeln.

Gips 10mal. Als Gipsstein und Alabaster tritt dieses Mineral örtlich in sehr großen Mengen auf (Anhydritgruppe, Gipskeuper). Daneben kommt es – stets als Einzel-XX bzw. Aggregate von solchen – in Opalinustonen vor. Die Mengen sind hier klein (spärlich bis sehr spärlich). Als Besonderheit ist das Gipsvorkommen in den Effinger-Schichten, zusammen mit Calcit, Coelestin, Pyrit, zu erwähnen (Tal, Holderbank).

Vivianit 1mal. Vorkommen allein in Saurierknochen der oberen Mergelschichten des Keupers, dort als Imprägnation in beachtlicher Menge.

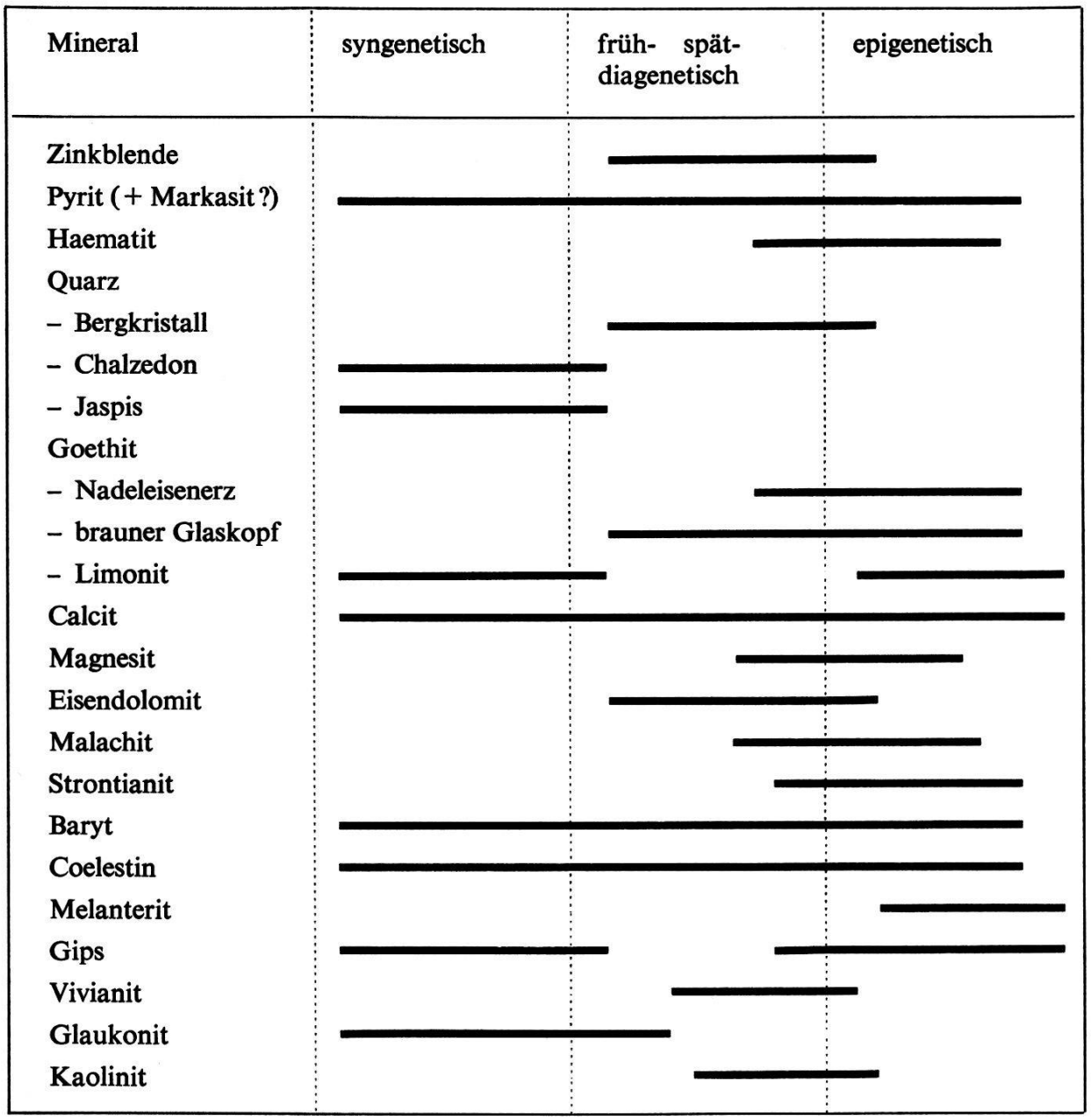
Glaukonit 4mal. Auftreten in geringen Mengen als Krusten und amorphe Massen in Mergelkalken der Obliqua-Schichten (Märte, Gipf-Oberfrick) und der Birmenstorfer-Schichten (Unteregg, Veltheim; Chalch, Holderbank).

