

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Geotechnische Serie · XIII. Lieferung, 6. Band

Die Eisen- und Manganerze der Schweiz

Herausgegeben von der

Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer
Erzlagerstätten und der Schweizerischen Geotechnischen Kommission,
Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Mineralien des Eisenbergwerks Herznach im Lichte morphogenetischer Untersuchungen

von

Adolf Frei

Kommissionsverlag

Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Bern
1952

Druck Leemann AG. Zürich

Die Eisen- und Manganerze der Schweiz

Herausgegeben von der

Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer
Erzlagertstätten und der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

- Band 1 *Bohnerze, Hämatit, Siderit und Manganerze*, von E. Baumberger, H. Schardt, A. Chaix, J. Oberholzer, H. Eugster, Arn. Heim, P. Arbenz, Ch. Tarnuzzer und der Studiengesellschaft. 1923.
- Band 2 *Etude pétrographique des Minerais de fer oolithiques du Dogger des Alpes suisses*, par L. Déverin. 1945.
- Band 3 *Die schweizerische Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung*, von H. Fehlmann, mit einem Beitrag von R. Durrer. 1932.
- Band 4 *Die Magnetitlagerstätten*, von E. Hugli, H. F. Huttenlocher, F. Gaßmann, H. Fehlmann. 1948.
- Band 5 *Stratigraphie und Paläontologie des oolithischen Eisenerzlagers von Herznach und seiner Umgebung*, von A. Jeannet. 1951.
- Band 6 *Die Mineralien des Eisenbergwerks Herznach im Lichte morphogenetischer Untersuchungen*, von A. Frei. 1952.

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

An der Sitzung der Schweizerischen Geotechnischen Kommission vom 16. Dezember 1950 lag die Dissertationsarbeit von Herrn A. Frei: „Die Mineralien des Eisenbergwerks Herznach im Lichte morphogenetischer Untersuchungen“ vor. Nach Vereinbarung mit der Studiengesellschaft stimmte die Kommission der Aufnahme in die Reihe: „Die Eisen- und Manganerze der Schweiz“ als Band 6 zu. Die Druckkosten wurden grossenteils durch den Autor übernommen. Die Schweizerische Geotechnische Kommission möchte Herrn Dr. Frei bestens danken, dass die Resultate seiner umfassenden mineralogischen Durchforschung der wichtigen Eisenerzlagerstätte von Herznach in die „Beiträge“ eingereiht werden konnte. Sie dankt auch der Studiengesellschaft vielmals für ihre finanzielle Unterstützung und ihre Mitwirkung an der Drucklegung.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, April 1952.

Für die Schweizerische Geotechnische
Kommission:

Der Präsident: Prof. Dr. F. DE QUERVAIN

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII
-------------------	-----

I. Teil. Beschreibung der Minerallagerstätte

A. Die geologischen Verhältnisse	1
1. Stratigraphie der Lagerstätte	2
a) Oberer Dogger	2
Die Macrocephalenschichten	2
Das oolithische Eisenerzlager	2
b) Unterer Malm.	4
2. Tektonik und Geomorphologie	7
a) Die Lagerung der Schichten.	7
b) Tektonische Störungen	7
B. Beschreibung der Mineralien und ihr Vorkommen	9
1. Allgemeines	9
2. Die Mineralien und ihr Vorkommen	10
3. Die Kluftminerale	11
a) Die Hauptparagenese: Calcit + Coelestin + Pyrit	11
Kluft 1.	12
Kluft 2.	25
Klüfte 3, 4 und 5	25
Kluft 6.	26
Kluft 7.	27
Kluft 8.	35
b) Die Nebenparagenese (Calcit) + Dolomit + Coelestin	36
4. Das Vorkommen der Mineralien in den Gesteinsschichten	36
a) Die Birmensdorfer Schichten	36
b) Die Cordatuskalke (Fundzone C, Figur 2)	38
Paragenese 1	39
Paragenese 2	40
Paragenese 3	43
Paragenese 3a	46
Paragenese 3b	46
Paragenese 4a und 4b	47
c) Die Lambertiknollen	49
d) Das obere, rotbraune Eisenerzlager	51
e) Die „Leitschicht“	53
f) Die Macrocephalenschichten	54
Zone B.	56
Zone A.	58

C. Das Herznacher Coelestinvorkommen	67
1. Statistische Morphologie	67
a) Die Coelestinkristalle der Klüfte	68
b) Die Coelestinkristalle der Fossilhohlräume	74
c) Zusammenfassung der Morphologie der Coelestinkristalle der Herznacher Mineral- lagerstätte	82
2. Optische Untersuchungen	88
3. Die Stellung des Herznacher Coelestins im morphologischen Bild des Gesamtscoelestins nach W. SCHILLY (77).	89

II. Teil. Das Kristallwachstum und die Bildungsumstände der Herznacher Lagerstätte

A. Einleitung	95
B. Das Kristallwachstum	96
1. Elementare Faktoren des Kristallwachstums.	96
2. Die variablen Außenbedingungen des Kristallwachstums	99
a) Der Bewegungszustand der Lösung	99
b) Die Gestaltung des Kristallisationsraumes	101
c) Die Konzentration bzw. Übersättigung	101
d) Die Zeit als Wachstumsfaktor	102
e) Die Temperatur	103
f) Die Lösungsgenossen.	104
g) Der Druck u. a.	108
3. Die Morphogenese des Coelestins	109
4. Zusammenfassung	113
C. Die Bildungsumstände der Herznacher Minerallagerstätte im Spiegel der Kristallausbildung	114
α) Mineralgeologische und geochemische Vorausbetrachtungen	114
1. Die Bildungsphase	114
2. Die Geochemie der Lagerstätte	116
a) Der Weg der Lösungen	116
b) Die Herkunft der Mineralsubstanzen	118
c) Die Art der Lösungen	121
d) Die Stauungslagerstätte	125
β) Entstehungsbedingungen und Kristallausbildung der Mineralien der Herznacher Mineral- lagerstätte	128
1. Einleitung	128
2. Die Kristallisationen der Klüfte	130
a) Das Kristallbild der „offenen“ Klüfte	131
b) Das Kristallbild der „Kluftdrusen“	135
c) Rückblick	137
3. Die Kristallbildungen der Fossilhohlräume	138
a) Das Kristallbild in den Fossilhohlräumen der Cordatuskalke	139
b) Die Kristallisation in den Drusen der Macrocephalen	142
4. Die Rolle der Lösungsgenossen	144
5. Morphogenetische Vergleiche	146
Zusammenfassung	153
Literaturverzeichnis	155

Tafeln I-IX

Vorwort

Wenn auch die Mineralfunde im Eisenbergwerk Herznach mengenmässig weit hinter der reichen paläontologischen Ausbeute zurückgeblieben sind, so bot doch die grosse Förderperiode der Jahre 1938—1945 eine einmalige Gelegenheit zur Beobachtung einer ausserordentlich interessanten Minerallagerstätte unseres schweizerischen Juragebirges. Von jeher der mineralogischen Wissenschaft verbunden, war für mich die frühe Erkenntnis des grossen wissenschaftlichen Wertes dieses epigenetischen Vorkommens besonders beglückend und zugleich verpflichtend, trotz angespannter beruflicher Verantwortung Beobachtungen und Funde in den Dienst der Forschung zu stellen. Mein besonderer Dank gilt daher meinem damaligen Chef, Herrn Dr. h. c. H. FEHLMANN, Delegierter des V.-R. der *Jura-Bergwerke AG. Frick*, in Bern, für seine Erlaubnis zur Veröffentlichung der Arbeit über die Mineralien des Bergwerkes Herznach. Unvergessen bleibt auch die verdankenswert kameradschaftliche Unterstützung dieser Zielstrebung durch meine Mitarbeiter im Bergwerk Herznach, vorab durch Herrn K. KNECHT, dem nachmaligen Betriebsleiter, durch die Steiger und Vorarbeiter, Handwerker und Mineure.

Von Anfang an hat Herr Professor Dr. P. NIGGLI, Vorsteher des mineralogischen Instituts der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, meiner Arbeit regstes und aufmunterndes Interesse entgegengebracht, und als nach meinem Übertritt in die *Gips-Union A.-G. Zürich* mein Vorgesetzter, Herr Direktor Dipl.-Ingenieur H. BLATTMANN durch die dankenswert grosszügige und freundliche Zusicherung seiner Unterstützung mich zu dem Entschluss veranlasste, die Arbeit als Dissertation auszubauen, war es wiederum Herr Professor P. NIGGLI, dem ich nicht nur durch sein unschätzbares Entgegenkommen die Verwirklichung dieses Entschlusses zu verdanken habe, sondern der auch anregte, die in Herznach gewonnenen Erkenntnisse in den Dienst der Forschung des natürlichen Kristallwachstums zu stellen. In Herrn Professor Dr. R. L. PARKER, Eidg. Techn. Hochschule Zürich, fand ich dann einen verständigen und immer bereiten Berater, der mir auch bei den notwendig gewordenen goniometrischen Nachprüfungen und optischen Untersuchungen im Institut tatkräftig zur Seite gestanden ist. Schon früher hatten mich Herr Professor Dr. M. REINHARD, Vorsteher des mineralogischen Instituts der Universität Basel, und sein Assistent, Herr Dr. O. GRUETTER, durch die Zurverfügungstellung eines einkreisigen Goniometers ihres besonderen Vertrauens würdig erwiesen. Dadurch war es mir möglich geworden, neben meiner beruflichen Arbeit die gefundenen Kristalle goniometrisch gründlich zu untersuchen. Ihnen verdanke ich ferner durch die freundliche Überlassung von Handstücken die Ermöglichung, die Coelestinkristalle von Nieder-Schönthal (Baselland) vergleichend zu beschreiben. Herrn Professor Dr. E. BRANDEN-

BERGER, Eidg. Techn. Hochschule, und meinem Freunde, Herrn Dr. chem. H. GROSS-GLAUSER in Bern, danke ich besonders für die Untersuchung der Rotfärbung der Herznacher Coelestine.

Ich habe mir alle Mühe gegeben, die Arbeit ohne merkliche Behinderung meiner stetig wachsenden beruflichen Aufgaben nur in meiner Freizeit auszuführen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass sie sich über Jahre hinweg spannte. Um so mehr ist es mir ein Bedürfnis, mit den besonderen Gefühlen der Ehrerbietung und des Dankes meiner Familie, vor allem aber meiner lieben Frau *Wilma* zu gedenken. Unermüdlich ist sie mir bei der Erfüllung der Aufgabe als verständiger und geduldiger Kamerad zur Seite gestanden. Wenn das Werk zustande gekommen ist, ist es nicht zum geringen Teil ihr Verdienst.

Frick, 2. April 1950.

Nachtrag

Es ist mir eine besondere Freude, der *Gips-Union A.-G.*, Zürich, vor allem deren Verwaltungsratsdelegierten, Herrn K. Auer-Brunner, Netstal, und Herrn Direktor H. Blattmann, dipl. ing., Zürich, für die Anerkennung meiner Arbeit und für den namhaften Beitrag an die großen Druckkosten von ganzem Herzen danken zu dürfen.

Auch der *Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der Schweizerischen Erzlagertätten* bin ich für ihre materielle Unterstützung zu großem Dank verpflichtet.

Frick, 26. April 1952.

I. Teil: Beschreibung der Minerallagerstätte

A. Die geologischen Verhältnisse

Im folgenden sei der Darstellung der geologischen Verhältnisse im Eisenbergwerk Herznach nur so weit Raum gewährt, als es für die Beschreibung der Minerallagerstätte notwendig erscheint. Eine genaue Darlegung der Geologie des Schweizer Juragebirges und des Fricktals in der Umgebung von Herznach erübrigt sich, weil die in Betracht kommenden Ablagerungen schon mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen waren (s. a. ALB. HEIM (2)). Herznach ist durch seinen Bergbau zu einer klassischen Fundstätte von ausgezeichnet erhaltenen Fossilien des mittleren und oberen Calloviens und des unteren Malms geworden, deren ungemein reiche Ausbeute von Herrn Professor Dr. ALPH. JEANNET an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich gesichtet und im Auftrage der *Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten* ausführlich beschrieben wird.

Das eigentliche gegenwärtige Bergbaurevier, der nördlich von Herznach gelegene, 532 m hohe „Hübstel“, bildet mit seinem Abhang gegen das Staffeleggtal den östlichen Rand des abbauwürdigen Lagers von oolithischem Brauneisen mit eisenschüssiger, toniger Grundmasse. In halber Höhe des Hanges tritt diese Erzschiebt zutage aus und bildet mit seinem harten Hangenden eine merklich steilere Geländekante. Hier beträgt die Erzmächtigkeit nur mehr etwa 1.70 m, während sie beim ca. 1 km westlich gelegenen Stolleneingang im Bärhaldentälchen auf ungefähr drei Meter ansteigt. Die östliche Abgrenzung des Erzlagers erleidet also nicht allein eine äusserlich durch die Talerosion bedingte Unterbrechung, sondern sie deutet auch gleichzeitig den auskeilenden Verlauf am Ostrand der ehemals sehr ausgedehnten Erzlinse an.

Durch die Erzgewinnung sind nicht nur die gesamte Erzschiebt, sondern auch das Liegende, insbesondere aber die nächstfolgenden Hangendschichten einer ständigen Beobachtung zugänglich gemacht worden. Infolgedessen konnte auch die Mineralführung sowohl in relativ beträchtlicher horizontaler Ausdehnung (rund 400 000 m²) als auch vertikal über verschiedene Horizonte hinweg studiert werden. Da die Überdeckung des abgebauten Lagers im Mittel ungefähr 35 m beträgt und maximal bis 60 m ansteigt, ist die Lagerstätte — von deren anstehenden Rändern abgesehen — von Witterungseinflüssen im allgemeinen nicht berührt worden.

Das eigentliche, abbauwürdige Eisenerzlager reicht in seinem Liegenden noch in die *Macrocephalen*-Zone und erstreckt sich bis zur Basis der Zone des Am. *Quenstedticeras Lamberti* im Hangenden, umfasst also z. T. das mittlere und das obere Callovien (oberster Dogger). Das Hangende ist bereits dem Oxfordien (unterster Malm) zuzurechnen. Die dem Abbau folgenden Einstürze aber haben die Schichten über die Cordatuskalke hinaus bis weit in die Birmensdorfer Schichten des Argovien erschlossen. Im ganzen konnte somit eine Gesteinsserie von über fünf Meter Mächtigkeit beobachtet werden.

Wenn auch das Lager als tektonisch wenig gestört bezeichnet werden kann, zeigten sich im Verlaufe der Ausbeutungsarbeiten doch zahlreiche Klüfte und Verwerfungen, die mineralogisch bedeutsame Erscheinungen aufweisen. Aber nur die „Hauptverwerfung“ im Ostteil des Bergwerkes vermochte mit ihrer 3,60 m betragenden Sprunghöhe den Erzabbau nachteilig zu beeinflussen. Diese grosse Verwerfung bildet den Westflügel eines gestaffelten Grabenbruches von 180 m Breite.

1. STRATIGRAPHIE DER LAGERSTÄTTE

a) Oberer Dogger

Mittleres und oberes Callovien

Macrocephalus-Schichten. A 1—5.

Die Abbausohle des Eisenbergwerkes Herznach bildet eine 23 cm mächtige, mergelig-sandige, schwach eisenoolithische Schicht von dunkelgrauer Farbe, die im Wasser relativ leicht zerfällt (A 2—3 des Profils). Nach unten geht sie in grauen, sehr harten spätigen Kalk (A 1) über. Besonders Schicht A 2 ist ausserordentlich fossilreich. Neben den Ammonitengattungen *Reineckeia*, *Hecticoceras* und *Perisphinctes* finden sich besonders häufig auch *Macrocephalen* in nicht selten bedeutender Grösse. Diese sind es, in deren Hohlräumen sich gebietsweise ausserordentlich schöne Coelestindrusen gebildet haben.

Das oolithische Eisenerzlager

Die mergelige *Macrocephalenzone* geht ziemlich unvermittelt in

das untere graubraune Erzlager, B,

über. In diesem recht feinoolithischen Brauneisensediment kann die mergelige Grundmasse in kleinen Schlieren stellenweise überwiegen, was einen etwas geringeren Eisengehalt bedingt, als dem Lagerdurchschnitt entspricht. Mitunter brechen in den untersten 13 cm (A 5) noch grössere *Macrocephalen* und *Nautiliden* mit, so dass mindestens dieser Teil noch zur *Macrocephalenzone* zu rechnen ist. Im übrigen ist aber diese, im Mittel etwa 1,45 m mächtige, „magere“ Erzbank sehr fossilarm und auch mineralogisch uninteressant. Nach oben wird sie durch die sogenannte

„Leitschicht“, B 7,

abgeschlossen, eine ca. 12—13 cm starke, sehr harte und nur schwach eisenoolithische Kalkbank, die gelblich-rotbraun-grau gefleckt ist. Sie zieht sich leicht erkennbar durch die ganze Lagerstätte und wird so zu einem Leithorizont für die Bergleute. Ihre Fossilführung weist sie in die Zone der *Reineckeia anceps*. In den manchmal voluminösen Steinkernen der sehr häufigen und schönen Ammoniten, vor allem der Gattung *Erymnoceras* (*Coronaten*) sind trotz des guten Erhaltungszustandes Kammerhohlräume mit Drusenmineralien äusserst selten.

Die darüber folgende, im Mittel ungefähr 1,20 m mächtige, mergelige und reich-oolithische, rotbraune

obere Erzbank der Zone des Peltoceras Atletha, C 1—3,

erweist sich schon äusserlich als das eisenreichste Lager. Während die untere Bank nur einen Eisengehalt von etwa 28% aufweist, ergibt diese obere Erzschiebt im Durchschnitt 33% Fe. Die dichtgescharten, in der limonitisch-mergeligen Grundmasse schwimmenden, ca. 1 mm grossen Brauneisenoolithen sind rotbraun und fettglänzend. Besonders in der oberen Hälfte treten z. T. riesige Ammoniten auf (ein Exemplar der Werksammlung misst 70 cm im Durchmesser), in denen zwar Kammerdrusen fehlen, Coelestin jedoch in vielen Fällen Versteinerungsmittel sein kann. Auch sonst ist dieses obere Erzlager mineralogisch bedeutsamer. Coelestin tritt, vor allem im südlichen Teil des Bergwerkes, nicht selten in Form von Einsprenglingen mit rhombischem Querschnitt oder in Form radialstrahliger Kristallgruppen („Coelestinsonnen“) in den oberen Partien des rotbraunen Erzes, in der Nähe von Klüften oft massenhaft auf. Andererseits zeigt der Querschnitt der manchmal ausserordentlich reichlich auftretenden Belemniten (meist die Gattung *Hiboeites*) feinradialstrahligen Calcit mit konzentrischen Farbringen in hellerer und dunklerer Tönung, deren Ursprung, wie der Geruch verrät, wohl organischer Natur ist.

Nach dem Hangenden zu schieben sich in die oberste Erzzone zwei bis drei mehr oder weniger ausgeprägte Bänke härteren, aber sehr eisenreicheren Kalkes ein, die sich als sehr gut tragend für den Erzabbau erwiesen und daher auch die Bezeichnung „Schuttschicht“ erhalten haben.

b) Unterer Malm

Das Oxfordien

Die Zone des Quenstedticeras Lamberti (D 1—2)

bildet eigentlich nur die nicht mehr abbauwürdige Fortsetzung des Brauneisenerzlagers. Der Übergang ist fast unmerklich, wenn man von der unmittelbar einsetzenden reichlichen Fossilführung, hauptsächlich der Ammonitengattungen *Quenstedticeras* und *Hecticoceras*, absieht. Dunkelbraune, noch ziemlich eisenoolithreiche Kalkknollen von grosser Härte und Sprödigkeit sind für diesen stratigraphischen Horizont charakteristisch. Die Windungen kleiner Ammonitensteinkerne bestehen sehr oft ganz aus Calcit oder Dolomit. Es fällt überhaupt auf, dass Dolomit in dieser Gesteinsschicht mengenmässig alle Mineralabscheidungen zu übertreffen scheint.

Über den Lambertitknollen folgt eine ca. 20 cm starke Schicht von dunklem, fast schwarzblauem Mergel, dem sogenannten „Blauen Mergel“, der noch ziemlich viel Eisenoolithe enthält. Seine Neigung, im Wasser rasch weich zu werden und zu zerfallen, verlangt bei Freilegung dieser Schicht zuverlässige bergmännische Vorsichtsmassnahmen. Dieser „Blaue Mergel“, der vermutlich der

Zone des Quenstedticeras Mariae, E 1—2,

entspricht, ist zwar reich an Fossilien mannigfaltigster Art, sie sind jedoch fast alle völlig zerdrückt. Wenn man von eingeschwemmtem Holz und seinen Verkohlungsprodukten (Gagat) absieht, fehlt jegliche Mineralführung. Das gleiche gilt für die darüber folgenden, äusserst harten und zähen, grauen und nur noch schwach oolithischen Kalkknollen (E 2). Sie sind so gut wie fossilleer.