Kaolinit 5mal. Das Tonmineral kommt unter verschiedenen Verhältnissen vor, stets aber nur in geringer bis sehr spärlicher Menge. Erwähnenswert sind die Vorkommen im Korallenkalk (Reichberg, Wittnau) und, recht regelmäßig, in der Erzschicht des unteren Oxfordian.

Kohle/Gagat 6mal. In kleiner Menge in verschiedenen stratigraphischen Stufen und an verschiedenen Fundorten. In der Regel handelt es sich um Schwemmholz. Bemerkenswert ist die meist starke Pyritvererzung. Beim Vorkommen Märte (Gipf-Oberfrick) ist das Gagat vermutlich aus Bitumen entstanden.

3.3.2 *Entstehung der Mineralien, gegliedert nach Bildungsphasen*

Die strikte Zuweisung der Mineralien nach den einzelnen Bildungsphasen ist oft schwierig, ja unmöglich; die nachstehende Darstellung kann nur Hinweise geben.



3.3.3 *Die Mineralparagenesen, gegliedert nach stratigraphischen Stufen/Zonen*

Die nachfolgende Aufstellung hält sich an die Publikation *Holenweg,* Mineralparagenesen im Schweizer Jura (37), unter Anpassung und Ergänzung an die Verhältnisse im Aargauer Jura, soweit er in dieser Arbeit erfaßt wird.

Trigonodusdolomit (oberer Muschelkalk)

Paragenesen	a) *Calcit,* Magnesit, Limonit;
	b) Chalzedon, Bergkristall; Calcit.
Vorkommen	a) kavernöser Dolomit;
	b) Silexlagen im Dolomit.
Fundorte	Rumisholden, Einolte (Oberhof); Bernhalden (Küttigen).

Gipskeuper (mittlerer Keuper)

Paragenese	*dichter Gipsstein, Alabaster,* Fasergips, Einzel-XX.
Vorkommen	Gipslager.
Fundort	Riepel (Küttigen); dazu viele andere Fundorte, die heute nicht oder nur ungenügend aufgeschlossen sind.

Obere (bunte) *Mergelschichten* (oberer Keuper)

Paragenesen	a) *Baryt,* Calcit;
	b) Calcit;
	c) *Vivianit,* Limonit, Pyrit (?), Malachit.
Vorkommen	a) Dolomit, in undeutlichen Schichtchen;
	b) Mergel, auf Klüften;
	c) Mergel, in Knochen, z. T. in benachbarten Klüftchen.
Fundort	Gruhalden (Frick).

Insektenmergel (unterster Lias)

Paragenesen	a) Pyrit;
	b) *Calcit,* Pyrit, Coelestin, Baryt.
Vorkommen	a) Mergel, als Konkretionen;
	b) Mergel, in dünnen Calcit-Schichtchen.
Fundort	Gruhalden (Frick).

Angulaten-/Arieten-Schichten (unterer Lias)

Paragenesen	a) Calcit, Pyrit, Zinkblende;
	b) *Calcit,* Eisendolomit, Pyrit, Limonit, Baryt, Coelestin, Zinkblende, Haematit, brauner Glaskopf, Nadeleisenerz, Strontianit, Bergkristall;
	c) *Kohle,* Pyrit, Limonit, Coelestin, Calcit.
Vorkommen	a) Kalk, im Innern eines Fossils;
	b) Mergel, Kalk, zumeist in Fossil-Hohlräumen;
	c) Kalk, häufig auf Schichtfugen.
Fundorte	a) Groß-Wolf (Küttigen) [Zufallsfund];
	b), c) Gruhalden (Frick).

Obtususton (unterer Lias)

Paragenesen	a) Pyrit;
	b) *Kohle,* Limonit.
Vorkommen	a) Mergel, als Konkretionen;
	b) Mergel.
Fundort	Märte (Gipf-Oberfrick).

Obliqua-Schichten (mittlerer Lias)

Paragenesen	a) *Calcit,* Coelestin, Eisendolomit, Pyrit, brauner Glaskopf, Zinkblende; b) *Calcit, Glaukonit,* Pyrit; c) *Gagat,* Calcit.
Vorkommen	a) Kalk, in Fossilhohlräumen, im Gestein (Pyrit); b) Kalk, innerhalb von Fossilien; c) Kalk, in Belemnitenrostren.
Fundort	Märte (Gipf-Oberfrick).