Um so interessanter ist die nächsthöhere

Zone des Cardioceras Cordatum (Cordatuskalk), F 1—3,

nicht nur wegen ihrer ausserordentlich reichen und schönen Fauna, sondern auch wegen der relativ häufigen Funde mineralreicher Kammerdrusen in den Ammoniten, vor allem in

den dickeren Arten wie *Perisphincten* und *Aspidoceraten*. Die Cordatuszone weist eine deutliche Dreiteilung auf:

Die untere Partie der Cordatuskalke, F 1, etwa 4 cm mächtig, führt noch zwischen graugelben und gelbbraunen Kalkknollen Lagen von „Blauem Mergel“. Die reichlichen Fossilien sind meist stark zerdrückt und deformiert. Belemniten kommen in Massen vor. Auch hier ist wie im „Blauen Mergel“ (E 1) eine Mineralführung praktisch nicht festzustellen.

Der ungefähr 10 cm mächtige mittlere Cordatuskalk, F 2, ist teils mergelig, teils bildet er härtere Kalkknollen. Er ist die Fundzone der ausserordentlich schön erhaltenen Ammoniten, Schnecken und Muscheln. Mitunter reichern sich die Cephalopoden zu ausgesprochenen Breccien an. Der gelbbraune, wechselnd harte Kalkmergel ist nur noch schwach eisenoolithisch ausgebildet. In seltener Weise hat er den Charakter eines schlammigen Meeresbodens bewahrt. Im höheren nordöstlichen Teil des Bergwerks zeigt sich der Cordatuskalk merklich verkieselt, was wohl auf nachträgliche Infiltration von Kieselsäure zurückzuführen sein dürfte. Das Gestein wird spröde und löst sich nach feinen Haarrissen. Weiter gegen das Ausgehende hin tritt eine deutliche Ausbleichung infolge Auslaugung des Eisengehaltes auf, wie dies übrigens auch im Eisenerzlager deutlich beobachtet werden kann. Gleichzeitig nimmt der CaCO_3 -Gehalt zu.

MAX MÜHLBERG (4) hat darauf hingewiesen, dass die in Rede stehenden Ablagerungen bei Herznach eine weitergehende Sonderung nach Zonen aufweisen, als dies in anderen Juraregionen der Fall ist. Jedenfalls haben sich die Sedimentationsbedingungen in diesen geologischen Zeitabschnitten bei wiederholter Senkung und Hebung des Meeresbodens mehrfach und in relativ kurzen Intervallen geändert. Indessen sehen wir z. B. den weichen „Blauen Mergel“ in ungestörter Entwicklung zwischen typischen Knollenschichten abgelagert und auch der erwähnte Mergel der unteren Cordatenschicht (F 1) weist auf primäre Sedimentation hin.

Aber schon die mittlere Cordatuskalkbank (F 2) verrät bereits mehr oder minder deutlich eine Erosionstätigkeit im flachen küstennahen Meer. Es stellt sich die Frage, ob die ursprüngliche Mächtigkeit dieser Schicht nicht grösser gewesen sei. Ein Fund eines *Perisphincten*, der — aufgebrochen — mineralführende Luftkammern zeigt, weist durch verschiedene Sedimentationshorizontalen in der inneren und äusseren Windung unzweideutig darauf hin, dass während des Versteinerungsvorganges im Schosse des Meeresbodens die Lage der Schale verändert wurde (Fig. 15, Tafel III). Der Winkel beider Horizontalen beträgt ungefähr 26° , also immerhin eine beachtliche Differenz, die kaum auf den geologischen Vorgang einer Neigungsveränderung des Meeresbodens bei einer in dieser Zeit zu vermutenden Hebung zurückgeführt werden kann, da andere in der Nähe gefundene Ammoniten keine ähnlichen Erscheinungen zeigten. Es bleibt somit nur die andere Möglichkeit bestehen, dass die beschriebene Ammonitenschale, wenn nicht durch tierische Kräfte, durch die mechanische Beeinflussung von Meeresgrundwellen in ihrer Lage verändert wurde, wobei vorauszusetzen ist, dass der Schlammabsatz in der einen Kammer — vermutlich diejenige der äusseren Windung — vor der Störung bereits weitgehend erhärtet war.

Eine solche Annahme erscheint angesichts des Charakters der oberen Cordatusschicht, F 3, nicht abwegig, denn diese ist ein typischer Geröllhorizont, wie ihn MÜHLBERG in seiner oben erwähnten Arbeit beschreibt. Die Veränderung der Sedimentation tritt recht unvermittelt ein und hört in der untersten Zone der Birmensdorfer Schichten ebenso plötzlich wieder auf. Die Gerölle sind meist von einer braunen limonitisch-tonigen Haut überzogen. Häufig sind es Trümmer von Ammonitengehäusen, die mehr oder weniger stark abgerollt sind. Andererseits finden sich aber auch noch weitgehend intakte Stein-

kerne, vornehmlich solche der Gattung *Perisphinctes*, die in hartverkitteten Geröllpartien eingeschlossen sind und wohl auch darum verhältnismässig häufig wohlerhaltene, mineralführende Kammerhöhlräume aufweisen. Doch ist ihr Auftreten ganz auf die Basis des Geröllhorizontes beschränkt. Offenbar ist die Zerrollung hier noch nicht so langdauernd und gründlich erfolgt, wohl weil sich relativ rasch weiteres Sedimentmaterial darüber lagerte, wodurch eine vollständige Auffüllung der Luftkammern durch feinsten Schlamm verhindert wurde.

Neben diesen wohl dem Liegenden entstammenden Fossilresten gibt es unzweifelhaft auch solche Ammoniten, die dem Alter des Geröllhorizontes entsprechen. Neben *Perisphincten* und *Aspidoceraten* treten Exemplare der Gattung *Ochetoceras* auf, die bereits zur nächst höheren Schichtenfolge hinweisen. Die teils zerrollten, teils noch gut erhaltenen Reste sind ebenfalls limonitisch-tonig überkrustet.

Schon innerhalb des Geröllhorizontes, ungefähr in der Mitte seiner Mächtigkeit, macht sich durch eine auffallende Farbänderung ein Wechsel der Ablagerung bemerkbar. Das ursprünglich bräunlichgelbe Bindemittel der Gerölle, das durch diese Farbe seine Zugehörigkeit zum Cordatuskalk im Liegenden manifestiert, wird plötzlich grau bis graugrün wie der unmittelbar darüber folgende Mergel der Birmensdorfer Schichten. Diese obere, ca. 0,5 dm mächtige Hälfte der „Aufbereitungszone“ darf daher als das

Basalkonglomerat der Birmensdorfer Schichten, G 1,

bezeichnet werden, das somit den Übergang zum

Argovien

anzeigt.

Die Birmensdorfer Schichten, G 2—7,

sind im unteren Teil ausgesprochen mergelig und von grauer Farbe. Nichts deutet mehr auf einen besonderen Eisengehalt hin, wie dies noch in den Cordatuskalen angenommen werden durfte. Zum Teil riesige, flache Tellerschwämme und andere kieselige Spongienarten durchsetzen die Schicht. Die übrigen Fossilien (u. a. reichlich Ammoniten, Mollusken, seltener Echinodermen) sind stets stark flach zerdrückt und zerfallen sehr leicht.

Darüber folgt harter Kalk von grauer bis gelblicher Farbe. Der Kalk ist dickbankig und spröde. Bemerkenswert ist ein Pyritgehalt, der in sporadischem Auftreten von eingesprenkten, schön ausgebildeten und frischen Kristallen oder Kristallaggregaten zum Ausdruck kommt. *Perisphincten* weisen mitunter mineralführende Hohlräume auf. Calcitführende Adern scharen sich im Kalk in der Nähe von Klüften.

* * *

Soweit zeigt sich die Schichtenfolge im allgemeinen beim Einsturz des durch den Pfeilerbruchbau unterhöhlten Hangenden des Eisenerzlagers. Sie bleibt im Bereich des Bergbaugebietes ziemlich gleichartig. Das Schicksal dieser Juraschichten nach ihrer Ablagerung bestimmte in den folgenden geologischen Zeitabschnitten die Auffaltung des schweizerischen Juragebirges. Zwar liegt die Herznacher Lagerstätte im aargauischen Tafeljura, ungefähr 2 km nördlich des Randes des Faltenjuras. Doch hat auch hier die tektonische Einwirkung eine nicht zu übersehende Rolle zu spielen vermocht, eine überragende jedenfalls für die Lagerstätte sekundär gebildeter Mineralien, die im folgenden zu beschreiben sein wird.

2. TEKTONIK UND GEOMORPHOLOGIE

a) Die Lagerung der Schichten

Die Schichten im Bereich des Herznacher Bergbaues gehören dem grossen, weit nach Norden bis Frick sich ausdehnenden Kornbergplateau an, aus dem die Erhebung des Hübstel durch zwei west-östlich verlaufende Tälchen, im Norden durch das Weicheltal, im Süden — wo sich die Übertageanlagen und der Stolleneingang befinden — durch das Bärhaldental, im Verein mit dem am Ostrande von Süden nach Norden gerichteten breiteren Staffeleggtal, herausmodelliert worden ist. Die Schichten fallen im allgemeinen und im Mittel ungefähr 6° , d. s. 10% nach Südosten ein, so dass das Erzlager hoch am Nordhang wie auch am Ostrande des Hübstelberges zutage austritt. Im Westteil der Grube biegt die Richtung des Streichens bogenförmig mehr und mehr nach Süden ab, damit vermutlich eine offene Mulde bildend, deren Längsachse wohl im Bärhaldentalchen verläuft. Die Fortsetzung des Erzlagers gegen Süden über das Tälchen hinaus ist noch nicht bekannt (nach AMSLER hat hier eine Gletschererosion das Erz fortgeführt), doch bestätigte eine Schürfung auf der südlichen Talseite etwas oberhalb des heutigen Stolleneinganges die fortschreitende Änderung der Richtung des Generalstreichens.

Für die spätere Betrachtung der Mineralbildungen muss jedenfalls die Tatsache festgehalten werden, dass im Bärhaldentalchen eine alte Erosionsrinne vorhanden ist, nach der hin sich die Schichten der Erzlagerstätte muldenförmig neigen, und die den so gebildeten tiefsten Teil des Abbaufeldes abschneidet oder zum mindesten mehr oder weniger breit unterbricht (der Abbau ist nicht bis zu jenem erwarteten Einschnitt vorgedrungen). Diese gestaltende Wirkung von Tektonik und Erosion scheint m. E. einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung der interessanten Minerallagerstätte gehabt zu haben.

b) Tektonische Störungen

Können also schon die an sich einfachen Lagerungsverhältnisse der Schichten und die geomorphologische Entwicklung für die Deutung der Entstehungsbedingungen der Herznacher Mineralien nicht übersehen werden, so sind naturgemäss die Klüfte und Verwerfungen im Grubenrevier erst recht bedeutsam. Sie sind ziemlich zahlreich, aber ihre Grösse und Ausdehnung fällt nicht immer mit ihrer mineralogischen Wichtigkeit zusammen.

Die Störungen sind nur von lokaler Bedeutung und fügen sich in die allgemeinen Verhältnisse der Tektonik des Tafeljuras östlich des Thiersteinberges ohne Abweichung ein. Sehen wir von dem massenhaften Auftreten der feinsten Zerklüftungen, die von den Bergleuten „Schlechten“ genannt werden, ab, die kreuz und quer das Erzlager durchsetzen, so können wir in der Hauptsache zwei Störungssysteme unterscheiden, wovon allerdings die erste, die Nord-Süd-Richtung, gegenüber der zweiten, der mit dem Zuge des Faltenjuras parallel verlaufenden Ost-West-Richtung vollständig dominiert. Letztere ist überhaupt nur sehr undeutlich vorhanden und machte sich mit Ausnahme einer mineralführenden Kluft nur durch starke Wasserführung beim Erzabbau gelegentlich unliebsam bemerkbar.

Die Nord-Süd-Störungen, teils schmale Klüfte, teils ausgesprochene Verwerfungen mit nur relativ geringen Sprunghöhen, zerstückeln das Schichtenpaket des Erz-

lagers in mehr oder weniger breite Schollen. Sie verlaufen nicht immer in der allgemeinen Richtung, sondern weichen streckenweise seitlich ab, doch so, dass die generelle Richtung immer wieder resultiert. Ähnlich verhält es sich mit ihrem Einfallen. Durchschnittlich stehen sie senkrecht mit wechselnder schwacher Neigung westlicher und östlicher Tendenz. Gleicherweise variabel ist auch die Ausbildung der Spalten. Die Breite schwankt stetig von einigen Millimetern bis zu einigen Centimetern. Häufig verästeln sie sich in kleine Seitentrümer, aber ebenso oft bilden die Ränder scharfe Harnische. Selten lassen sich die Störungen durch das ganze Abbauggebiet verfolgen. Teils keilen sie bald wieder aus, teils verzweigen sie sich zu unterschiedlich entfernten, parallelen Scharungen.

Erst im Verlaufe der Abbauarbeiten wurde die bis dahin unbekannte, einzige, grössere Verwerfung angefahren, die eine Sprunghöhe von 3,60 m aufweist und den Bergbau empfindlich zu beeinflussen vermochte. Eine erste Durchfahrung in den jenseitigen Abbaufügel zeigte Fallen und Streichen der Schichten im grossen und ganzen analog dem übrigen Grubengebiet.

Diese grosse Verwerfung ist mehrfach angefahren worden und erwies sich darnach als sehr uneinheitlich. Während die Abweichungen von der allgemeinen Richtung des Kluftsystems kaum erwähnenswert erscheinen, wechselt der Charakter der Verwerfung als Staffelbruch sehr stark. Der nördliche Teil zeigt eine kaum merkliche Staffelung. Die maximale Sprunghöhe wird sofort oder wenigstens in sehr eng gescharten Staffellungslinien erreicht. Weiter nach Süden aber teilt sich die Verwerfung in zwei und drei deutlich divergierende Staffellungslinien, wobei die dazwischen liegenden Schollen z.T. recht zertrümmert erscheinen können. Scharfe Bruchlinien können von Partien abgelöst werden, die starke, flexurartige Schleppungen im abgesunkenen Flügel darstellen; klaffende Spalten — im südlichen und tiefer gelegenen Teil von Mineralien, im Norden des Feldes von Lehm erfüllt — wechseln mit aufs engste anliegenden Harnischen ab. Infolge der Notwendigkeit, für die Wasserhaltung der Grubenanlage eine Entwässerungsstrecke im Streichen zu erstellen, wurde die Verwerfung in ihrem südlichen Teil nochmals durchfahren. Dabei stellte es sich heraus, dass die Verwerfung den Westrand eines etwa 180 m breiten Grabenbruches darstellt, dessen östliche Bruchlinie ebenfalls als mehrfacher Staffelbruch erscheint. Die Durchstossung des westlichen Grabenrandes hat eine ausserordentlich schöne Kluftmineralisation erschlossen, während der Ostrand, der nur wenige Meter unter der Erdoberfläche angefahren worden ist, nur eine unbedeutende Calcitführung aufweist. Die Mineralführung dieser westlichen Bruchlinie, die wir im folgenden stets als die „Hauptverwerfung“ bezeichnen wollen, gewinnt durch den Umstand an Bedeutung, dass die Fundstelle im Tiefsten der oben erwähnten Mulde diesseits des Grabenbruches liegt. In diesem Zusammenhang mag hier noch erwähnt werden, dass auch das Auftreten des Coelestins, sowohl in den Hohlräumen der Ammoniten der Macrocephalenzone wie auch im Erz, in diesem muldentiefen Gebiet des südlichen Bergwerkreviers seine grösste Intensität besitzt.

Durch Mineralführung ist nur eine Kluft des Störungssystems der Ost-West-Richtung erwähnenswert, die im westlichen Grubengebiet angetroffen wurde. Sie ist dadurch bemerkenswert, dass ihr Einfallen gegen Norden ausserordentlich flach, etwa 6° ist. Wie eine „Perlschnur“ durchziehen mineralerfüllte, linsenförmige Spalten das Erz. Diese Linie wird von einer calcitisch verheilten Kluft der N-S-Richtung gekreuzt. Da die sinngemässe Fortsetzung dieser flachen Kluft in benachbarten Strecken nicht bemerkt werden konnte, ist anzunehmen, dass diese aus der Regel fallende, aber durch ihren Coelestinreichtum erwähnenswerte Querkluft nur lokal ausgebildet ist und vielleicht eine kaum wahrnehmbare Überschiebung darstellt.

Viele Klüfte führen nach Regenfällen merkbar Wasser, andere bleiben völlig trocken. Die Durchflussdauer beträgt im Bereich der Überdeckung von 30—50 m etwa einen halben Tag. Durchlässe nahe der Erdoberfläche geben dabei Anlass zu Calcitneubildungen (Fig. 40, Tafel VIII).

B. Beschreibung der Mineralien und ihr Vorkommen

1. ALLGEMEINES

Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, das oolithische Brauneisenerz, dessen Vorkommen zum Bergbau geführt hat, als Mineral in die Betrachtung einzubeziehen. Die für die schweizerische Volkswirtschaft so wichtige Bedeutung der Fricktaler Doggererze ist bereits in einer eingehenden Publikation gewürdigt worden (s. Lit. 8—17). Unter den „Mineralien des Bergwerks Herznach“ seien deshalb nur diejenigen verstanden, die als dem Eisenerz fremde Bildungen beiberechnen oder im Liegenden und Hangenden auftreten können. Die Abtrennung des Eisenerzes rechtfertigt sich dadurch, dass die zu beschreibenden Mineralien weder gleichzeitig, also primär, wie das Erz entstanden sind, noch in minerogenetischer Beziehung zu ihm stehen. Sie sind vielmehr unter dem Einfluss nachträglicher tektonischer Lage- und Verbandsveränderungen der Schichten durch stoffliche Wanderung und Konzentration aus Lösungen ausgeschieden, die die Gesteinslagen durchzogen und durchtränkt haben.

Damit ist auch zugleich der Charakter dieser Mineralien umschrieben und ihrer Auswahl eine bestimmte Grenze gesetzt, die aber deshalb nicht von Bedeutung ist, weil neben diesen Mineralien keine nennenswert anderen auftreten, deren Entstehung neuen Ursachen zugeschrieben werden müsste. Das Brauneisenerz, das ja selbst das Endprodukt einer stofflichen Zersetzung darstellt, liefert keine erkennbaren sekundären Bildungen, sondern ist wie das anders geartete Liegende und Hangende mehr oder weniger starken Beeinflussungen der zirkulierenden Minerallösungen ausgesetzt gewesen. Eine besondere Aktivität etwa des Eisengehaltes gegenüber den mineralischen Neubildungen ist kaum erkennbar. Im Gegenteil kennzeichnen deutliche Verdrängungen gerade des Eisenerzes durch Sekundärmineralien sein ausgesprochen passives Verhalten bei der nachträglichen Mineralisation. Das Herznacher Mineralvorkommen zeigt deshalb auch keine lokale Besonderheiten, wie man sie wegen des Vorhandenseins einer relativ mächtigen Erzlagstätte hätte erwarten können. Es bestätigt im Gegenteil trotz des Eisenerzes durchaus die allgemeine sekundäre Mineralführung des schweizerischen Juragebirges und die Herznacher Mineralvergesellschaftung umfasst auch fast alle im Schweizer Juragebirge bekannt gewordenen Mineralien, die O. GRUETTER im Werk „Die Mineralien der Schweizer Alpen“ (33) aufzählt.