Opalinuston (unterer Dogger)

Paragenesen	a) Pyrit, Baryt, Calcit, Limonit, Zinkblende, oder in Teilparagenesen; b) *Calcit, Coelestin,* Pyrit, Limonit, Eisendolomit, Strontianit, oder in Teilparagenesen; c) Calcit, Kaolinit; d) *Pyrit,* Limonit, Baryt, Gips, Melanterit; e) Calcit, Pyrit, Baryt, Coelestin, Zinkblende; f) Baryt; g) *Pyrit, Calcit, Coelestin,* Baryt, Eisendolomit, Nadeleisenerz; h) Gips (Einzel-XX); i) *Calcit,* Pyrit; k) Kohle, Pyrit, Coelestin, Calcit, Limonit.
Vorkommen	a) Ton- und Toneisenstein-Geoden; b), c) Septarien; d) Konkretionen im Ton; e) Kalkbänke, auf Klüften, in Hohlräumen; f), i) schichtartig im Ton; g) Kalkkonkretionen, vorab in Hohlräumen; h) Ton; k) Mergelkalk.
Fundorte	a), b), d) Pilgerhöf (Oberhof), Egg/Brunnenberg, Bänkerchlus, Groß-Wolf, Asperchlus (Küttigen), Buessge (Thalheim), Tongrube Holderbank, Eriwis (Schinznach-Dorf), Cheeslete (Frick), Schmidberg (Böttstein); c), e), f) Bänkerchlus (Küttigen), Schmidberg (Böttstein); g) Groß-Wolf (Küttigen); h) Tongrube Holderbank, Schmidberg (Böttstein); i) Cheeslete (Frick); k) Cheeslete (Frick), Schmidberg (Böttstein).

Murchisonae-Schichten (unterer Dogger)

Paragenesen	a)	*Calcit, Pyrit,* Coelestin, Baryt, Eisendolomit, Limonit, brauner Glaskopf, Zinkblende, Bergkristall, oder in Teilparagenesen;
	b)	*Kohle,* Calcit, Coelestin, Limonit.
Vorkommen	a)	Kalk, auf Klüften, in Hohlräumen von Fossilien;
	b)	Kalk.
Fundorte	a)	Pilgerhöf (Oberhof), Egg/Brunnenberg (Küttigen), Cheeslete (Frick);
	b)	Egg/Brunnenberg (Küttigen).

Parkinsoni-Schichten (mittlerer Dogger)

Paragenesen	a)	*Calcit, Coelestin, Pyrit,* Baryt, Eisendolomit;
	b)	*Kohle,* Calcit, Pyrit.
Vorkommen	a)	sandig-mergeliger Kalk, Mergelkalk, auf Klüften, in Hohlräumen von Fossilien;
	b)	Mergelkalk.
Fundorte	a)	Durchgang Unteregg-Jakobsberg (Veltheim), Chalch (Holderbank), Tongrube Holderbank;
	b)	Durchgang Unteregg-Jakobsberg (Veltheim), Chalch (Holderbank).

Übergangszone Hauptrogenstein/Parkinsoni-Schichten (mittlerer Dogger)

Paragenese	*Pyrit,* Zinkblende, Calcit, Eisendolomit, oder in Teilparagenesen.
Vorkommen	Oolith, sandiger Mergel.
Fundort	Unteregg (Veltheim).

Maeandrina-Schichten (mittlerer Dogger)

Paragenese	*Kaolinit,* Limonit, Haematit, brauner Glaskopf.
Vorkommen	Korallenkalk.
Fundort	Reichberg (Wittnau).

Oberer Hauptrogenstein (mittlerer Dogger)

Paragenesen	a)	Pyrit;
	b)	*Calcit,* Zinkblende;
	c)	Calcit;
	d)	Jaspis;
	e)	Kohle, Calcit.
Vorkommen	a)	in Ooiden;
	b)	Rogenstein, in Gängen und Drusen;
	c)	Rogenstein, auf Klüften;
	d), e)	Rogenstein, im Gestein.

Fundorte	a) bis e) Oberegg (Auenstein/Veltheim); a), c) Unteregg (Veltheim).

Varians-Schichten (oberer Dogger)

Paragenese	*Calcit,* Pyrit, Limonit, Coelestin, Eisendolomit, oder in Teilparagenesen.
Vorkommen	mergeliger, spätiger Kalk, in Hohlräumen von Fossilien.
Fundorte	Oberegg (Auenstein/Veltheim), Chalch (Holderbank), Egg (Ueken).

Eisenerzschicht (im untersten Oxfordian, Malm)

Paragenese	Calcit, Limonit, brauner Glaskopf, Haematit, Eisendolomit, Coelestin, Nadeleisenerz, Kaolinit, Strontianit, Pyrit, oder in Teilparagenesen.
Vorkommen	als Gestein, zusammen mit oolithischem, dichtem Kalk, in Hohlräumen.
Fundorte	Durchgang Unteregg-Jakobsberg (Veltheim), Chalch (Holderbank), Rotberg [Egg] (Villigen/Mandach).

Birmenstorfer-Schichten (unterer Malm)

Paragenesen	a) Calcit; b) Glaukonit; c) Pyrit, Limonit; d) *Calcit,* Zinkblende, Pyrit, Limonit; e) Coelestin, Glaukonit, Pyrit, Calcit.
Vorkommen	a), b) mergeliger Kalk; a) bis e) Kalk;
Fundorte	a), b) Durchgang Unteregg-Jakobsberg (Veltheim); d), d) Bann (Densbüren); e) Chalch (Holderbank).

Effinger-Schichten (unterer Malm)

Paragenese	*Calcit, Coelestin,* Pyrit, Eisendolomit, Zinkblende, Gips, oder in Teilparagenesen.
Vorkommen	Mergel und Mergelkalk, auf Klüften und in Drusen.
Fundorte	Jakobsberg (Veltheim), Tal (Holderbank), Beispe-Geißberg (Villigen).

Geißberg-Schichten (unterer Malm)

Paragenese	*Calcit,* Limonit, Pyrit.
Vorkommen	Kalk, auf Klüften (Calcit), auf Fossilien.
Fundort	Beispe-Geißberg (Villigen).

Boluston (Eozän, unteres Tertiär). Die Jaspisknollen stammen wohl aus den Sequankalken.

Paragenese	Jaspis, Bergkristall, Limonit.
Vorkommen	Bohnerzton.
Fundort	Höllste (Thalheim).

4 Überlegungen zur Bildung der Sulfid- und Sulfat-Mineralien

Das Auftreten von Zinkblende, Pyrit, Markasit (?), Gips, Coelestin und Baryt – soweit es sich um syngenetische und frühdiagenetische Bildungen handelt – in Tonen, Mergeln sowie z. T. in Oolithen, berechtigt zur Vermutung, daß zwischen Mineralparagenese und den Umständen, unter denen die Sedimentierung/Bildung der Gesteine vor sich ging, ein direkter Zusammenhang besteht.

Manche Tone und Mergel, so etwa die Insektenmergel im untersten Lias, die Posidonienschiefer im oberen Lias, dünne Tonlagen im mittleren Hauptrogenstein, sind ausgesprochen dunkel gefärbt; auch angewittert zeigen sie noch dunkle Farbe. Solche Gesteine enthalten offensichtlich reichlich bituminöse Substanz. Andere Tone und Mergel wie auch Kalke sind frisch dunkelgraublau, angewittert dagegen hell gelbgrau. Neben bituminöser Substanz sind es hier vor allem fein verteiltes Schwefeleisen bzw. Eisenhydroxyde, die diese Färbungen verursachen. In solchen Gesteinen ist Pyrit als Kristallaggregate, Konkretionen, ja zuweilen in zwar dünnen, aber recht ausgedehnten Schichten vorhanden; pyritifizierte Fossilien sind häufig. Es gehört ins Bild, wenn in Geoden, Septarien und in Hohlräumen neben dem FeS außerdem Aggregate von ZnS, $Sr[SO_4]$, $Ba[SO_4]$ und in Tongestein auch $Ca[SO_4]$-Kristalle gefunden werden. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Gesteine in einem sauerstoffarmen bis -freien Milieu als Halbfaulschlämme (Gyttja), z. T. als Vollfaulschlämme (Sapropele) sedimentiert wurden. Das schließt mit ein, daß besondere Bakterien eine bedeutende Rolle spielten. «Die syngenetisch-sedimentäre Bildung sulfidischer Mineralien ... in marinen Gesteinen beruht in der Hauptsache auf der Lebenstätigkeit der Bakterien des Schwefelkreislaufes und verwandter Mikroorganismen» (61, S. 255). Ausschlaggebend ist dabei die Bildung bzw. der Abbau von Schwefelwasserstoff. Es ist ein Kreislauf des Schwefels festzustellen, der etwa wie folgt vor sich geht: In anaerobem sauerstofffreiem Milieu – z. B. stehendem Wasser, das außerhalb der Zirkulation liegt – im Vollfaulschlamm, reduzieren desulfurierende Bakterien anorganische Sulfate; Fäulnisbakterien zersetzen Eiweiß-Stoffe. Bei beiden Vorgängen wird Schwefelwasserstoff gebildet. Als Nebenprodukt des Reduktionsprozesses, z. T. auch aus dem Stoffwechsel von Nitrobakterien, entsteht außerdem Ammoniak, der die für den Ablauf der Reduktion notwendige alkalische Lösung erzeugt. In beschränkt aerobem Milieu, in dem sowohl von der Oberfläche, durch Wellengang oder