Die gegenüber unseren Alpen stark kontrastierende grosse Armut an Mineralarten im Schweizer Jura spiegelt sich deutlich in der spärlichen Literatur. Es ist das grosse Verdienst von O. GRUETTER, im oben erwähnten Werk die weit verstreuten kurzen Mitteilungen, Anmerkungen und Hinweise zumeist geologischer Arbeiten über Jura-mineralien zusammengetragen zu haben. Die wenigen eingehenderen Beschreibungen von Funden beschränken sich vornehmlich auf die Eigentümlichkeit des Vorkommens. Die nach den gebotenen Möglichkeiten ausführliche Darstellung der Mineralien des Schweizer Juras, die O. GRUETTER im erwähnten Werk gibt, ist deshalb eine wertvolle

Grundlage für den Vergleich der neuen Herznacher Fundstätte mit den bisher bekannten Vorkommen. Schon ein flüchtiger Überblick aber lässt erkennen, dass die Herznacher Mineralfunde in ihrer Mannigfaltigkeit und Schönheit der Kristalle nur von wenig anderen, bis heute bekannten Juravorkommen erreicht werden dürften. Es hängt dies zunächst mit dem Umstand zusammen, dass die Natur des Bergbaues ein sehr weiträumiges und den Verwitterungseinflüssen im allgemeinen entzogenes kleines Areal des Jura gebirges zugänglich machte und damit die denkbar günstigsten Bedingungen für Mineralfunde schaffen konnte. Aber auch die Umstände, die zur Bildung von sekundären Mineralien und deren kristallographischen Gestaltung geführt haben, sind jedenfalls im engeren Bereich des heute erschlossenen Herznacher Doggererzes besonders günstig gewesen. Es wird im folgenden zu zeigen sein, dass reichliche Funde selbst im Bergwerk lokal gehäuft auftreten. In den meisten Fällen war es auch hier nur der Zufall, der zu deren Entdeckung geführt hat.

2. DIE MINERALIEN UND IHR VORKOMMEN

In der vorläufigen Mitteilung des Verfassers über „Die Mineralien des Bergwerks Herznach“ (30) ist bereits darauf hingewiesen worden, dass von den 10 typischen Jura-mineralien, die O. GRUETTER (33) beschreibt¹⁾, deren 8 in der Herznacher Lagerstätte gefunden wurden. In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit fanden sich:

- | | | |
|--------------|------------|---------------|
| 1. Calcit | 4. Pyrit | 7. Gips |
| 2. Coelestin | 5. Goethit | 8. Sphalerit. |
| 3. Dolomit | 6. Quarz | |

In Herznach konnten lediglich Strontianit und Fluorit in Einzelkristallen nicht festgestellt werden. GRUETTER bezweifelt das Auftreten von Strontianit im Schweizer Jura überhaupt. Von vornherein war anzunehmen, dass auch Fluorit hier nicht zu erwarten ist. Dieses Mineral ist bekanntlich nur aus dem korallenführenden „Oolithe subcompacte“ des unteren Haupttrogensteins südlich des Rheins zwischen Basel und Pratteln (Kt. Baselland) bekannt geworden, und es ist anzunehmen, dass zu dessen Bildung Bedingungen Voraussetzung waren, die in der Herznacher Lagerstätte niemals eintraten. Nur nebenbei sei das sporadische Auftreten von Galenit in einer Kalkknolle der Lambertischichten erwähnt. Das Mineral fand sich einmal als längliches Spaltstück eingesprengt und machte den Eindruck einer primären Ausscheidung.

Die acht Mineralien kommen nun nicht gemeinsam in allgemeinen Paragenesen vor, sondern es sind in ihrem Auftreten verschiedene Gruppen zu unterscheiden. Allgemein ist der Calcit verbreitet; aber auch der Coelestin darf in gewissen Grenzen dieses Prädikat beanspruchen. Letzteres Mineral ist jedenfalls ein fast steter Begleiter der anderen Mineralien, ausgenommen derjenigen der Birmensdorfer Schichten. Stellenweise ist sein Auftreten sogar ganz selbständig oder derart reichlich, dass mengenmässig ihm gegenüber der Calcit sehr stark zurücktritt. Pyrit und Dolomit nehmen in beschränkterem Masse und mit unterschiedlicher Intensität an der Allgemeinverbreitung teil. Alle übrigen Mineralien sind auf bestimmte Horizonte und Paragenesen beschränkt und kommen vor allem in den eigentlichen Klüften nicht vor.

¹⁾ Inzwischen hat der Verfasser auch Fasersteinsalz und Mirabilit (Glaubersalz) in prächtigen Kristallen in Klüften von Anhydrit nahe der Aaremündung in den Rhein gefunden. Die Funde werden später beschrieben werden.

Darnach lassen sich folgende Gruppen und Untergruppen im Auftreten der Mineralien im Bergwerk Herznach, von gelegentlichen Neubildungen von Calcit abgesehen, unterscheiden:

1. *Mineralbildungen in den Klüften*

- a) Hauptparagenese: Calcit + Coelestin + Pyrit.
- b) Nebenparagenese: (Coelestin) + Dolomit.

2. *Mineralbildungen in den Gesteinsschichten.*

- a) Mineralvergesellschaftungen der Hohlräume von Fossilien.
- b) Verdrängungserscheinungen, besonders von Brauneisenerz durch Coelestin.

Alle Kluftmineralien treten gleichzeitig auch in der Untergruppe 2a) auf, Calcit, Coelestin und Dolomit nicht selten vorherrschend. In erster Linie weist der Coelestin eine überraschende Reichhaltigkeit seiner Formen und seiner Habitusausbildung auf, wie sie im Schweizer Jura bis jetzt wohl noch nicht beobachtet werden konnte. Er lässt sich von den Birmensdorfer Schichten bis hinab in die Macrocephalenzonen verfolgen und darf somit als ein „Leitmineral“ für den Deutungsversuch der Bildungsvorgänge angesprochen werden. Der Abbau des Erzlagers schritt zeitweilig ausserordentlich rasch fort. Kleine Fundbezirke sind deshalb manchmal nur kurze Zeit beobachtbar gewesen, und nicht selten konnten sie nur durch die verdankenswerte Aufmerksamkeit der Mineure ausgewertet werden. Heute sind viele Fundplätze längst wieder eingestürzt oder sie sind abgebaut, andere waren noch Jahre nachher zugänglich.

Die ausgezeichnete kristallographische Ausbildung des Coelestins machte eine umfassende und sorgfältige Messung der Kristalle der verschiedensten Fundgruppen wünschenswert. Es konnten dank dem gütigen Entgegenkommen von Herrn Professor Dr. M. REINHARD, Vorsteher des mineralogischen Instituts der Universität Basel, am einkreisigen Goniometer fast 100 Kristalle meist vollständig ausgemessen werden. Problematische oder bisher unbekannte Flächen wurden später an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich unter Herrn Professor Dr. R. L. PARKER am zweikreisigen Goniometer nochmals einer kritischen Prüfung unterzogen. Dasselbst wurde auch ein Kristall optisch untersucht.

In letzter Zeit ist es einer Anregung von P. NIGGLI (42) folgend üblich geworden, mit Rücksicht auf eine bessere symmetrische Formenverteilung und auf das röntgenographische Achsenverhältnis die a-Achse der Kristallarten der Barytgruppe gegenüber der Aufstellung von HAUY zu verdoppeln (s. a. W. SCHILLY (77) und F. BRAUN (97)). Es ist daher auch in den folgenden morphologischen Darstellungen des Coelestins (und des Baryts) die Verdoppelung der a-Achse in Rechnung gestellt und in der Schreibweise der Indizes und der Achsenverhältnisse zum Ausdruck gebracht worden.

3. DIE KLUFTMINERALIEN

a) Die Hauptparagenese Calcit + Coelestin + Pyrit

Diese Hauptparagenese ist nicht immer vollständig zu beobachten. Viele Klüfte führen nur Calcit. Wo Pyrit auftritt, kann stets auch Coelestin, wenn auch in manchmal stark wechselnden Mengen erwartet werden. Umgekehrt ist Pyrit allein mit Calcit ver-

gesellschaftet nicht gefunden worden, jedenfalls nicht in jenem Teil des Bergwerks, wo erfahrungsgemäss Coelestin nicht — oder nicht mehr — vorhanden ist.

Eine Übersicht der mineralführenden Klüfte bietet die Darstellung des Herznacher Grubenreviers, Fig. 2, Tafel IX. Allgemein mit den Nummern 1—8 gekennzeichnet, gehören die Klüfte 1—7 dem N-S-Hauptkluftsystem an, und ihre Numerierung beginnt im Westteil der Grube, wo auch die einzige west-östlich verlaufende Mineralkluft Nr. 8 zu finden ist.

Kluft 1

Kluft 1 konnte auf einer Länge von gegen 100 m einwandfrei verfolgt werden. Nach Süden keilt sie sicher aus und nach Norden verliert sie sich in den alten Abbaukammern mehr und mehr, höchstens noch feinste Calcitrassen aufweisend. Lediglich ein etwa 30 m langer Mittelteil ist eigentlich mineralführend. Zur Hauptsache steht die Kluft senkrecht. Ein leichtes Einfallen gegen Osten ist hie und da festzustellen. Durch den Einsturz der eisenarmen und eisenfreien Hangendschichten in der alten Abbaukammer ist die Kluft bis in die Birmensdorfer Schichten freigelegt worden, womit sich eine einzigartige Gelegenheit zur Beobachtung der an der Kluftwand auskristallisierten Mineralien in vertikaler Ausdehnung ergeben hat. Die Kluft wurde sehr bald bei Beginn des Abbaubetriebes aufgeschlossen, und diesem frühzeitigen Abau ist es leider zuzuschreiben, dass der im Eisenerz verlaufende Kluftteil der Beobachtung entging. Ein in letzter Zeit erfolgter Nachsturz im stehengebliebenen Erzpfeiler lieferte schliesslich doch noch wertvolle Belege für die Mineralabscheidung im Kluftteil des Eisenerzhorizontes.

In der Kluft wechseln nämlich in auffallender Weise die kristallmorphologischen Erscheinungen vor allem der Coelestinkristalle, und zwar kontinuierlich von oben nach unten. Zudem sind im Kluftbereich zwei Arten des Mineralvorkommens zu unterscheiden: zum ersten die Mineralbildung der „offenen Kluft“, d. h. der eigentlichen, aufklaffenden Kluftflächen, — und zum andern das Auftreten von Kristallen in „Kluftdrusen“, vor allem in Hohlräumen kleinerer Nebentrüms, die die Hauptkluft in Form mehr oder weniger kurzer Abzweigungen begleiten. Da die Kristalle der Kluftdrusen sich in ihrer Ausbildung deutlich von denen der offenen Kluft unterscheiden, ist es erforderlich, sie auch getrennt zu beschreiben.

Die Mineralbildung der „offenen Kluft“ 1

Calcit

Calcit kommt offensichtlich in mindestens zwei Generationen vor. Er beginnt als älteste Ausscheidung überhaupt. Diese 1. Generation ist durch winzige Kriställchen, Grössenordnung maximal 1 mm, charakterisiert, die in einem dichten und gleichmässigen Rasen die offenen Kluftwände in der ganzen sichtbaren Länge bedecken. Da dieser Calcit farblos und durchsichtig ist, scheint jeweils die betreffende Farbe des Muttergesteins durch: vom Hellgrau der Birmensdorfer Schichten über das Olivbraun des Cordatuskalkes bis hinunter zum Rotbraun des Eisenerzes.

Die jüngere, zweite Generation des Calcits ist vor allem an Stücken aus der Zone der Birmensdorfer Schichten gut zu beobachten. Sie kennzeichnen sich durch grössere Kristalle, die jedoch kaum über 3 mm Grösse hinausgehen. Sie sind mehr weisslich und mehr oder weniger leicht getrübt. Vorzugsweise bilden sie Kristallgruppen und siedeln sich gerne in der Nähe von Coelestinkristallen an. Dabei kann Coelestin auf solchen Gruppen aufgewachsen sein, und umgekehrt finden sich auch solche Calcitaggregate auf

Coelestinkristallen, woraus geschlossen werden darf, dass die 2. Calcitgeneration eine Begleitbildung der Coelestinkristalle ist.

Als Seltenheit trifft man auf Coelestin noch weisse, körnige Anhäufungen von Calcitkriställchen, die noch kleiner sind als diejenigen der 1. Generation und selbst bei 15-facher Vergrösserung keine verlässliche Formenbestimmung erlauben. Vermutlich sind sie Bildungen einer jüngsten, 3. Generation.

Die morphologische Ausbildung des Calcits I wird durchgängig durch den skalen-oedrischen Habitus charakterisiert, der für das Herznacher Vorkommen überhaupt als allgemeine Erscheinung zu gelten hat. Hauptform ist das Skalenoeder $v\langle 21\bar{3}1 \rangle$ (stumpfer Winkel gemessen: $35^\circ 35'$), wobei meist noch das, in der Regel gestreifte negative Rhomboeder $e\langle 01\bar{1}2 \rangle$ die Skalenoederspitze leicht abstumpft (s. Fig. 3, Tafel I).

Calcit II kann etwas flächenreicher sein. Auch hier ist $v\langle 21\bar{3}1 \rangle$ absolut habitusbestimmend und mit $e\langle 01\bar{1}2 \rangle$ kombiniert. Vereinzelt sieht die scharfe Kante von v unregelmässig zerhackt aus, und eine feine Abstumpfung lässt das Vorhandensein des steileren negativen Rhomboeders $f\langle 02\bar{2}1 \rangle$ vermuten. Als vierte Form erscheint manchmal noch das Prisma $M\langle 10\bar{1}0 \rangle$. Es ist jedoch nicht immer an den Kristallindividuen beobachtbar. Die Kombination dieser Kristalle wäre demnach folgendermassen zu schreiben:

$$v\langle 21\bar{3}1 \rangle \cdot e\langle 01\bar{1}2 \rangle \cdot M\langle 10\bar{1}0 \rangle \cdot f\langle 02\bar{2}1 \rangle.$$

Es ist überaus häufig zu beobachten, dass die nach der Bildung des primären Calcitrasens die Kluft passierenden Minerallösungen auf den Kristallen mehr oder weniger starke Wirkungsspuren hinterlassen haben. Über grössere Kluftflächen hinweg zeigen sich deutliche Auflösungserscheinungen. Die Skalenoeder sind gewölbt, und manchmal bemerkt man Seidenglanz. Die Auflösungsform scheint sich stark derjenigen des Rhomboeders $f\langle 02\bar{2}1 \rangle$ zu nähern, eine Wandlung, die O. GRUETTER auch vom Calcitvorkommen bei Klingnau (Lit. 33, pg. 290) beschreibt. — Auch die grösseren Kristalle des Calcits II, die meist nur die Kombination $v \cdot e$ aufweisen, sind oft in ähnlichem Sinne mehr oder weniger korrodiert.

Pyrit

Pyrit findet man in bedeutend geringeren Mengen als seine beiden andern Begleiter Calcit und Coelestin. Er beschränkt sich sichtlich auf die obere Kluftregion, vor allem auf den Horizont der Birmensdorfer Schichten. Schon auf der Höhe des Cordatuskalkes ist er viel seltener und fehlt weiter abwärts ganz.

Er bildet kleine Nester in den Vertiefungen der Kluftfläche als Krusten enggescharter, scharfer Oktaeder von einer Grösse, die immer reichlich unter 1 mm liegt. Selten sitzen einzelne verstreute, sehr gut ausgebildete Individuen auf Calcit I, dessen Kanten als Kristallsitz bevorzugend. Fig. 3, Tafel I zeigt ein Handstück der Kluftfläche in der Zone der Birmensdorfer Schichten G 3, das die ganze Paragenese: Calcit + Pyrit + Coelestin aufweist und deshalb wertvoll und aufschlussreich erscheint, weil sich hier Beziehungen zwischen Pyrit und Coelestin offenbaren. Kristalle des Strontiumsulfats umranden aufs engste die bunt angelaufenen Nester des Schwefeleisens, dessen Zersetzungsprodukte die Coelestinkristalle gelblich färben. Pyrit kann Coelestin stark überwachsen, umgekehrt sitzen Coelestinkristalle auf den Krusten des Schwefeleisens. Das Handstück bestätigt in deutlichster Weise die bereits erwähnte Gebundenheit des Pyrits an das Vorkommen des Coelestins.

Bedeutend mannigfaltiger präsentiert sich der Coelestin in der Kluft. Man kann von vornherein drei Gruppen unterscheiden:

- a) derbe Kluftfüllungen,
- b) „stengeliger zuckerkörniger“ Coelestin,
- c) Einzelkristalle und Kristallgruppen.

a) Die derben Kluftfüllungen von teils schön blauem, teils weissem Coelestin sind ohne Zweifel mit Calcit I die ältesten Kluftbildungen. Der Umstand, dass einzelne Kluftteile von kristallinem Coelestin, im Gegensatz zu andern Partien, ohne Unterlage von Calcit I ausgefüllt sind, erlaubt jedoch keinesfalls sichere Rückschlüsse auf das relative Alter beider Mineralien, da der Coelestin ebenso gut vor Calcit I ausgeschieden wie der betreffende Kluftteil erst nach der Bildungsphase von Calcit aufgerissen und durch diesen grobkristallinen Coelestin wieder ausgeheilt worden sein kann. Jedenfalls müssen diese derben Kluftfüllungen bereits in der Periode jüngerer tektonischer Vorgänge vorhanden gewesen sein, wofür die nächstfolgende Gruppe ein beredtes Zeugnis abgibt.

b) Der „stengelig-zuckerkörnige“ Coelestin ist offensichtlich durch mechanische Einwirkung gebirgsbildender Kräfte aus dem derben Coelestin hervorgegangen. Auf der einen Seite erweisen sich beide Gruppen als identische Kluftfüllungen und auf der andern stellt der „stengelig-zuckerkörnige“ Coelestin nur die Fortsetzung von Kluftharnischen dar. Das in Fig. 3, Tafel I, abgebildete Handstück lässt diese Verhältnisse sehr deutlich erkennen. Der derbe Coelestin ist in der Richtung der Harnischstreifen körnig zerrieben worden, wobei die entstandenen Spaltpartikel des Coelestins durch die einheitliche Bewegungsrichtung in eine mehr oder weniger gleichgerichtete Lage gebracht wurden. In der später einsetzenden Rekristallisation des Strontiumsulfates sind Kristallindividuen entstanden, die sich bei gleicher Orientierung der Flächen stengelig aneinanderreihen. Diese Einzelindividuen lösen sich sehr leicht aus dem Verband der „Stengel“ und verleihen daher diesem Coelestin einen zuckerkörnigen Charakter. Die rein weisse Farbe entspricht der des pulverisierten Minerals. Sehr gut ist die Rekristallisation des zerriebenen Coelestins in kleinen Hohlräumen zu erkennen, die sich in den stengeligen Aggregaten erhalten haben. Es finden sich dort kleinste Kriställchen von absoluter Klarheit vor. Ihr Habitus ist recht variabel. Dünntafelige und dicktafelige Typen, nach der a- oder b-Achse gestreckte, ja isometrische Individuen wechseln miteinander ab, und zwar so, dass bei der ortsgebundenen Orientierung der Kristallaggregate in bestimmter Richtung gelagerte Gruppen auch mehr oder weniger einheitlichen Habitus aufweisen.

An den Kriställchen erscheinen neben der parallel der b-Achse gestreiften Basis, $c\langle 001 \rangle$, die Flächen $m\langle 210 \rangle$ und $o\langle 011 \rangle$ gross entwickelt, wogegen das Prisma II. St. $d\langle 101 \rangle$ manchmal zu Gunsten von $l\langle 102 \rangle$ zurücktritt. Da wo die Flächen der Bipyramide $z\langle 211 \rangle$ zur Ausbildung gekommen sind, bleiben sie stets auffallend klein. Die allgemeine Kombination dieser Coelestinkristalle lautet demnach:

$$c\langle 001 \rangle \cdot o\langle 011 \rangle \cdot m\langle 210 \rangle \cdot d\langle 101 \rangle \cdot l\langle 102 \rangle \cdot z\langle 211 \rangle.$$

Solche lose bröckelige Massen, wie sie der „zuckerkörnige“ Coelestin darstellt, unterliegen naturgemäss ganz speziell den Wirkungen der Kluftwässer. Oft findet man Stellen, an denen dieser Coelestin bis auf wenige Reste weggelöst ist (s. Fig. 3, Tafel I) oder nur noch einen weichen, feuchten Brei bildet, der schliesslich jede Festigkeit verliert.

Am Rande so gebildeter Auflösungshohlräume haben sich nicht selten grössere Coelestinkristalle als Neubildungen angesiedelt.

c) Die Einzelkristalle und Kristallgruppen des Coelestins der Kluft 1. Die Coelestinkristalle der „offenen“ Kluft. Eingangs dieses Abschnittes ist bereits dargelegt, welche Gründe für eine besondere Unterscheidung der Coelestinkristalle der Kluft 1 massgebend sind. Die Bildungen der „offenen“ Kluft beanspruchen nicht nur durch ihre gute Ausbildung, sondern vor allem durch ihre auffallende morphologische Wandlung innerhalb der Kluft ein besonderes Interesse. Sie sind teils farblos oder schwach himmelblau durchsichtig, teils weisslich getrübt und sitzen als wohl begrenzte Einzelkristalle oder in Gruppen vornehmlich in leichten Vertiefungen auf dem dichten Rasen des Calcits I. Die Kristalle werden selten über 5 mm gross. In der Regel sind sie bedeutend kleiner.

Die ausgeprägte Wandlung der Coelestinkristalle in der Kluft (sowohl in ihrer Formenkombination als auch in ihrer Habitusausbildung) unterteilt die Kluft 1 von oben nach unten in drei sehr deutlich unterscheidbare Horizonte, von denen jeder einen bestimmten Typus von Coelestinkristallen aufweist. So ergibt sich folgende Unterteilung von oben nach unten:

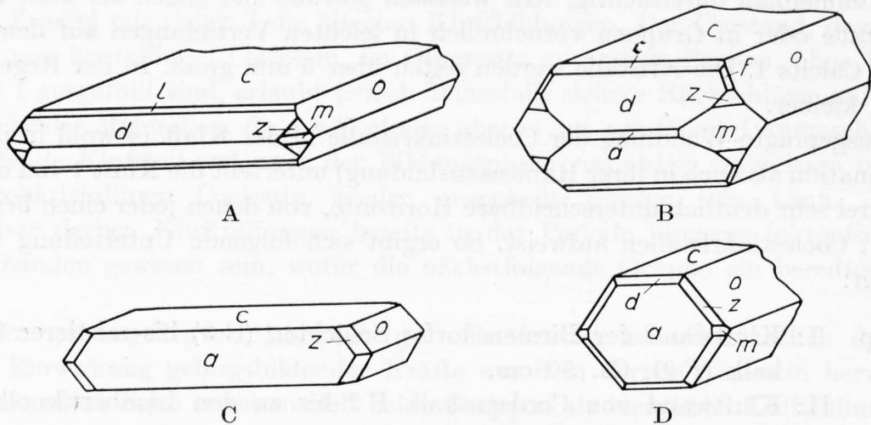
- Kristalltyp I: Kluftwand der Birmensdorfer Schichten (G 3) bis mittlerer Cordatuskalk (F 2). Ca. 50 cm.
„ II: Kluftwand von Cordatuskalk F 2 bis zu den Lambertiknollen (D 1). Ca. 60 cm.
„ III: Kluftwand des Brauneisenerzes C 3—1. Ca. 110 cm.

Es sei vorausgeschickt, dass diese horizontale Begrenzung der Kluft zugleich eine merkwürdige Übereinstimmung mit dem Eisengehalt der angrenzenden stratigraphischen Horizonte aufweist. So muss die Zone G 3—F 2 des geologischen Profils (Fig. 1) als Fe-arm, F 1—D 1 als schwach bis ziemlich stark eisenhaltig bezeichnet werden, während die Erzzone C wie bereits erwähnt als besonders Fe-reich zu gelten hat. Wenn wir aber die Tatsache berücksichtigen, dass die Coelestinkristalle der Kluft stets auf der praktisch lückenlosen Calcitunterlage aufgewachsen sind, das Anstehende also dadurch von einer direkten Einwirkung der Minerallösungen isoliert gewesen war, dürfte die Übereinstimmung kaum mehr als eine belanglose Zufälligkeit sein. Dafür spricht auch die durchgängig gleichbleibende Färbung der Coelestinkristalle. Damit wird aber keineswegs die offensichtlich genetische Bedeutung der horizontalen Gliederung der Kluft, wie sie durch die drei Typenvariationen der Coelestinkristalle charakterisiert wird, herabgemindert. Immerhin soll dabei die Tatsache nicht übersehen werden, dass die räumliche Trennung der Typen noch keinen Hinweis auf das relative Alter derselben erlaubt.

Typus I (s. Fig. 4A, Tafel II und Fig. 5A).

Dieser Typus des oberen Klufthorizontes, der noch ungefähr 30 cm in die mergeligen Birmensdorfer Schichten hineinreicht (darüber wurde überhaupt kein Coelestin gefunden), zeichnet sich durch einen ausgesprochen dünntafeligen Habitus aus. Die meist frisch aussehenden, glasglänzenden Kriställchen zeigen eine grosse, nicht selten fast quadratisch umgrenzte Basis. Nach der a-Achse gestreckte Kristalle sind ungefähr ebenso häufig wie solche, die nach der b-Achse ausgedehnt sind. Die Farbe ist meist ein blasses Himmelblau. Die Kristalle sind durchsichtig bis leicht getrübt. In der Regel sind sie auf der a-Achse aufgewachsen. Gegenüber der weitaus vorherrschenden Basisfläche,

c(001), treten alle anderen Flächen an Grösse bedeutend zurück. In der Zone [100] zeigen sich nur die relativ schmalen Flächen o(011), die stets durch sehr starke Ätzung völlig trüb und für die Messung unbrauchbar sind, eine Erscheinung, die nicht nur ein Merkmal dieser Kluft, sondern, mit wenig Ausnahmen, der ganzen Grube ist. Immer fällt dieses Prisma I. Stellung durch sein milchig-graues Aussehen gegenüber den übrigen klaren Begrenzungsflächen auf. Die der Barytgruppe eigene Entwicklung von Vizinalformen in der Zone [010] zwischen d(101) und c(001) macht sich auch an den Kristallen des Typ I recht



Figur 5. Celestin-Kristalltypen der offenen Kluft 1
a (100), o (011), c (001), d (101), l (102). c (205), m (210), f (213), z (211)

A: Typ I. Tafelig nach der Basis B: Typ II. Gestreckt nach der a-Achse C: Typ IIIa. „Herznacher Typ“, prismatisch nach der b-Achse D: Typ IIIb. „Typ Leogang“, säulig pseudo-hexagonal nach der a-Achse

deutlich bemerkbar und verleiht dieser Zone ein besonderes Gewicht. Eine Zielreihe von Prismen II. Stellung zwischen $\langle 101 \rangle$ und $\langle 001 \rangle$ (s. BAUMHAUER (20)) ergibt folgendes Bild der Besetzung dieser Zone [010]:

$$\langle 101 \rangle - \langle 102 \rangle - \langle 409 \rangle - \langle 205 \rangle - \langle 103 \rangle - \langle 001 \rangle.$$

Zwar treten diese Flächen nicht gleichzeitig an den Kristallindividuen in grösserer Anzahl auf, sondern es scheint, dass sie sich gegenseitig vertreten. Nur selten sind — $\langle 101 \rangle$ und $\langle 001 \rangle$ ausgenommen — davon zwei oder mehr Flächen der Zwischenformen durch Messung an einem Kristall feststellbar. Die schlechten Signale und ihre breit gezogenen, flauen Scharen bestätigen, was man schon mit blossem Auge konstatieren kann, dass dieser stets sehr eng gezogene Flächenbereich eigentlich aus einem Bündel von Vizinalflächen besteht, aus denen sich jeweils eine der obigen Flächen einfacher Indizes durch ein stärkeres Signal hervorhebt. Der immer sehr schmale Streifen dieser Flächenserie sieht denn auch meist wie gewölbt aus. In seiner Nähe lässt sich eine vizinale Streifung parallel der b-Achse auf der Basisfläche recht deutlich erkennen. So ist es auch verständlich, dass die doch sonst sehr häufige Fläche l(102) nicht häufiger angetroffen wird als etwa c(205) und $\Phi(103)$. Bei der Messung wurden nur jene Flächensignale herausgegriffen, die durch ihre Stärke und Schärfe besonders auffielen. Die Form $\langle 409 \rangle$ machte sich zweimal bemerkbar und konnte einmal zuverlässig gemessen werden. Sie ist im Formenverzeichnis von SCHILLY (77) nicht aufgeführt und erscheint demnach als neue Form. Im Gegensatz zu diesen immer äusserst schmal entwickelten Flächen ist das stets grössere Prisma d(101) völlig klar und spiegelnd.

Seine an sich scharfe Kante $(101)/(10\bar{1})$ ist nicht selten durch sich wiederholende Einschaltungen der Flächen des Vertikalprismas $m\langle 210 \rangle$ wie zerhackt, was das Vorkommen einer Scheinfläche $a\langle 100 \rangle$ vortäuschen kann, die schliesslich bei den Typen II und III zur messbaren Form realisiert wird und eine beachtenswerte Wichtigkeit erlangt.

Gerade dieses Fehlen von $a\langle 100 \rangle$ ist eines der charakteristischen Merkmale des Typ I für die morphologische Entwicklungsreihe der Coelestinkristalle der Kluft 1. Daneben aber kann die Diagonalzone $[120]$ ein nicht minder grosses Interesse beanspruchen. Hauptform ist die Bipyramide $z\langle 211 \rangle$, die gegenüber dem Prisma $m\langle 210 \rangle$ meist derart vorherrscht, dass letzteres nicht selten kaum feststellbar ist. Dadurch charakterisiert sich das Kopfbild nach der a -Achse an den Kristallen des Typ I als „zugeschärft“, indem die Flächen $d\langle 101 \rangle$ und $z\langle 211 \rangle$ relativ gross entwickelt sind und das „abstumpfende“ Vertikalprisma $m\langle 210 \rangle$ zurückdrängen. Es wird im folgenden zu zeigen sein, dass es gerade Formenkombination und Habitus des genannten Kopfbildes sind, die bei den anderen Typen eine bemerkenswerte Wandlung zur extremen Abstumpfung erleiden. Bezeichnenderweise macht sich aber bei diesem tafeligen Typus in seinem tieferen Zonenteil, in der Höhe der Cordatuskalke, schon das Auftreten von a -Flächen deutlicher bemerkbar, wenn diese auch nur äusserst schmal entwickelt und mit blosssem Auge leicht zu übersehen sind. Da auch Typ II in der Höhe der Cordatuskalke noch Anklänge an Typ I zeigt, darf gesagt werden, dass dieser Horizont die Zone allmählichen Übergangs der beiden Typen und zugleich deren Grenze bildet.

Am Typ I sind darnach folgende Formen vertreten: $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$, $*\langle 409 \rangle$, $c\langle 205 \rangle$, $\Phi\langle 103 \rangle$, nur ausnahmsweise $a\langle 100 \rangle$; 10 Formen also, die den einfachen Habitus dieses Typus I nicht gerade flächenarm erscheinen lassen, wenngleich, wie bereits betont und wie die folgende Zusammenstellung der beobachteten Formenkombinationen zeigt, die Formen nicht alle gleichzeitig am einzelnen Kristall zu finden sind:

Beobachtete Formenkombinationen des Typ I:

a) oben	1. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$	3 mal*)
	2. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$	1 mal (Fig. 5 A)
	3. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 409 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$	1 mal
	4. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 409 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$	1 mal
b) unten	5. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 205 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$	1 mal

*) Beobachtungen an der zur Messung ausgelesenen beschränkten Anzahl von Kristallen.

Typus II (s. Fig. 4 B, Tafel II und Fig. 5 B).

Dieser Typ II ist im Vergleich zum Typ I verhältnismässig dicktafelig entwickelt und durch seine merkliche Streckung nach der a -Achse als von säuligem Habitus zu bezeichnen. Die Kristalle sind wie die des Typs I blassblau, durchsichtig bis leicht getrübt. Sie sind in der Regel auf der a -Achse aufgewachsen und neigen zu subparallelen Aggregationen.

Die morphologische Wandlung des Kopfbildes nach der a -Achse äussert sich nun im wesentlichen derart, dass $m\langle 210 \rangle$ die $z\langle 211 \rangle$ -Flächen deutlich an Grösse übertrifft und $a\langle 100 \rangle$ die Kante $(101)/(10\bar{1})$ sichtbar abstumpft. Der bereits angedeutete allmähliche Übergang von Typ I in die Ausbildung des Typs II im Bereich des Cordatuskalkes F 2 lässt im Habitus entsprechende Differenzen erkennen. Die Kristalle der Cordatusschichten zeigen noch neben $d\langle 101 \rangle$ die Fläche $c\langle 205 \rangle$ mit vizinaler Wölbung ähnlich wie bei Typ I. Auch $a\langle 100 \rangle$ ist noch recht schmal. Bei diesen Kristallen wird ferner die Zonenkante

$(011)/(101)=[111]$ durch die kleine Bipyramidenfläche $f(213)$ abgestumpft. Sie konnte nicht durch Messung, sondern nur dadurch bestimmt werden, dass sie als im Schnittpunkt der Zonen $[111]$ und $[120]$ liegend erkannt wurde.

Im tieferen Teil der Kluftzone des Typs II, also in der Gegend der Lambertiknollen, tritt unter den $(h01)$ -Flächen $d(101)$ nurmehr allein auf. $l(102)$, $c(205)$ und $\Phi(103)$, aber auch $f(213)$ fehlen völlig. Die Flächen $m(210)$ und $d(101)$ können sehr gross entwickelt sein. Das manchmal recht gut entwickelte vordere Pinakoid $a\langle 100 \rangle$ zeigt mitunter nur eine äusserst feine Streifung parallel der c -Achse. $o\langle 011 \rangle$ ist üblicherweise vollkommen matt und milchigweiss. Eine Gruppe solcher Kristalle fand sich am Rande einer ausgelaugten Stelle von stengelig-körnigem Coelestin. Sie ist von Calcit II begleitet.

An Formen wurden festgestellt: $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$, $a\langle 100 \rangle$, $c\langle 205 \rangle$, $f\langle 213 \rangle$. Aus den beiden am Typ II beobachteten Formenkombinationen ist ersichtlich, dass im oberen Teil dieser Kluftzone die Kristalle sehr flächenreich erscheinen, denn alle beobachteten Formen sind an diesen zu finden. Nach unten macht sich mit der zweiten Kombination eine Flächenverarmung bemerkbar, die im folgenden Typ III eher noch augenfälliger wird.

Die Formenkombinationen des Typus II

Horizont F 1: 1. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 205 \rangle \cdot \langle 213 \rangle$. 3 mal.

Horizont D 1: 2. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$. 4 mal.

Typus III. (s. Fig. 5C und 5D, ferner Fig. 6, Tafel I).

Obwohl der tiefste stratigraphische Horizont der Kluft, die Lambertiknollen D 1, wo noch Kristalle des Typs II beobachtet werden konnten, unmittelbar über dem Erzlager (C) liegt, das als Zone des Kristalltypus III des Coelestins betrachtet werden muss, ist der Übergang von Typ II zum Typ III bedeutend sprunghafter als derjenige von Typ I zum Typ II. Die bemerkenswerte Wandlung der Formenkombination und speziell des Habitus wird ferner durch das andersgeartete Auftreten unterstrichen. Ursprünglich waren nur durch Zufall im Klufttiefsten einige kleine Erzstücke mit winzigen kleinen Kriställchen nach Art der Fig. 5 D gefunden worden. Da das Erz im Bereich der mineralführenden Kluft längst ausgebeutet war, bestand die Ungewissheit, in welchem Zusammenhang diese gänzlich verschiedenen Coelestinkristalle zur Minerogenese in der Kluft und zu den Kristalltypen des oberen Klufttraumes stehen mochten. Erst in den letzten Tagen vor dem definitiven Abschluss der vorliegenden Beobachtungen wurde durch das Auseinanderfallen eines stehengebliebenen Pfeilers noch eine bescheidene Ausbeute an solchen Coelestinkristallen ermöglicht. In erster Linie aber hat sich damit die recht scharfe Typengrenze II/III am Übergang des produktiven Erzlagers C 3 zur Lambertschicht D 1 vollkommen bestätigt. Gleichzeitig aber hat sich auch gezeigt, dass dieser Kristalltyp III des Herznacher Coelestins selbst wieder in zwei unter sich recht habitusverschiedene Ausbildungen zerfällt und dass diese sich sogar räumlich voneinander trennen lassen, indem in der oberen Region des rotbraunen Erzlagers der nächstfolgend zu beschreibende Typ IIIa, in der tieferen Lage die Variante IIIb vorzuherrschen scheint. In der Tendenz der Achsenstreckung erinnern sie etwas an die gleichsinnige Entwicklung der Typen I und II auch in Beziehung auf die relative Lage in der Kluft. Selbst die demonstrative „Abstumpfung“ des Kopfbildes nach der a -Achse weist vielleicht noch eine gewisse Verstärkung beim Untertyp IIIb im Klufttiefsten auf.

Die Typenvariante IIIa charakterisiert sich neben dem allgemeinen Habitusmerkmal des grossentwickelten vorderen Pinakoids $a\langle 100 \rangle$ dadurch, dass ihre Individuen durchwegs sehr stark nach der b-Achse gestreckt sind (s. Fig. 5A. Auch Fig. 6, Tafel I, zeigt diesen Typus). Das vordere und das Basispinakoid, ersteres stark parallel der c-Achse gestreift, sind dabei habitusbestimmend, woraus bei gedrungener Bauart der Kristalle und gleichwertiger Entwicklung der beiden Pinakoide eine für den Coelestin wohl kaum bekannte, nach der b-Achse (rechteckig-)prismatische Form resultiert. Die Individuen dieses „Herznacher Coelestintypus“ zeigen dann gewisse Anklänge an den Typ I, wenn durch eine etwas ausgedehntere Entwicklung der Basis eine Neigung zum tafeligen Habitus augenfällig wird. Die Gestaltung der Kristalle bedingt, dass die Prismenflächen $o(011)$, wie immer völlig matt und weisslich-trüb, stark zurücktreten. Auffallend und mit dieser Formenentwicklung wieder an den Typ I erinnernd, ist das verhältnismässig deutliche Hervortreten der Bipyramidenflächen $z(211)$, während $d(101)$ und $m(210)$ entweder nicht oder nur als feine Andeutungen erscheinen. Die Kristalle, kaum grösser als 2 mm, meist aber viel kleiner, zeigen einen frischen Glasglanz und sind im allgemeinen klar, farblos oder nur schwach bläulich gefärbt.

Die Typenvariante IIIb (Fig. 5B) ist nach der a-Achse säulig und bei gleich guter Entwicklung von $c\langle 001 \rangle$ und $o\langle 011 \rangle$ von pseudohexagonalem Querschnitt. Das Kopfbild der a-Achse wird vollständig vom stets parallel der c-Achse gestreiften vorderen Pinakoid $a\langle 100 \rangle$ beherrscht und dokumentiert damit die Endphase der morphologischen Entwicklungstendenz in nahezu lückenlosem Übergang von Typ I bis Typ IIIb. Mehr noch: selbst das Prisma II. St. $d\langle 101 \rangle$ wird hier wahrscheinlich an einzelnen Individuen durch ein Prisma gleicher Stellung ersetzt, das für das Kopfbild nach der a-Achse eine weitere Abstumpfung bedeutet. An einem Kristall wurde nämlich durch Messung die Form $*\langle 705 \rangle$ an Stelle von $d\langle 101 \rangle$ gefunden. Es haben sich folgende Winkelwerte ergeben: $(705):(001) = 48^\circ 47'$ und $(705):(100) = 41^\circ 06'$, woraus sich das Indizesverhältnis $h:1 = 1:0,714 = 7:4,998$ errechnen lässt. Leider waren zur Sicherung dieser Form weitere Messungen nicht möglich, doch ist zu sagen, dass die Flächensignale sehr scharf und eindeutig waren, so dass die Messung als zuverlässig taxiert werden darf. Die Form ist im Verzeichnis SCHILLY (77) nicht zu finden und offenbar sowohl für den Coelestin im allgemeinen als auch für den schweizerischen Jura im speziellen neu. Im übrigen sind $d\langle 101 \rangle$ sowohl als auch $z\langle 211 \rangle$ und $m\langle 210 \rangle$ in der Regel vorhanden, treten aber stark zurück. Die Flächen $o(011)$ sind stark milchweiss-trüb und -matt und stechen daher von den andern Flächen, die völlig klar und gut spiegelnd sind, sehr ab. Die manchmal modellartigen Kristalle sind meist nicht über 1 mm gross. 4—5 mm grosse Individuen, sehr unvollkommen ausgebildet, sind einmal beobachtet worden. Die Aufwachsung zeigt sich variabel. a-, o-, c- oder gar z-Flächen scheinen dabei in Betracht zu kommen. Auch die Kristalle dieses Typus sind farblos oder schwach bläulich, durchsichtig bis durchscheinend und haben ein frisches Aussehen.

Dieser säulige Typus ist schon mehrfach beschrieben worden. P. v. SUSTSCHINSKI (85) beschreibt ähnliche, jedoch flächenärmere Kristalle aus dem Cementsteinbergwerk Marienstein bei Tegernsee in Bayern (Abb. NIGGLI, Lehrb. II, pg. 513. Fig. 235G), die dort als seltenster Typus auf Calcit aufgewachsen sind. Die grösste Ähnlichkeit aber besitzen unsere Kristalle Typ IIIb mit dem von L. BUCHRUCKER (54) beschriebenen Vorkommen in den Erzlagerstätten von Leogang. Seine Fig. 12 (l. c.) ist praktisch identisch mit unserer Darstellung der Fig. 5D. Er nennt diesen Typus „gerade für den Leoganger Coelestin charakteristisch und sehr häufig“. Auch seine Deutung der $a(100)$ -Flächenstreifung als „alternierende Ausbildung der Prismenflächen“ $(210)/(2\bar{1}0)$ resp. $(\bar{2}10)/(\bar{2}\bar{1}0)$

trifft zweifellos auf die Herznacher Kristalle zu. BUCHRUCKER weist ferner darauf hin, dass SCHRAUF von Steierdorf im Banat als seltenes Vorkommen ähnliche Coelestinkristalle erwähnt. Auch gewisse calabrische Formen können hierher gestellt werden (NIGGLI (42), pg. 513, Fig. 235 F). An allen diesen Kristallen, und unsere Herznacher Typen IIIa und IIIb machen hiervon durchaus keine Ausnahme, fällt auf, dass die Zone [010] im Gegensatz etwa zum Herznacher Typ I ohne jede besondere Entwicklung bleibt. Es sei daran erinnert, dass unser Typ II die eigenartige Wandlung sehr schön zum Ausdruck bringt, dass die Individuen in der oberen Kluftregion noch eine deutliche Belastung der Zone [010] vom Typ I übernommen haben, während die Kristalle tiefer auf der Höhe der Schicht D 1, also unmittelbar über den Erzzonentypen, bereits andere (h01)-Flächen als d(101) vermissen lassen und damit zum Typ III überleiten. Auffallen muss dabei die Tatsache, dass die fortschreitende Bedeutungslosigkeit der Zone [010] Hand in Hand geht mit der steigenden Entwicklung des vorderen Pinakoids $a\langle 100 \rangle$ an den Coelestinkristallen der Kluft 1.

An den Kristallen der Typen IIIa und IIIb sind folgende Formen festgestellt worden: $c\langle 001 \rangle$, $a\langle 100 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $*\langle 705 \rangle$. Sie sind also die Typen der Kluft I, die am wenigsten Formen zeigen.

Die Formenkombinationen des Typus III

- | | | |
|-----------------------------|--|-------|
| a) „Herznacher Typ“ (oben): | 1. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$. (Fig. 5C) | 1 mal |
| | 2. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$ | 1 mal |
| b) „Leoganger Typ“ (unten): | 3. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$ (Fig. 5D) | 1 mal |
| | 4. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 705 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$ | 1 mal |
| | 5. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$ | 1 mal |

(Habitusbestimmende Flächen sind halbfett.)

* * *

Die goniometrischen Messungen der Kristalle der Kluft 1

Die Messungen boten mancherlei Schwierigkeiten. Der Erhaltungszustand der Flächen enttäuschte sehr, trotzdem die Individuen einen frischen Eindruck machen. Es zeigten sich verschiedene Störungsarten: Vizinalstreifungen, Subindividuenbildungen und Wachstumsakzessorien einerseits und Auflösungserscheinungen andererseits. Die durchgehend milchig-trübe Beschaffenheit der (011)-Flächen rührt von einer oft sehr weit fortgeschrittenen Ätzung her, die sich mitunter auf die Nachbarflächen fortsetzt. So konnte während der Messungen festgestellt werden, dass die Kristallflächen in der folgenden Reihenfolge durch Lösungen angegriffen waren: $o(011)$, $z(211)$ und $m(210)$, wobei jedoch $o(011)$ dem Einfluss der Lösungen offensichtlich den ungleich schwächsten Widerstand entgegengesetzt hat. $o(011)$ fiel deshalb für jegliche Messung von vornherein aus. Praktisch gute Spiegelung haben nur die (101)-Flächen geliefert. Dagegen waren wieder die Messungen in der Zone [010] infolge den bei Typ I geschilderten Vizinalerscheinungen sehr schwierig. Auf der Basis zeigten sich Subindividuen, Vizinalstreifungen und Wachstumsakzessorien. Letztere waren auf Kristallen des Typs II nach R. L. PARKER (25) als nach Art 2 mit langgestreckten, stetig gekrümmten Flächen von 2- bis 4-eckiger Gestalt zu identifizieren. Dass unter diesen Umständen schwankende Winkelwerte resultierten, war zu erwarten.

Zur Berechnung des Achsenverhältnisses sind die Winkelwerte aller drei Typen der „offenen“ Kluft 1 zusammengefasst worden. Aus den am zuverlässigsten erscheinenden Grundwinkeln $(101):(10\bar{1})=101^{\circ}26'$ und $(211):(001)=64^{\circ}16'$ ergab sich das

Achsenverhältnis für die Kristalle der „offenen“ Kluft 1

$$a : b : c = 1,5599 : 1 : 1,2760$$

Die Tabelle 1 gibt die Winkelwerte der gemessenen Flächenpaare wieder, deren Mittel aus der Anzahl der Ablesungen mit dem doppelten Gewicht der besseren Werte errechnet worden ist.

Tabelle 1. *Messtabelle der Kristalle der „offenen“ Kluft 1*

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
103 : 001	4	14° 45' — 15° 39'	15° 12'	15° 15'	— 3'
103 : 101	3	23 45 — 24 22	24 05	24 02	+ 3
205 : 001	3	17 38 — 18 41	18 04	18 07	— 3
205 : 101	3	21 00 — 21 17	21 08	21 10	— 2
409 : 001	2	19 45 — 20 02	19 54	19 55	— 1
102 : 001	3	22 12 — 22 21	22 15	22 15	0
102 : 101	3	16 41 — 17 06	17 01	17 02	— 1
101 : 001	18	38 54 — 39 51	39 16	39 17	— 1
101 : 101	10	101 08 — 101 55	101 26	—	—
705 : 001	1	—	48 47	48 52½	— 5½
705 : 100	1	—	41 06	41 07½	— 1½
100 : 101	3	50 40 — 50 51	50 45	50 43	+ 2
100 : 210	3	37 53 — 37 58	37 55	37 57	— 2
210 : 210	2	75 46 — 75 59	75 53	75 54	— 1
210 : 101	1	—	59 49	60 03	— 14
210 : 211	5	25 35 — 26 07	25 43	25 44	— 1
211 : 001	3	64 01 — 64 31	64 16	—	—
211 : 211	4	51 12 — 51 48	51 30	51 28	+ 2

Beim Überblick über die 3 Kristalltypen des Coelestins der offenen Kluft 1 ist zu erwähnen, dass ihr Vorkommen auf der Kluftwand nicht gleichwertig und gleichartig ist, was im Hinblick auf die Bildungsbedingungen recht bezeichnend erscheint. Es sei daran erinnert, dass Typ I reichlich mit Pyrit vergesellschaftet ist und dass, wie Figur 3 deutlich zeigt, diese Paragenese unter Umständen eine mineralogenetische Bedeutung erhalten kann. Daneben sitzen seine Gruppen gern in kleinen Vertiefungen der Kluftwand. Calcit II begleitet alle Coelestintypen. — Typ II des Coelestins gehört bereits einem Klufthorizont an, in dem Pyrit schon bedeutend seltener aufzutreten pflegt. Das Vorkommen des Typus II scheint denn auch von der Gegenwart des Schwefeleisens demonstrativ unabhängig zu sein, indem er vornehmlich dort gefunden worden ist, wo „stengelig-zuckerkörniger“ Coelestin durch Auflösungswirkungen teilweise weggeführt wurde. — Für Typ III ist die Art des Vorkommens von der der vorbeschriebenen Typen ebenso verschieden wie es die habituelle Wandlung der Kristalle zum Ausdruck bringt. Wie es Fig. 6 sehr schön zu zeigen vermag, ist das Vorkommen nicht nesterartig, sondern die Kriställchen reihen sich in mehr oder weniger senkrecht auf der Kluftwand

abfallenden Kristallisationsschnüren eng und scharenweise aneinander. Der Eindruck ist ein unmittelbarer, dass hier an der Kluftwand spärlich herabrieselnde Lösungen ihre Fracht abgeladen haben.

Mengenmässig steht unter den Kristallen des Coelestins der „offenen“ Kluft 1 der Typ I an erster Stelle. Da der dem Typ II entsprechende Gesteinshorizont bereits früh eingestürzt und das Material zum Teil beim Erzabbau fortgeführt worden war, sind von diesem Typus an sich schon nur wenig Kristalle gefunden worden. An Hand derselben lassen sich naturgemäss kaum sichere Rückschlüsse auf die Verbreitung von Typ II ableiten. Die Art des Vorkommens lässt aber vermuten, dass die Kristallbildung von Typ II intensiver gewesen sein muss als die des Typus III. Erwähnt sei noch, dass Typ III nirgends sonst im Bergwerk Herznach gefunden worden ist, dass er also auch hier als grosse Seltenheit zu betrachten ist. Nimmt man die Häufigkeit von Typ I mit 100 an — an gewissen Stellen der Kluft waren auf jedem dm² mindestens einige Kristallgrüppchen zu finden —, so beträgt die Häufigkeit von Typ II vielleicht etwa 50—40, während Typ III mit 20—10 in Rechnung gesetzt werden muss.

Die Coelestinkristalle der Drusen der Kluft 1

Die Hohlräume kleiner Seitenklüfte, die einerseits als mehr oder weniger kurze Abzweigungen der Hauptkluft ins Nebengestein, andererseits als lückenhaft verkittete Gesteinstrümmer des Kluftzuges gedeutet werden können, sind in der Regel kaum grösser als einige Kubikzentimeter. Die Begleiter des Coelestins sind wie im offenen Kluftteil Calcit und Pyrit.

Calcit ist auch hier wieder die erste Ausscheidung und bedeckt als dichter Kristallüberzug die Hohlraumwände. Im grossen und ganzen ist der Habitus der gleiche wie beim Calcit I der offenen Kluft. Die einzelnen Skalenoeder sind aber bedeutend grösser. Die Kristalle sind farblos bis weisslich, durchsichtig bis durchscheinend. Lösungseinflüsse machen sich lokal und unterschiedlich bemerkbar.

Pyrit ist ebenfalls nicht selten. Doch scheint sein Vorkommen auch hier auf die oberen Kluftpartien, d. h. auf den Bereich der Horizonte des Cordatuskalkes und der Birmensdorfer Schichten beschränkt zu sein. Zum sicheren Nachweis seiner Verbreitung in den Kluftdrusen liegt leider zu wenig Material vor. Er bildet wie in der offenen Kluft scharf begrenzte Oktaeder, die meist als ausserordentlich kleine Kriställchen auf Calcit sitzen und dessen Kanten als Sitz bevorzugen. Auch krustige Flächenaggregate, die in bunten Anlauffarben kleine Räume zwischen den Calcitskalenoedern ausfüllen, kommen vor. Im allgemeinen erscheint der Pyrit frischer als in den offenen Kluftpartien.

Das wichtigste und interessanteste Mineral ist auch hier wieder der

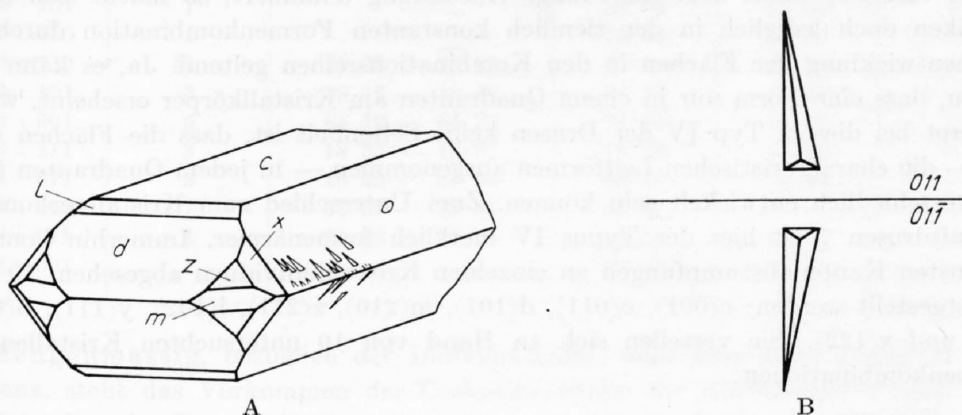
Coelestin.

Er gibt durch die ungleich schönere Ausbildung seiner Kristalle, die nicht nur mit ihrem Glasglanz und ihrer Farbe, sondern auch mit ihrem abweichenden Habitus und einer etwas anderen Formenkombination das Vorkommen zweifellos besonders kennzeichnen, Anlass zur Zuordnung zu einem besonderen Typus.

Die Kristalle dieses Typus IV, einzeln oder in geringer Anzahl gruppiert, sind von recht unterschiedlicher Grösse. Ähnlich wie beim Calcit erreichen aber die einzelnen Individuen manchmal weit bedeutendere Ausmasse. So erreicht z. B. ein auf der a-Achse aufgewachsener Kristall 2 cm in maximaler Ausdehnung. In der Regel sind die Kristalle, besonders die kleineren Individuen, absolut durchsichtig und farblos mit leichtem Stich

ins Blaue. Nicht selten ist auch kräftige Blaufärbung anzutreffen, die mitunter aber nur fleckig im Kristallkörper verteilt ist.

Von besonderem Interesse sind die sehr variablen Lösungserscheinungen an den Coelestinkristallen, die dieses Vorkommen auszeichnen. Es gibt Kristalle, die praktisch überhaupt keine Ätzwirkungen zeigen, so dass selbst die Flächen der Form $o\langle 011 \rangle$ klar und gut spiegelnd sind. Zeichen beginnender Auflösung sind schöne Ätzfiguren, die an einem Kristall — es ist der einzige Fund geblieben — auf Prismenflächen $o(011)$ in Form langgestreckter, mit ihrer Spitze der Basis zugekehrter Dreiecke zu beobachten sind (s. Fig. 7). Es scheint, dass sie den Ätzfiguren auf Coelestin von Gloucestershire



Figur 7. Kluft 1. Coelestin-Kristalltypus IV aus den Kluftdrusen
 $c(001)$, $o(011)$, $d(101)$, $l(102)$, $z(211)$, x soll sein: $y(111)$, $m(210)$

A: Kristall Typus IV mit Ätzfiguren auf
 o -Flächen

B: Schematische Darstellung der
 Ätzfiguren auf den o -Flächen

(England) sehr ähnlich sind, die J. SAMOJLOFF (75) beschrieben hat. Bei weiter fortgeschrittener Ätzung sind die $o(011)$ -Flächen ebenso matt und milchig-trüb wie an den Kristallen der offenen Kluft. Die extremste Erscheinung stellen Kristalle, oder besser Kristallrelikte dar, bei denen der Auflösungsprozess so weit vorgetrieben ist, dass die ursprüngliche Form kaum mehr erkannt werden kann. Das Kristallgefüge ist in Pakete von nach (001) orientierten Platten aufgelöst, die seitlich einheitlich gerichtete Lösungsflächen aufweisen. Ohne Zweifel sind die Coelestinkörper jünger als der Calcit, auf denen sie aufgewachsen sind. Darum muss es um so mehr auffallen, dass die beibehaltenden Calcitkristalle keine besonderen Ätzspuren zeigen. Sie sind also praktisch gegenüber den Lösungen immun geblieben, die den schwer löslichen Coelestin so wirksam angreifen konnten. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass sich in der Umgebung der Lösungskörper des Coelestins recht viel Pyrit nach Art der beschriebenen Ausbildung angesiedelt hat. Die Drüse stammt aus dem Horizont G3 der Birmensdorfer Schichten. Derartige unterschiedliche und eindrucksvolle Auflösungserscheinungen innerhalb eines so engbegrenzten Vorkommens sind sonst nirgends mehr in der Herznacher Lagerstätte zu beobachten gewesen.

Morphologisch kann man an den Coelestinkristallen der Kluftdrusen 1 Anklänge an die Typen I und II des offenen Kluftzuges feststellen. Der Habitus wechselt von der selteneren planaren Ausbildung bis zu den häufigen säuligen Formen. Ein besonderes Merkmal des Typus IV ist die Bevorzugung der Zone $[011]$, die an den Kristalltypen der offenen Kluft keinerlei Bedeutung besitzt. Sie ist durch die Flächenreihe $(211)-(111)-$

(122)–(011) gekennzeichnet, wobei die beiden ersten Formen manchmal verhältnismässig gross auftreten können. $x\langle 122 \rangle$ ist recht selten und schlecht entwickelt. Es erinnert dies an den Typ II, in welchem die Zone [010] nur wenig ausgeprägt ist. $a\langle 100 \rangle$ fehlt vollständig, und von den $(h01)$ -Flächen sind nur $d\langle 101 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$ und $\Phi\langle 103 \rangle$ vertreten, letztere Flächen übrigens sehr selten und äusserst schmal. Auffallend gross kann dagegen $l\langle 102 \rangle$ entwickelt sein, $d\langle 101 \rangle$ manchmal weit übertreffend. Die grosse Übereinstimmung mit den später zu beschreibenden Kristallen der Kluftdrusen 7 zeigt sich u. a. hier durch das allerdings weniger deutlich hervortretende Vorhandensein des stets stark geätzten Pinakoids $b\langle 010 \rangle$. Erscheint also der Habitus des Typus IV der Kluftdrusen 1 in gewissen Grenzen variabel, wobei aber die säulige Ausbildung dominiert, so macht sich dieses Schwanken doch lediglich in der ziemlich konstanten Formenkombination durch die Grössenentwicklung der Flächen in den Kombinationsreihen geltend. Ja, es kann vorkommen, dass eine Form nur in einem Quadranten am Kristallkörper erscheint, wie es überhaupt bei diesem Typ IV der Drusen keine Seltenheit ist, dass die Flächen einer Form — die charakteristischen Leitformen ausgenommen — in jedem Quadranten überaus unterschiedlich entwickelt sein können. Zum Unterschied zum Kristallvorkommen der Kluftdrusen 7 ist hier der Typus IV merklich formenärmer. Immerhin konnten, von feinsten Kantenabstumpfungen an einzelnen Kristallindividuen abgesehen, 10 Formen festgestellt werden: $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$, $y\langle 111 \rangle$, $b\langle 010 \rangle$, $\Phi\langle 103 \rangle$ und $x\langle 122 \rangle$. Sie verteilen sich an Hand von 10 untersuchten Kristallen auf 6 Formenkombinationen:

Die Formenkombinationen des Typus IV der Kluftdrusen 1

Nr.	Kombination	Habitus
1.	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$	Fig. 7A säulig
	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$	säulig
	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$	säulig
	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$	tafelig
2.	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$	tafelig
	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$	säulig
3.	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 103 \rangle$	säulig
4.	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$	tafelig
5.	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 010 \rangle$	prismatisch
6.	$\langle 001 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 010 \rangle$	Nach der b-Achse gestreckt tafelig

Die halbfetten Formen sind habitusbestimmend.

Die goniometrischen Messungen sind infolge der besseren Erhaltung der Flächen zuverlässiger und schwanken in bedeutend mässigeren Grenzen. Die sehr schmale, nur einmal gefundene Bipyramide $x\langle 122 \rangle$ wie auch das Prisma II. St. $\Phi\langle 103 \rangle$ konnten der sehr schlechten Erhaltung wegen nur angenähert oder durch Schimmermessung bestimmt werden (z. B. $(103):(001) = 15^\circ 04'$ gefunden, $15^\circ 18\frac{1}{2}'$ berechnet)).

Aus den Grundwinkeln

$$(101):(001) = 39^\circ 23' \text{ und } (011):(001) = 52^\circ 01'$$

ergab sich das

Achsenverhältnis für die Drusenkristalle der Kluft 1

$$a:b:c = 1,5601:1:1,2807$$

Hierzu folgt die

Tabelle 2. Messtabelle der Kristalle der Kluftdrusen 1

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
102 : 001	14	22° 05' — 22° 44'	22° 21'	22° 19'	+ 2'
102 : 101	16	16 51 — 17 19	17 02	17 04	— 2
101 : 001	11	39 09 — 39 28	39 23	—	—
101 : 10 $\bar{1}$	9	101 08 — 101 25	101 16	101 14	+ 2
210 : 101	1	—	60 02	59 59	+ 3
210 : 210	1	—	75 50	75 54	— 4
211 : 210	17	25 33 — 25 45	25 38	25 39	— 1
211 : 101	3	38 16 — 38 18	38 17	38 13	+ 4
211 : 001	5	64 12 — 64 33	64 22	64 21	+ 1
111 : 211	3	18 25 — 18 31	18 29	18 30	— 1
111 : 011	3	26 42 — 26 54	26 47	26 48	— 1
011 : 001	7	51 57 — 52 05	52 01	—	—
011 : 01 $\bar{1}$	3	75 49 — 75 58	75 55	75 58	— 3
111 : 001	1	—	56 46	56 41	+ 5

Mengenmässig, bezüglich der Individuenzahl, wohl aber nicht bezüglich seiner Substanz, steht das Vorkommen der Coelestinkristalle der Kluftdrusen 1 noch hinter den Kristallen des Typus III, liegt also eher unter 5% der Menge des Typus I.

Die Kristalle sind, vor allem diejenigen der säuligen Art des Typus IV, auf der a-Achse aufgewachsen, während die planare Typvariante die Aufwachsung nach der Basis vorzuziehen scheint.

Kluft 2

Kluft 2 verläuft nur etwa 8 m östlich parallel der Kluft 1. Sie führt, zumal im Bereich des stehengebliebenen Erzpfeilers, Calcit und derben Coelestin. Pyrit dürfte in den höheren Regionen wohl ebenfalls an der Paragenese teilnehmen.

Kluft 3

Kluft 3 ist die östlichste und letzte im alten (westlichen) Bergwerksrevier. Sie gehört, wie alle Klüfte bis zur Kluft 7, zum nordwestlich gerichteten Kluftsystem und macht sich nur als dünne Linie ohne nennenswerte Ausweitungen bemerkbar. Reichliche Pyritführung zeichnet sie aus. Massen winziger Oktaeder können die kleinen Skalenoeder des Calcit I völlig überkrusten. Kräftige grüne und blaue Anlauffarben herrschen auf solchen Aggregationen des Pyrits vor. Derber bläulicher Coelestin liess sich erst nach einigem Suchen, in geringer Menge zwar, nachweisen. Die Kluft konnte nur in der Höhe der Birmensdorfer Schichten auf ihre Mineralführung untersucht werden, wo das reichlichere Auftreten des Schwefeleisens an sich nichts Aussergewöhnliches zu sein braucht. Die tieferen Regionen waren schon 1938 abgebaut und weggeführt.

Die Klüfte 4 und 5

Diese Klüfte durchziehen etwa die Mitte der west-östlichen Ausdehnung des Grubengebietes und es besteht Veranlassung, anzunehmen, dass Kluft 4 nur der südliche, Kluft 5 die nördliche Partie des gleichen Kluftzuges ist. Kluft 4 zeigte auf Harnischen stark zerriebenen weissen, körnigen Coelestin.

Kluft 5, die durch die Förderstrecke III gekreuzt wird, weist dort stellenweise relativ grosse Erweiterungen auf, deren Wände von Calcitskalenoedern von einigen Millimetern Grösse über und über bedeckt sind. Die Kristalle sind sichtlich Lösungsbeeinflussungen ausgesetzt gewesen. Die Skalenoeder sind gerundet und besitzen seidenartigen Glanz. Coelestin fehlt. Die vielleicht frühere Anwesenheit von Pyrit verrät sich hie und da durch gelblich-braune Oberflächentönung der Calcitkristalle.

Mit

Kluft 6

sind wir bereits in dem durch die Hauptverwerfung des Grabenbruches im Osten des Abbaufeldes begrenzten Mineralbezirk. Vor allem der hier besonders reichlich auftretende Coelestin zeigt schöne und interessante Ausbildungen. Auch der Calcit ist grösser entwickelt. Pyrit ist bedeutend spärlicher zu finden als in den westlichen Klüften.

Im ganz im Süden aufgeschlossenen Teil dieser Kluft, wie übrigens auch in benachbarten Klüften, die sich gegen die Hauptverwerfung zu immer häufiger zeigen, können auf grobkörnigem, derbem Calcit grössere, ganz weisse Skalenoeder dieses Carbonats auftreten, die z. T. aggregierte, immer aber mehr oder weniger rauhe Flächen besitzen. In der Kluftmitte ist manchmal kristalliner blauer Coelestin als jüngste Füllmasse abgeschieden.

Eigentliche, wohlausgebildete Coelestinkristalle sind an diesem Fundpunkt nur als grosse Seltenheit beobachtet worden. Ein sehr klarer, glasglänzender, etwa 8 mm grosser Kristall wurde gemessen:

$$\begin{aligned} 101 : 001 &= 39^{\circ} 13' \text{ und } 39^{\circ} 18' \\ 101 : 10\bar{1} &= 101 \text{ } 24\frac{1}{2} \\ 011 : 001 &= 51 \text{ } 59\frac{1}{2} \text{ und } 51 \text{ } 58 \\ 011 : 01\bar{1} &= 75 \text{ } 55 \\ 210 : 2\bar{1}0 &= 75 \text{ } 58 \end{aligned}$$

Die sehr kleinen, rauhen Flächen der Bipyramidenreihe $z\langle 211 \rangle$, $y\langle 111 \rangle$ und $x\langle 122 \rangle$ mussten durch Schimmermessung bestimmt werden. Damit zeigt der fast isometrisch gebaute Kristall folgende Formenkombination:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$$

(halbfette Flächen sind habitusbestimmend). Nach der ganzen Art seiner Ausbildung lässt er sich zwanglos unter den Typus IV einreihen, der in seinem Vorkommen den Kluftdrusen eigentümlich ist.

Ungefähr 60 m weiter nördlich aber treffen wir in diesem gleichen Kluftzug auf Coelestinkristalle, die dem Typus II der offenen Kluft 1 in gewisser Beziehung entsprechen, doch so, dass sie in ihrem Habitus eine sichtliche Weiterentwicklung gegen den Typ IIIa erfahren haben. Diese Kristalle sitzen ohne jede Calcitunterlage direkt auf der Kluftwand. Sie sind klar durchsichtig, so dass der rotbraune Untergrund des Brauneisenerzes, innerhalb dessen Horizont sie sich gebildet haben, den Eindruck erweckt, als seien diese Coelestinindividuen rotbraun gefärbt. Sie bevorzugen als Sitz ihrer Gruppierungen gern die Vertiefungen im Kluftharnisch und schmiegen sich überhaupt sehr satt an die Wandung an, so dass die einzelnen Kristallkörper meist sehr unvollkommen entwickelt sind. Überdies sind die Kristalle weitgehend subindividuell aggregiert. Der Habitus ist ausgesprochen dicktafelig nach der Basis. Neben dem Basalpinakoid $c\langle 001 \rangle$ und den Prismen $d\langle 101 \rangle$ und $o\langle 011 \rangle$ erhält das vordere Pinakoid $a\langle 100 \rangle$ als das Charakteristikum der offenen Klüfte unseres Vorkommens eine mindestens ebenbürtige

Wichtigkeit. Dabei fällt es auf, dass auf den (100)-Flächen die sonst übliche Streifung parallel der c-Achse durch eine glatte Wölbung über den ganzen Bereich dieser Flächen hinweg ersetzt ist. Auch die Kanten anderer Flächenpaare verlaufen oft unregelmässig geschwungen. d(101) ist nicht selten gross entwickelt, wie überhaupt die habitusbestimmenden Flächen (c(001), a(100), d(101) und o(011)) untereinander in der Grössenrangordnung sehr wechseln können. z(211) und m(210) sind immer klein. Wie zu erwarten war, eignete sich die Ausbildung der Kristalle praktisch nicht zu zuverlässigen Messungen. Immerhin erlaubten sie die Sicherstellung der Flächen mit angenäherten Winkeln. Die Formenkombination ist stets die gleiche:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$$

Die Individuen sind selten grösser als 3 mm und haben mehr einen öligen Glanz.

Weisser, derber Calcit tritt an diesem Fundpunkt nur in einer engbenachbarten Kluft auf. Pyrit konnte nicht beobachtet werden.

Kluft 7

Wie schon Kluft 6 ist Kluft 7 nur in der Erzzone selbst aufgeschlossen, so dass es nicht möglich ist, etwas über die Mineralausbildung in den Hangendschichten auszusagen. Mit Kluft 7 ist die östlichste Abbaugrenze diesseits der Hauptverwerfung erreicht. Der mineralführende Kluftzug liegt jedoch noch einige Meter herwärts der grossen Störung, in der die Schollen abgesunken sind, und zeigt keine Verwerfungsmerkmale. Die interessante Mineralführung ist aber offenbar nur sehr lokal entwickelt, denn die ca. 40 m nördlicher gegen die Hauptverwerfung vorgetriebene Strecke VIII legte nur eine sehr spärliche Calcitführung frei. Die eigentliche Verwerfungszone führt — ausser Calcit — keine Mineralien. In ihrer nördlichen Fortsetzung, also gegen die höher gelegenen Teile des Grubenfeldes, ist überhaupt höchstens eine Moränenlehmfüllung nachzuweisen. Um so bemerkenswerter erscheint die starke Mineralabscheidung im tiefstgelegenen Zipfel des ganzen erschlossenen Grubengebietes im Südosten, eine Erscheinung, die offensichtlich im Zusammenhang mit der allgemeinen Anreicherung vor allem des Coelestins in diesem „Muldentiefsten“ (s. pg. 7) steht.

Die eigenartige Übereinstimmung der Mineralbildung der Kluft 7 mit der immerhin etwa 500 m weiter westlich gelegenen Kluft 1 ist schon mehrfach angedeutet worden. Die Intensität der Coelestinausscheidung erscheint aber unvergleichlich grösser als in der zuerst beschriebenen Kluft. Die Tatsache, dass nicht nur der Coelestin als Hauptmineral hier in den gleichen zwei grundsätzlich verschiedenen Ausbildungsweisen auftritt, die bei der Beschreibung der Kluft 1 zur Unterscheidung von Kristallen der „offenen Kluft“ und der „Kluftdrusen“ Anlass gegeben hat, möge dazu berechtigen, diese Zweiteilung des Vorkommens auch für Kluft 7 unbedenklich beizubehalten, wobei einschränkend darauf hingewiesen sei, dass hier weniger ein Nebeneinander der offenen Kluft und der geschlossenen Kluft Räume festzustellen ist. Vielmehr erweckt dieses Vorkommen den Anschein, als entsprechen die „Drusen“ einer nach Norden langsam ausklingenden Kluftmineralisation. Sie stellen an der Nordwandung der Wasserstrecke, welche die Lagerstätte erschlossen hat, kleine, in sich selbständige Weitungen der Kluftlinie dar, während an der Südwand die Kluft bis zu 10 cm weit und offensichtlich tiefgehend aufgerissen ist. Wie sich die Mineralbildung in der südlichen Fortsetzung der Kluft gestaltet haben mag, und wie sie sich in vertikaler Ausdehnung verhält, ist mangels Aufschlüssen und bei der nur noch geringen Überdeckung dieses Grubensektors nicht zu beantworten.

Eine bis 5 cm dicke Kruste von grobkristallinem, derbem, manchmal etwas drusig entwickeltem Coelestin bedeckt als sichtlich älteste Abscheidung die Kluftwandung. Seine Farbe schwankt auch hier zwischen kräftigem Blau und Weiss. Im Gegensatz zur Kluft 1 sind Harnischbildungen wie Zerreibungen zu körnigem Coelestin nicht zu beobachten. Auf diese derben Coelestinmassen folgen an vielen Stellen Partien von anstehendem rotbraunem Erz, das entweder nur als dünne Häutchen oder in dickeren Lagen auftreten kann. Darauf hat sich ein dichter Rasen kleinster Skalenoeder von Calcit angesiedelt, der seinerseits wieder von den dicht aneinandergereihten, eigentlichen Coelestinkristallen der offenen Kluft bedeckt wird. Pyrit ist ausserordentlich selten und nur als winzige Einschlüsse in den Coelestinkristallen feststellbar. Es wird wohl, ähnlich wie in Kluft 1, zu erwarten sein, dass er im unerschlossenen Hangenden reichlicher zu finden wäre. Wir können nun rückblickend sagen, dass die lückenlose Kluftparagenese, wie wir sie bisher kennengelernt haben, nur in der Mineralabscheidung zum Ausdruck kommt, die auf die dünne Erzzwischenschaltung als jüngere Bildungen folgen.

Beschreibung der Kristalle des Coelestins der offenen Kluft 7. Der in prächtigen Kristallen ausgebildete Coelestin der II. Bildungsphase entspricht in seinem Habitus den Typen I und II der Kluft 1. Der grösseren Intensität der Coelestinabscheidung I stellt sich die unvergleichlich grössere Menge des Coelestins II gegenüber der Kluft 1 zur Seite. Stellenweise ist aber die Coelestinabscheidung auf dem Calcitrasen auch sehr spärlich erfolgt. Dann finden sich auffallend grössere Einzelkristalle bis fast 1 cm in grösster Ausdehnung, von denen einer in Fig. 9, Tafel II, abgebildet ist. Im Bereich der enggescharten Kristallisationen sind die einzelnen Individuen kleiner und erreichen maximal etwa 7 cm Grösse (Fig. 8, Tafel II).

In der Regel sind die Kristalle schön blau gefärbt und besitzen bei ihrem frischen Zustand eine klare, durchsichtige Beschaffenheit. Sie sind überwiegend auf der b-Achse aufgewachsen. Bei extrem tafeligem Habitus kann aber auch die c-Achse, bei ausgeprägter Tendenz zu säuliger Ausbildung die a-Achse senkrecht zur Aufwachsungsfläche gestellt sein. Im ersteren Falle zeigt sich der Effekt, dass die stets durch Ätzung milchig-trüben, nur blassblauen $o(011)$ -Flächen nach oben gekehrt sind. Namentlich Kristalle dieser Aufwachsungsart nach der b-Achse zeigen ferner eine mehr oder weniger deutliche orientierte Aufstellung der einzelnen Kristalle. Leider war es nicht möglich, diese Orientierung gegenüber der unversehrten Kluftwandung zu fixieren. Doch zeigt sich an Handstücken, dass die Gleichrichtung der Kristalle in dem Sinne gedeutet werden kann, dass die einzelnen Kristallkörper ihre Breitseite, in der Regel die Basis, dem Gefälle der Kluftwässer zugekehrt haben.

Zwischen ausgesprochen tafeligem Habitus und säuliger Ausbildung, die bei kleinen Individuen durch Verschwinden der Basis sogar ausgezeichnet prismatisch werden kann, sind alle Übergänge zu beobachten. Am zahlreichsten erscheint ein mittlerer Typus mit mehr oder weniger vorherrschender Basis und stärkerer Streckung nach der a-Achse, ein Typus also, der dem Habitus und der Entwicklungstendenz der an den Kombinationen beteiligten Formen nach sehr weitgehend mit Typ II der Kluft 1 übereinstimmt. Grösste Konstanz der habitusbestimmenden Eigenschaft zeigen indessen nur die Flächen $o(011)$ und $d(101)$, während — wie bereits erwähnt — $c(001)$ besonders bei säuliger Ausbildung sehr stark an Wichtigkeit einbüssen kann. Mit Ausnahme von $o(011)$ sind die Flächen aller anderen Formen glatt und spiegelnd. Wie $m(210)$ tritt auch die Bipyramide $z\langle 211 \rangle$ stets weit zurück, wobei wie beim Typ II $m(210)$ immer dominiert. Durch

alternierende Repetition der m -Flächen entsteht an den Individuen sehr häufig jene grobzerhackte Kante $(101)/(10\bar{1})$, die auch an den Kristallen des Typus I der Kluft 1 so häufig anzutreffen ist, und hier ebenfalls zur Realisierung der $a(100)$ -Scheinflächen überleitet. Für die Verwandtschaft der Grosszahl der Kristalle zum Typ II ist es ferner bezeichnend, dass die Zone $[010]$ keine Bedeutung erlangt, denn ausser $d\langle 101 \rangle$ fehlen alle weiteren Formen $\langle h01 \rangle$. Es sind überhaupt keine Zonen besonders bevorzugt. Im Gegensatz zur Kluft 1, wo die Bipyramide $f\langle 213 \rangle$ individuell aufzutreten pflegt, steht hier das überaus häufige Erscheinen der Bipyramide $x\langle 122 \rangle$. Sie ist nicht gerade klein entwickelt, kann sie doch oft die Pyramide $z\langle 211 \rangle$ an Grösse übertreffen. Wegen ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu den $o(011)$ -Flächen erscheint sie gleichfalls immer stark geätzt und getrübt. Rechnet man hinzu, dass sogar das Pinakoid $b\langle 010 \rangle$, diese „individuelle Nebenform“ der Kluftdrusen, an einigen Kristallen als teils deutliche, teils feinste Abstumpfung der Kante $(011)/(01\bar{1})$ zu beobachten ist, wird man zu der Annahme gelangen, dass gewisse Beziehungen zum Drusentyp IV bestehen mögen. Es ist eingangs dieses Abschnittes auf pg. 27 bereits darauf hingewiesen worden, dass die Stellung beider Kluftdrusenarten, diejenigen der Kluft 1 und die der Kluft 7, nicht gleich erscheint, dass letztere nur als Fortsetzung des offenen Kluftzuges nach Norden angesehen werden kann, so dass die an den Kristallen des Coelestins der Kluft 7 zum Ausdruck kommenden verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den beiden unterschiedenen Kristallisationsraumarten im Rahmen einer natürlichen Entwicklung zu stehen scheinen. Gemessen an den Kristallen der Kluft 1 zeigen jene der Kluft 7 durch diese Verwandtschaftstendenz zu den Charakteren des Drusentypus eine weniger in sich geschlossene Eigenart und es ist auch festzustellen, dass sich hier eine Trennung in zwei Ausbildungstypen, wie dies in Kluft 1 möglich gewesen ist, wesentlich schwieriger gestaltet. Die Merkmale vermengen sich dergestalt, dass z. B. an den ausgesprochen tafeligen Kristallen, die in der Kluft 1 zum Typ I zu stellen waren, das Charakteristische des Typus II erscheint. Wenn nun auch die lokale Eigenart der Kristallausbildung der offenen Kluft 7 manche Unterschiede im Habitus gegenüber den entsprechenden Kristallen der Kluft 1 aufweist, sind doch die morphologischen Variationen nicht derart, dass für die grosse Mehrzahl der Kristalle ein neuer Typ anstelle des Typus II gesetzt werden müsste. Einzig die seltene prismatische Ausbildung mit fehlender Basis rechtfertigt es, diese als selbständigen Typ V zu bezeichnen. Mit diesem Typ V kommt übrigens eine Entwicklung zum Ausdruck, die ihr Gegenstück im Typ IIIa der Kluft 1 besitzt, die aber im Gegensatz dazu nicht nach der b -Achse, sondern nach der a -Achse gestreckt ist und auch entsprechend morphologisch abweicht. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass Typ III auf der Höhe des oberen rotbraunen Eisenerzes in der Kluft zur Ausbildung gekommen ist, also mit den Kristallen der Kluft 7 den gleichen Klufthorizont gemeinsam hat, dass aber in Kluft 7 alle Entwicklungstypen in diesem Horizont „zusammengedrängt“ erscheinen. Der Klufthorizont als Sitzmerkmal der Kristalle kann demnach keinerlei morphologische Bedeutung haben.

Problematische, besonders schlecht entwickelte Flächen, die wahrscheinlich eher als Lösungsflächen anzusprechen sein werden, sind vielleicht als $\gamma(111)$ und $\beta(221)$ zu identifizieren. Sie machen sich nur als schmale Kantenabstumpfung bemerkbar und sind selten zu beobachten. Lösungseinwirkungen auf die Coelestinkristalle zeigen sich nämlich in der Kluft recht unterschiedlich. Gradmesser dafür ist der Erhaltungszustand der $o(011)$ -Flächen. Zum Teil äussert sich die Ätzung in einer über die ganze Fläche gleichbleibenden, nicht tiefgehenden Aufräuhung, so dass die Flächen matt erscheinen. Zum andern aber können die Flächen dieses Prismas sehr tief eingefressen sein, so dass die Kanten zu den Nachbarflächen verschwinden und einer Abrundung Platz machen. Angrenzende kleine

Flächen, wie $x(122)$, werden an solchen Kristallen nicht mehr nachweisbar. Mit der fortschreitenden Lösungseinwirkung werden, wie es schon für die Kristalle der Kluft 1 (pg. 20) beschrieben worden ist, auch die Flächen der Formen $m(210)$ und $z(211)$ sichtlich in Mitleidenschaft gezogen. Auf den m -Flächen verursachen Ätzhügel starke Unebenheiten.

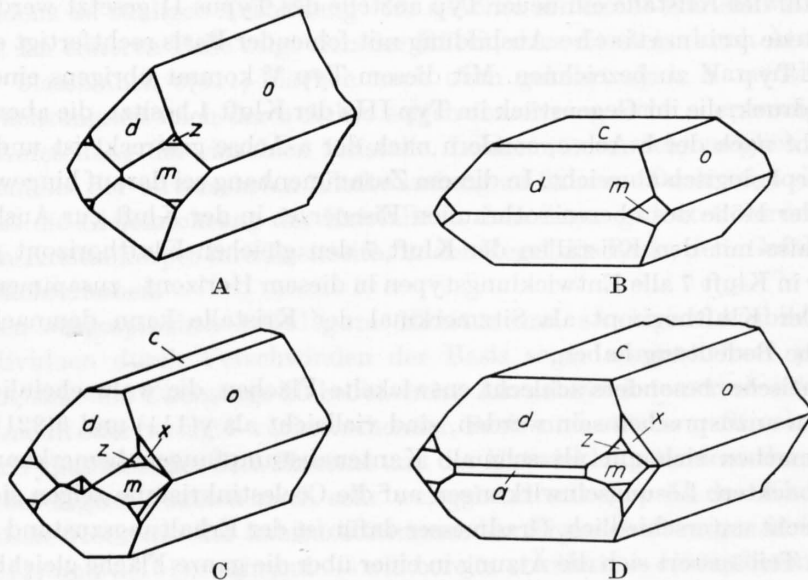
Acht Formen können demnach als Wachstumsformen für die Kristalle der offenen Kluft 7 aufgeführt werden: $o(011)$, $d(101)$, $c(001)$, $m(210)$, $z(211)$, $a(100)$, $x(122)$ und $b(010)$. Angesichts der Variabilität der Habitusausbildung sind die 8 Formen recht unterschiedlich an den Formenkombinationen beteiligt. Auf drei Stufen wurden wahllos 23 Einzelkristalle daraufhin untersucht (einschliesslich der gemessenen Kristalle):

Die Formenkombinationen der Coelestinkristalle der offenen Kluft 7

1. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$	Fig. 10 A	2×	Typ V
2. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$	Fig. 10 B	3×	Tafelig
3. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$		2×	
4. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$	Fig. 10 C	2×	Säulig
5. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 122 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$		2×	
6. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$		2×	
7. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$		2×	
8. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 122 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$		7×	Tafelig bis säulig
9. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 122 \rangle \cdot \langle 010 \rangle$		1×	Tafelig

Die Kombination Nr. 8 ist dargestellt in den Figuren 9, Tafel II und 10 D.

Die Messungen boten die gleichen Schwierigkeiten wie jene der Kluftkristalle 1. Sie waren eher noch grösser, da die Kristalle, besonders die grösseren Individuen, aus Subindividuen aufgebaut erscheinen, die Winkelschwankungen bis $\pm 1^\circ$ verursacht haben. Eine gewissenhafte Prüfung der Signale und auf ihre Zugehörigkeit war daher unerlässlich. Z. B. zeigte der auf Fig. 9 abgebildete Einzelkristall bei seiner fast allseitigen Aus-



Figur 10. Coelestin-Kristalltypen der offenen Kluft 7. $a(100)$, $o(011)$, $d(101)$, $m(210)$, $z(211)$, $x(122)$
A: Typ V. Prismatisch nach der a -Achse B: Typ I der offenen Kluft 7. Dicktafelig nach der Basis
C und D: Typ II. Säulig nach der a -Achse. C zeigt die charakteristische Einkerbung der Kante d - d

bildung auf den Flächenpaaren (001):(211) und (211):(210) Doppelsignale, die mehrfach etwa den Winkelwert $63^{\circ}37'$ resp. $26^{\circ}25'$ ergeben haben, eine Erscheinung, die an vielen andern Kristallen und Polkanten in ähnlicher Weise zu beobachten war. Die o-Flächen waren natürlich zur Messung völlig ungeeignet, und auch die Flächen der Bipyramide $x\langle 122 \rangle$ konnten nur durch Schimmermessung angenähert gesichert werden (Winkel (101):(122) = $52^{\circ}24'$ gemessen, $51^{\circ}58'$ berechnet).

Aus den Grundwinkeln

$$(001):(101) = 39^{\circ}23' \text{ und } (210):(2\bar{1}0) = 75^{\circ}48'$$

ist das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der offenen Kluft 7

$$a : b : c = 1,5570 : 1 : 1,2781$$

errechnet worden.

Dazu gehört folgende

Tabelle 3. Messtabelle der Coelestinkristalle der offenen Kluft 7

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
001 : 101	9	$39^{\circ}16' - 39^{\circ}36'$	$39^{\circ}23'$	—	—
101 : $10\bar{1}$	2	101 02 — 101 30	101 16	$101^{\circ}14'$	+ 2'
001 : 211	2	64 11 — 64 37	64 24	64 20	+ 4
210 : 211	8	25 14 — 25 56	25 35	25 40	- 5
210 : $2\bar{1}0$	3	$75^{\circ}31' - 75^{\circ}58'$	$75^{\circ}48'$	—	—
101 : 211	2	37 56 — 38 33	38 15	$38^{\circ}11\frac{1}{2}'$	+ $3\frac{1}{2}'$
101 : 210	3	59 46 — 59 55	59 50	$59^{\circ}57\frac{1}{2}'$	- $7\frac{1}{2}'$
001 : 210	1	—	90 01	90 00	+ 1

Die Coelestinkristalle der Drusen der Kluft 7

Sie sind ohne Zweifel als die schönsten Coelestinbildungen des ganzen Herznacher Vorkommens anzusprechen, sowohl wegen ihres Aussehens wie auch wegen ihres Flächenreichtums. Sie stehen etwa im gleichen Verhältnis zum Drusentyp der Kluft 1 wie die Kristalle der offenen Kluft 7 zu denjenigen des gleichartigen Vorkommens der Kluft 1. Bei aller Ähnlichkeit des Kristallisationsraumes der Drusenbildungen beider Klüfte, und obwohl diese Ähnlichkeit durch das hier wie dort gleich hervorragende Aussehen der Kristalle und durch die grundsätzliche Habitusübereinstimmung noch besonders zum Ausdruck kommt, sind doch Unterschiede vorhanden, die nicht übersehen werden dürfen. Einmal sind die Coelestinkristalle der Kluftdrusen 7 entschieden kleiner als diejenigen der Kluft 1. Können sie dort bis 20 mm in ihrer Längsausdehnung erreichen, sind sie hier nicht grösser als 5 mm. Dort sind die Grössenunterschiede ausserordentlich stark ausgeprägt, hier machen die auf den Stufen hervortretenden Individuen den Eindruck eines ziemlich gleichmässigen Grössenwachstums. In Kluft 1 ist der begleitende Calcit immer bedeutend kleiner, hier in Kluft 7 sind die undurchsichtig weissen Skalenoeeder ungefähr gleich gross wie die Coelestinkristalle. Die Calcitindividuen bilden auch keinen auffallend gleichförmigen Rasen, auf dem der Coelestin aufgewachsen erscheint wie in Kluft 1, sondern beide Mineralien sind enggeschart nebeneinander und mehr oder weniger regellos gemengt, so dass anzunehmen ist, dass sie gleichzeitig entstanden sind.

Die in der Regel nicht oder nur schwach himmelblau gefärbten Kristalle des Coelestins sind klar durchsichtig und zeigen einen ausgezeichnet frischen Glasglanz. Zu den 10 Kristallformen, die an den Formenkombinationen der Kristalle der Kluftdrusen 1 beteiligt sind, treten nur noch zwei weitere Bipyramiden, so dass folgende 12 Formen in Betracht kommen: $o\langle 011 \rangle$, $c\langle 001 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$, $\Phi\langle 103 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$, $y\langle 111 \rangle$, $x\langle 122 \rangle$, $v\langle 312 \rangle$, $\tau\langle 121 \rangle$ und $b\langle 010 \rangle$. Nicht selten zeigen sich an manchen Flächenkanten noch feinste Abstumpfungen, die sich aber an keinem der untersuchten Kristallen zu mess- und indizierbaren Flächen realisiert haben.

$o\langle 011 \rangle$ ist die konstant dominierende Hauptleitform und mit den ebenfalls kaum einmal fehlenden Leitformen c , m , d und z abwechselnd an der weit vorherrschenden säuligen Habitusausbildung beteiligt. Dadurch macht sich eine lebhaft Variabilität innerhalb des säuligen Charakters der Kristalle selbst bemerkbar, die noch dadurch verstärkt wird, dass die einzelnen Flächen von Formen, die an der Kombination beteiligt sind, ausserordentlich unterschiedlich entwickelt sein können, dergestalt, dass sie in einem Oktanten gross und im benachbarten stark reduziert oder gar unterdrückt erscheinen. Es ist kein Kristall gefunden worden, der alle festgestellten Formen kombiniert zeigen würde (s. Kombinationentabelle unten). Bemerkenswert ist das gar nicht seltene starke Zurücktreten der Basis, so dass solche Kristalle zu dem prismatischen Habitus hinneigen und sich dem Typus V zur Seite stellen, der im offenen Kluftteil vorkommt und damit ein Bindeglied der Kristallgestaltung beider Arten der Kluftvorkommen darstellt.

Die sonst matte Form $o\langle 011 \rangle$ ist bei den Drusenkristallen der Kluft 7 ausnahmslos völlig klar. Dagegen sind die stets nur sehr wenig entwickelten Flächen $b\langle 010 \rangle$, $\tau\langle 121 \rangle$ und $x\langle 122 \rangle$ mehr oder weniger stark geätzt. Auch die $l\langle 102 \rangle$ -Flächen erscheinen manchmal angegriffen. In wenigen Fällen zeigen sich Streifungen parallel der b -Achse auf der Basis wie auch auf $d\langle 101 \rangle$. Die Bipyramide $v\langle 312 \rangle$ besitzt keine selbständige Entwicklungstendenz. Sie tritt nur dann mehr oder weniger breit auf, wenn die Zone $[111]$ durch die gegenseitige Berührung der Flächen (101) und (211) realisiert ist und diese Flächen relativ gross ausgebildet sind. An 18 wahllos herausgegriffenen Kristallen konnten folgende

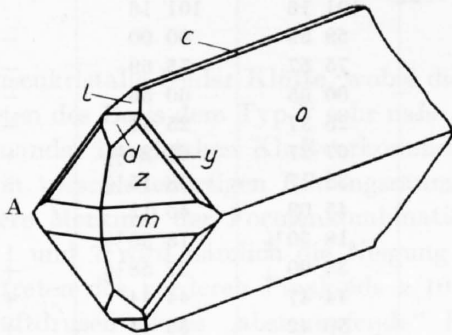
Formenkombinationen am Coelestin der Kluftdrusen 7

gefunden werden (habitusbestimmende Flächen sind halbfett):

Formen- zahl	beob- achtet	Formkombinationen
6 1)	1 mal	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$
7 2)	2 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 001 \rangle$
3)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 010 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$
4)	2 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$
8 5)	2 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 312 \rangle$
6)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 121 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$
7)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$
8)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 010 \rangle$
9 9)	2 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 010 \rangle \cdot \langle 312 \rangle$
10)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 103 \rangle$
11)	2 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 121 \rangle \cdot \langle 010 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$
12)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$
10 13)	1 „	$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 010 \rangle \cdot \langle 121 \rangle$

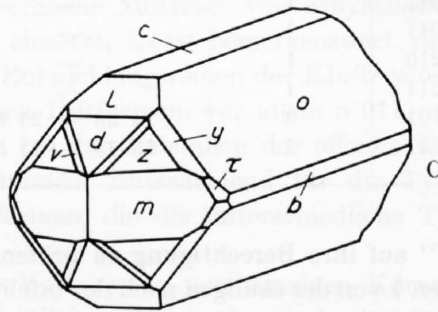
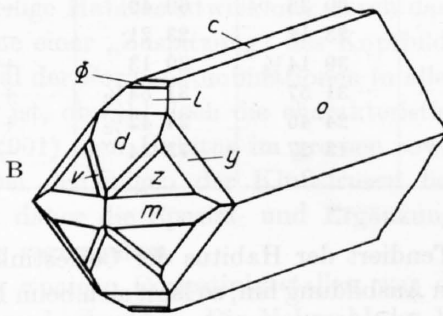
Die Figuren 11A, 11B und 11C stellen Kristallausbildungen der 2., 10. und 13. oben angeführten Kombination dar, wobei nochmals darauf hingewiesen werden soll, dass — angesichts der ausserordentlich schwankenden Flächenentwicklungen — das gezeichnete Kristallbild immer nur das Beispiel eines willkürlich gewählten Individuums darstellen kann.

Wie aus der Kombinationstabelle ersichtlich ist, sind die Kombinationen mit 7—9 Formen am reichlichsten vertreten. An einem mehr nach $c(001)$ tafeligen Typus wurde die Bipyramide $x\langle 122 \rangle$ an allen Kristallen gefunden. Diese Ausbildung tendiert somit gegen den Typus II der offenen Kluft. Von den charakteristischen Entwicklungszonen treten nur die Zonen $[011]$, $[010]$ und $[111]$ etwas hervor.



Figur 11. Kluft 7. Coelestin-Kristall-typus IV der Kluftdrusen

c (001), o (011), d (101), l (102), Φ (103), m (210), z (211), y (111), v (312), τ (121), b (010)



Der prächtige Erhaltungszustand der Kristalle hat recht zuverlässige Messungen erlaubt. Aus den ermittelten Grundwinkeln

$$(001):(101) = 39^\circ 22' \text{ und} \\ (001):(011) = 52^\circ 02'$$

errechnete sich das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der Drusenräume der Kluft 7

$$a : b : c = 1,5620 : 1 : 1,2815.$$

Acht nach Möglichkeit vollständig durchgemessene Kristalle haben die Winkelwerte nach Tabelle 4 ergeben.

Die Habitusübereinstimmung der Coelestinkristalle, die in den Drusenräumen der beiden Klüfte 1 und 7 gewachsen sind, ist bereits mehr oder weniger einschränkend als eine „grundsätzliche“ bezeichnet worden, und es mag sich noch empfehlen, die vorher schon mehrfach zu Vergleichszwecken angeführte Bezeichnung der Drusenkristalle als

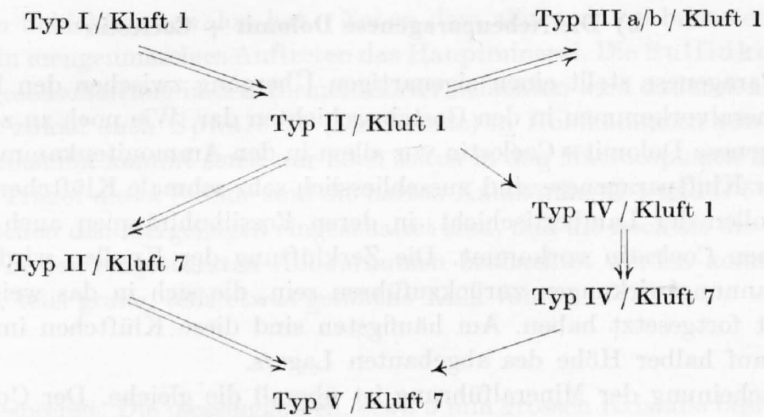
Tabelle 4. Winkeltabelle der Coelestinkristalle der Kluftdrusen 7

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
001 : 011	13	51° 53' — 52° 06'	52° 02'	—	—
011 : 01 $\bar{1}$	8	75 47 — 76 02	75 56	75° 56'	0
011 : 010	2	37 50 — 38 05	37 57	37 58	— 1'
011 : 101	1	—	61 38	61 36	+ 2
103 : 001	1	—	15 18	15 17½	+ 0½
102 : 001	8	22 05 — 22 23	22 19	22 18	+ 1
102 : 101	8	16 52 — 17 06	17 00	17 03½	— 3½
101 : 001	7	39 10 — 39 25	39 22	—	—
101 : 10 $\bar{1}$	2	101 13 — 101 19	101 16	101 16	0
101 : 210	2	59 57 — 60 01	59 59	60 00	— 1
210 : 2 $\bar{1}$ 0	2	75 56 — 75 58	75 57	75 59	— 2
210 : 011	1	—	60 55	60 56	— 1
211 : 210	5	25 34 — 25 39	25 37	25 41	— 4
211 : 2 $\bar{1}$ 1	1	—	67 27	67 24½	+ 2½
211 : 101	4	38 15 — 38 19	38 17	38 15½	+ 1½
211 : 011	5	45 01 — 45 16	45 09	45 12	— 3
111 : 211	10	18 29 — 18 37	18 30½	18 30½	0
111 : 210	1	—	38 00	37 58½	+ 1½
111 : 101	2	44 46 — 44 47	44 47	44 44	+ 3
111 : 001	1	—	56 42	56 41	+ 1
121 : 011	1	—	60 36	60 40	— 4
121 : 01 $\bar{1}$	1	—	23 12	23 21	— 9
121 : 210	1	—	39 14½	39 13	+ 1½
121 : 211	1	—	31 57	31 53½	+ 3½
312 : 101	3	24 38 — 25 00	24 45	24 42½	+ 2½
312 : 211	2	13 15 — 13 39	13 27	13 34	— 7

„Typ IV“ auf ihre Berechtigung zu prüfen. Tendiert der Habitus der Coelestinkristalle der Drusen 1 von der säuligen nach der tafeligen Ausbildung hin, so lässt sich beim Drusen-typ der Kluft 7 eine deutliche Entwicklung nach der prismatischen Richtung erkennen. Dies wiederum aber weist auf bereits festgestellte morphologische Beziehungen zu den Kristallen der offenen Kluft 7 hin, indem dort der prismatische Kristalltyp V (Fig. 10A) ein Endglied der Ausbildung der Coelestinkristalle darstellt. Vergleichen wir ferner den Typ IV der Coelestinkristalle der Drusen der Kluft 1 (Fig. 7A) mit Typ II der offenen Kluft 1 (Fig. 5B), so kann festgestellt werden, dass auch hier eine grosse Annäherung der morphologischen Ausbildung besteht. Die Unterschiede sind nur kombinatorischer Natur, wenn man vom stark differierenden Aussehen der Kristalle absieht. Zwischen den Ausbildungstypen der Coelestinkristalle der Klüfte bestehen also ganz offensichtlich Zusammenhänge morphologischer Art, die deutlich bestimmte Entwicklungsreihen erkennen lassen:

Schema der morphologischen Zusammenhänge der Kluftkristalle des Coelestins

Es zeichnen sich also drei Entwicklungsreihen ab. Die erste betrifft allein die Kluft 1, in der die Reihe der Typen I–II–IIIa–IIIb erkennbar ist. Die beiden anderen Reihen haben ihren gemeinsamen Ausgangspunkt vom Typ II der Kluft I und gehen einerseits über die Kristallausbildung der offenen Kluft 7 zum Typ V, andererseits über



die Drusenkristalle beider Klüfte, wobei diejenigen der Kluft 7 durch ihr deutliches Zurücktreten des Basis dem Typ V sehr nahe kommen. Die Trennung der Typen II und IV untereinander im gleichen Kluftvorkommen rechtfertigt sich durch diese Entwicklungsreihen in verschiedenartigen Bildungsräumen, sie rechtfertigt sich aber auch durch das besondere Merkmal der Formenkombinationen. Bei den Kristallen der offenen Klufträume 1 und 7 wird nämlich die Neigung zur Abstumpfung des Kopfbildes durch das Hervortreten des vorderen Pinakoids $a\langle 100 \rangle$ unterstrichen, während bei den Kristallen der Kluftdrusen dieses „abstumpfende“ Pinakoid nicht nur völlig fehlt, sondern die gegenteilige Habitusentwicklung durch das reichliche Auftreten von Bipyramidenformen im Sinne einer „Zuspitzung“ des Kopfbildes einsetzt. Es ist bemerkenswert, dass dieses Merkmal der Formenkombinationen in allen Entwicklungsreihen der Kluftcoelestine verfolgbar ist, obwohl doch die charakteristischen Leitformen, vor allem $o\langle 011 \rangle$ und dann auch $c\langle 001 \rangle$, den Habitus im grossen sowohl bei den Kristallen der offenen Klüfte wie auch bei denjenigen der Kluftdrusen bestimmen. Entscheidend für die Typisierung werden daher die Spezial- und Ergänzungsformen, die die unterschiedliche Typenabildung verursachen.

An wenigen Coelestinkristallen war das Vorkommen von winzigen Körnchen von Pyrit zu beobachten. Die Mehrzahl der Kriställchen sind in der Coelestinsubstanz eingeschlossen. Eine deutliche Kristallform ist nicht zu beobachten. Es mag dabei daran erinnert werden, dass z. B. in Kluft 1 der Pyrit in der Höhe des Eisenerzes nicht zu beobachten ist, während er in den Kluftpartien der Hangendschichten sehr reichlich auftreten kann. In Kluft 7 sind aber die Hangendpartien nicht aufgeschlossen. Das spärliche Auftreten von Pyrit in den Drusen der Kluft 7 ist daher nichts aussergewöhnliches.

Kluft 8

Im westlichen Teil der Grube, in der westlichen Fortsetzung der Förderstrecke V, wurde eine Kluftkreuzung angetroffen. Die eine, nur durch dünne Mineralschnüre gekennzeichnete Kluft, gehört dem nord-südlichen Kluftsystem an, während die andere — bereits auf Seite 7 erwähnte — Kluft dem ost-westlichen System angehört. Diese nur mit etwa 6° nach Norden einfallende Klüftung führt in perlschnurartigen Ausweitungen, den Kluftdrusen ähnlich, Calcit und Coelestin. Calcit in weissen, derbkristallinen Massen ist zuerst an der Erzwandung ausgeschieden, dann folgt als Restausscheidung derber Coelestin in prächtig blauer Farbe. Ein solcher „Mineralgang“ ist in Fig. 12, Tafel II, abgebildet.

b) Die Nebenparagenese Dolomit + Coelestin

Diese Paragenese stellt einen eigenartigen Übergang zwischen den Kluftmineralien und den Mineralvorkommen in den Gesteinsschichten dar. Wie noch zu zeigen sein wird, ist die Paragenese Dolomit + Coelestin vor allem in den Ammonitenkammern sehr häufig. Träger dieser Kluftparagenese sind ausschliesslich sehr schmale Klüftchen in den harten, spröden Knollen der Lambertischicht, in deren Fossilhohlräumen auch sonst reichlich Dolomit neben Coelestin vorkommt. Die Zerklüftung der Knollen wird wohl auf tektonische Spannungswirkungen zurückzuführen sein, die sich in das weichere Nachbargestein nicht fortgesetzt haben. Am häufigsten sind diese Klüftchen im mittleren Teil der Grube, auf halber Höhe des abgebauten Lagers.

Die Erscheinung der Mineralführung ist überall die gleiche. Der Coelestin, meist ganz auffällig fleisch- bis himbeerrot gefärbt, ist völlig zerfressen und meist nur in undefinierbaren Relikten vorhanden. Er muss ursprünglich in ziemlich ansehnlichen Mengen vorhanden gewesen sein. In vielen Fällen erkennt man noch, dass er die Klüftchen in derben Partien ganz ausgefüllt haben muss. Der Dolomit ist die erste Ausscheidung. Er tritt in lebhaft glänzenden, weissen, halbdurchsichtigen Perlsparthomboederchen auf und bedeckt meist die ganze Kluftwand als dichter Rasen. Die Einzelkristalle sind entsprechend des sehr kleinen Klufttraumes von recht geringer Grösse. Offensichtlich ist, wie dies auch in Kluft 1 zu beobachten war, der Coelestin bedeutend leichter von nachfolgenden Lösungen angegriffen worden, als der Dolomit, dessen Kristalle noch frisch erscheinen.

Pyrit fehlt auch hier nicht ganz, doch ist es fraglich, ob sein sporadisches Auftreten mit der Paragenese in Zusammenhang zu bringen ist, da er auch im Gestein in kleinen Körnern beobachtet werden kann. Jedenfalls entspricht das einmal gefundene Pyritaggregat in einer Höhlung der Dolomitkruste keineswegs den Kristallisationen, die in der vorbesprochenen Hauptparagenese auf den Calcitkristallen als jüngere Bildungen aufgewachsen sind.

4. DAS VORKOMMEN DER MINERALIEN IN DEN GESTEINSSCHICHTEN

Dem Wege des deszendierenden Wassers folgend, seien die Mineralvorkommen von den stratigraphischen Schichten des Hangenden nach dem Liegenden hin beschrieben. Es soll damit versucht werden, durch die möglichste Einhaltung des natürlichen Weges der Epigenese in der Beschreibung der sekundären Mineralien des Bergwerks Herznach, so wie sie sich dem Beobachter in der Gegenwart bietet, den Spuren der Bildungsvorgänge nachzugehen, ohne zunächst der theoretischen Auseinandersetzung vorzugreifen. Dabei spielen die teils sehr reichen Mineralparagenesen der Hohlräume der Fossilien sowie metasomatische Erscheinungen eine gleich wichtige Rolle. Beide sind durch den einzigartigen und weiträumigen Aufschluss auch in ihren Zusammenhängen freigelegt worden.

a) Die Birmensdorfer Schichten

(Argovien. G 1—7 des geol. Profils.)

Es sei im voraus betont, dass die Mineralführung der Birmensdorfer Schichten, die sich auch in ihrem Gesteinscharakter von den liegenden Ablagerungen absondern, eine gewisse Selbständigkeit und Eigenart gegenüber den Mineralassoziationen in den nach

unten folgenden Schichten bewahrt hat. Neben dem allgemein verbreiteten Calcit ist Pyrit durch sein mengenmässiges Auftreten das Hauptmineral. Die Sulfidkomponente der Mineralvergesellschaftung in den Birmensdorfer Schichten wird dadurch zum entscheidenden Faktor, zumal auch Sphalerit (Zinkblende) in Hohlkammern von Ammoniten auftritt. Das Zinksulfid kommt sonst nur noch selten in den Macrocephalen im Liegenden des Lagers vor. Träger dieser Sulfide sind die harten Kalkbänke, G 4 und G 6 (Geol. Profil, Fig. 1), die zwischen den Mergellagen eingeschaltet sind, und die noch als die obersten Gesteinsschichten in den eingestürzten Abbauräumen beobachtet werden konnten.

Der dichte, teils graue, teils etwas gelbliche Kalk führt

Pyrit

idiomorph eingesprengt. Die messinggelben, etwa 5 mm grossen Kristalle besitzen frischen Metallglanz und zeigen die kubooktaedrische Kombination $\langle 100 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$, wobei das Hexaeder vorherrscht. Die einzelnen Kristalle sind jedoch aus zahllosen Subindividuen aufgebaut.

In den Hohlräumen von Ammoniten dieses Horizontes, vornehmlich in jenen der Gattung *Perisphinctes*, kann folgende Mineralparagenese gefunden werden:

Sphalerit (Zinkblende) — Calcit — Pyrit — Dolomit.

Sphalerit (Zinkblende)

scheint die älteste Bildung zu sein. Jedenfalls sitzt er direkt auf dem Muttergestein. Die bis zu 1 cm grossen Kristalle sind völlig opak und tiefschwarz. Nur auf glänzenden Spaltflächen zeigen sich auch honigbraune Tönungen. Die Flächen besitzen bei ihrem unvollkommenen Glanz nur ein sehr schwaches Reflexionsvermögen, so dass Messungen undurchführbar geblieben sind. Die Kristalle erscheinen ausserordentlich, selbst dünntafelig verzerrt. Ihre Oberflächen sind vielfach gestört und uneben. An einem kleinen Subindividuum hat sich feststellen lassen, dass den Gestalten die Formenkombination

$$o\langle 111 \rangle \cdot o'\langle 11\bar{1} \rangle \cdot a\langle 100 \rangle$$

zugrundeliegt und die Kristalle wie nach dem Spinellgesetz nach Art der Abbildung 68 L, pg. 182, im „Lehrbuch der Mineralogie“, Band II, 1926, von P. NIGGLI, verzwilligt sind. Der Sphaleritfund in diesem Schichtenhorizont ist der einzige geblieben und die vollständige Paragenese ist offensichtlich nicht häufig. Die Sphaleritkristalle sind in Figur 13, Tafel III, abgebildet.

Der weisse Calcit

ist skalenoedrisch, jedoch so weitgehend korrodiert, dass die Flächen kaum mehr erkennbar sind. Die Kristalle sind nicht grösser als einige Millimeter. Der Calcit sitzt neben Sphalerit ebenfalls direkt auf der Kammerwandung.

Pyrit

findet sich in geringerer Menge einzeln und in Gruppen aggregiert auf Calcit und Sphalerit. Er ist wie die Einsprenglinge im Kalk deutlich kubooktaedrisch, doch herrscht hier im Gegensatz dazu das Oktaeder habitusbestimmend vor: $o\langle 111 \rangle \cdot a\langle 100 \rangle$. Die Kristalle sind meist bunt angelaufen. An der Substanzmenge gemessen tritt Pyrit stark hinter Calcit und Sphalerit zurück.

ist zweifellos das jüngste Glied der Paragenese. Die leicht gelblichen Kristalle sind auffallend klein und stellen wohl nur das Einheitsrhomboeder dar, das aber kaum gewölbte Flächen zeigt. Die Kristalle sind einzeln oder in Gruppen zu finden oder füllen Zwischenräume zwischen den Calcitkristallen aus.

Die Teilparagenese Calcit-Pyrit ist im übrigen in diesem Horizont sehr häufig. Alle sonst gefundenen Hohlraumkristallisationen führen diese Mineralvergesellschaftung. Dabei fällt eine Substanz auf, die auch in dem oben beschriebenen Hohlraum mit dem Sphalerit anzutreffen ist, die als rein weisses Pulver die Kristalle bedeckt.

Die Spongienmergel G 2—3 an der Basis des Argovien enthalten naturgemäss nur vollständig zerdrückte Fossilien ohne Hohlräume. Auch in der Schicht selbst sind keine frei auskristallisierten Mineralien zu erkennen. Dennoch soll diese Schichtzone nicht übergangen werden, ohne darauf aufmerksam zu machen, dass der ausserordentliche Reichtum an Kieselschwämmen auf einen hohen Kieselsäuregehalt dieser Mergel schliessen lässt.

b) Die Cordatuskalke

(Oxfordien. F 1—3 geol. Profil Fig. 1)

Es sind nur der mittlere und obere Cordatuskalk, deren gut erhaltene Ammoniten sehr häufig die Hohlräume aufweisen, in denen relativ artenreiche und schön kristallisierte Abscheidungen gefunden werden. Schon auf pg. 5 bei der Beschreibung der geologischen Verhältnisse ist auf die gute Erhaltung der Fossilien, insbesondere der Ammoniten, hingewiesen worden. Die vornehmlich in ihren inneren Windungen nur teilweise, oft aber auch gar nicht vom Meerschlamme erfüllten Hohlkammern der Ammoniten sind nicht nur auf die beiden oberen Cordatushorizonte beschränkt, ihr besonders häufiges Vorkommen ist auch in horizontaler Ausdehnung begrenzt. Im Verhältnis zu ihrem massenhaften Auftreten sind aber die Ammoniten, die mineralführende Hohlräume enthalten, in den Cordatuskalcken mengenmässig in starker Minderheit. Nur im Westteil der Grube tritt in einem Fundbezirk eine bemerkenswerte Häufigkeit mineralerfüllter Ammonitenluftkammern auf, aus dem praktisch alle im folgenden zu beschreibenden Mineralparagenesen entstammen. Dieser Bezirk ist auf dem Übersichtsplan des Bergwerks, Figur 2, als „Mineralfundzone C“ bezeichnet und bezieht sich stratigraphisch einzig und allein auf die Cordatuskalke. Es muss dabei auffallen, dass diese Fundzone C in Form und Ausdehnung die Kluftzüge 1—3 umgrenzt, die gerade in eben dieser Zone eine reiche Mineralführung haben erkennen lassen. Ein Zusammenhang zwischen diesen viel Calcit, Coelestin und Pyrit enthaltenden Klüften und den besonders häufig Mineralien einschliessenden Kammerhohlräumen der Ammoniten gerade innerhalb dieser Fundzone ist daher anzunehmen. Aber selbstverständlich ist dieser Zusammenhang nicht. Es musste sich noch der begünstigende Umstand zugesellen, dass gerade im Gebiet dieser Zone C die Versteinerungen der Cordatuskalke einen ausserordentlich bevorzugten Erhaltungszustand aufweisen, während im übrigen aufgeschlossenen Grubengebiet der Cordatuskalk weniger mergelig, dafür mehr knollig und vor allem mehr oder weniger stark verkieselt ist. Die Ammoniten sind dann ungleich häufiger ganz mit Gesteinssubstanz ausgefüllt, und wenn sie Hohlräume enthalten, sind in diesen entweder nur Calcit oder bestenfalls die Mineralien der unten zu beschreibenden Quarzparagenese zu finden. In der Tat lösen sich die Fossilien innerhalb des Fundbezirkes C stets viel leichter und wohlerhaltener aus dem Gesteinsverband, ein Umstand, der auch

den paläontologischen Untersuchungen zu gute gekommen ist. Selten trifft man auf deformierte Versteinerungen. Es sind dies alles Eigenschaften, die ausserhalb der Zone C in den Cordatuskalcken nicht so selbstverständlich und ausgeprägt sind. Hier muss also schon von Anfang der Sedimentation an die Vorbedingung für die spätere Mineralbildung geschaffen worden sein, die später mit der Kluftentstehung in die Wege geleitet worden ist.

In der Zeit, die unmittelbar nach dem Niederbruch der Cordatuskalke in die verlassenen Abbaukammern des Bergwerkes folgte, zeigen sich die mit Mineralien besetzten Ammonitenkammerhohlräume noch mit Bergwasser erfüllt. Da der Aufbruch der Fossilkammern stets überraschend erfolgte, war es nicht möglich, solches Wasser aufzufangen. In der Folgezeit setzte sichtbar ein Verlust der Bergefeuchtigkeit der Schichttrümmer ein, worauf auch zurückzuführen sein wird, dass bald keine wasserführenden Hohlkammern der Ammoniten mehr gefunden wurden.

Der Umstand, dass die Kammerhohlräume mit relativ grossen und schönen Kristallisationen in der Hauptsache den Ammonitengattungen *Perisphinctes* und *Aspidoceras* angehören, ist wohl darauf zurückzuführen, dass diese Gattungen — neben ihrem überaus häufigen Vorkommen — meist verhältnismässig grosse Individuen darstellen (Exemplare von 30 cm Durchmesser sind keine Seltenheit), und vor allen Dingen bei ihrem mehr oder weniger rundlichen Kammerquerschnitt ein möglichst günstiges Raumvolumen besitzen. Auch in sehr flachkammerigen Ammonitengattungen, etwa in den grossen Arten der Cardioceraten, sind Mineraldrusen zu beobachten, doch sind dann die darin gebildeten Kristalle recht klein.

Die Cordatuskalke zeichnen sich durch eine besonders artenreiche Mineralführung aus: Calcit, Coelestin, Dolomit, Quarz, Goethit (und Limonit), Pyrit und Gips. Das sind allein 7 von den 8 von O. GRUETTER (33) aufgezählten Juramineralien. Diese treten nun zu bestimmten Paragenesen zusammen:

- Paragenese 1: Calcit + Coelestin (\pm Pyrit oder Limonit) (+ Dolomit)
- „ 2: Calcit + Dolomit + Coelestin (+ Limonit)
- „ 3a: Calcit + Goethit + Coelestin
- „ 3b: Calcit + Goethit + Quarz (+ Coelestin oder Pyrit)
- „ 4a: Calcit + Gips + Dolomit (+ Coelestin)
- „ 4b: Calcit + Goethit + Quarz + Gips.

Pyrit tritt sporadisch auf und kommt praktisch in allen Paragenesen vor. Teils ist er sehr frisch und sitzt in Form kleiner Würfel zwischen den Skalenoederspitzen des Calcitrasens, teils ist er schon weitgehend in Goethit oder Limonit zersetzt. So ist auch Limonit durchaus nicht auf eine Paragenese beschränkt. In fast allen Mineralkammern bestäubt er mehr oder weniger in gelblichroter bis bräunlicher Farbe die anderen Mineralien oder äussert sich durch Färbungen. Calcit ist stets die älteste Ausscheidung.

Paragenese 1

Calcit + Coelestin + Akzessorien

Ein Vergleich der individuellen Ausbildung sowohl des Calcits als auch des Coelestins berechtigt zu der Annahme, dass diese Paragenese 1 nicht etwa eine Teilparagenese der anderen Mineralvergesellschaftungen ist.

Der *Calcit*

überzieht zunächst in derber Kruste die Kammerwände und mündet in einen dichten Rasen relativ grosser (maximal 3 mm), wasserheller Skalenoeder der Form $v\langle 21\bar{1}1 \rangle$ aus.

Kleinste Flächen des Rhomboeders $e\langle 01\bar{1}2 \rangle$ stumpfen in der Regel die Skalenoederspitzen ab. Die Kristalle zeigen ein frisches Aussehen, ihre Kanten sind scharf, ihre Flächen jedoch üblicherweise kaum für Messungen geeignet. Mitunter sind die Kristalle limonitisch bestäubt.

Stets ist der *Coelestin*

die jüngere Bildung und in der Regel wasserklar und farblos. In Einzelkristallen, von irgendwelchen Einflüssen kaum berührt, kann er sich in modellartiger Schönheit präsentieren (Fig. 14, Tafel III). Nur die $o\langle 011 \rangle$ -Flächen erscheinen wie bei den meisten Kluftkristallen durch Ätzung geraut. Da die Paragenese recht selten gefunden werden konnte, liegt nur sehr spärliches Material vor, aus dem immerhin abgeleitet werden kann, dass der Habitus der Coelestinkristalle nach der Basis ausgesprochen tafelig ist, dass aber die Formkombinationen und auch das Vorherrschen einzelner Flächen von Individuum zu Individuum recht variabel zu sein scheint. Wenn auch die Kristalle mit dem Typ I der Kluft 1 den tafeligen Habitus gemeinsam haben, so ist doch der Unterschied in der Ausbildung ein derart grosser, dass es nicht angeht, diese tafeligen Coelestine der Paragenese 1 dem Typus I der Klüfte zuzuordnen. Sie seien daher als Typ VI bezeichnet. Über die Art der Formen, die an den Kristallen beobachtet worden sind, geben folgende Kombinationen Auskunft:

Formenkombinationen der Coelestinkristalle der Paragenese 1 in den Fossilhohlräumen des Cordatuskalkes

1. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 312 \rangle$ s. Fig. 14, Tafel III und 21A
2. $\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$
3. $\langle 102 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot ?\langle 103 \rangle$
(Habitusbestimmende Flächen sind halbfett).

Die Kombinationen 1. und 2. sind tafelig mit — zum Unterschied der tafeligen Typen I der Kluft 1, die eine rechteckige Basis zeigen — pseudohexagonaler Umgrenzung, bedingt durch das stärkere Hervortreten des Prismas $m\langle 210 \rangle$. Kombination 3. ist durch das extreme Vorherrschen der Flächen $l\langle 102 \rangle$ flachmeisselförmig.

Der Kristall der Kombination 2. ist noch von kugelig aggregiertem, gelblichem Dolomit begleitet und wäre deshalb eigentlich zur Paragenese 2 zu stellen. Allein in dieser Paragenese sind sowohl der Calcit wie auch der Coelestin derart verschieden in Gestalt und Aussehen von der Ausbildung der Paragenese 1, dass anzunehmen ist, dass der Dolomit eine viel spätere Abscheidung darstellt, nachdem die Mineralien der Paragenese 1 ihr Wachstum beendet hatten. Dolomit wäre also demnach hier kein Glied der „Wachstumsgesellschaft“.

Paragenese 2

Calcit + *Dolomit* + *Coelestin* + Akzessorien (Limonit, Goethit oder Pyrit)

Der grosse Unterschied zwischen dem eben beschriebenen Spezialfall und der „echten“ Dolomitparagenese zeigt sich evident in einer Nachbarkammer des gleichen Ammoniten.

Der *Calcit*

nimmt in Gegenwart von Dolomit eine weisslich bis rahmfarbene Tönung an. Man könnte sogar von einer Farbangleichung an diejenige des Dolomits sprechen. Hand in Hand damit erscheinen die Calcitkristalle viel kleiner. Tatsächlich wird der regelmässige Kri-

stallrasen selten mehr als 1 mm Höhe erreichen, seien nun die Kammern klein oder gross. Ausser einem Hang zu stärkeren Aggregationen aber ist der Habitus der immer skalenoedrischen Individuen nicht verändert.

Ungleich mehr überraschend aber ist die Veränderung der Ausbildung des

Coelestins.

Durchgehend nimmt er eine mehr oder weniger ausgeprägte rötliche Färbung an. Vom schwachen Gelbrot bis zum kräftigen Himbeerrot, manchmal nur in Flecken oder in wolkigen Zusammenballungen im Kristallkörper verteilt, sind alle Tönungen vertreten. Daneben kann sich Blau mit Rot im gleichen Individuum vermischen. Dieser Vielfalt der Färbungen steht eine ebenso grosse Reichhaltigkeit in der Habitusausbildung der Kristalle gegenüber.

Der primäre Eindruck, den man von den Kristallen der Dolomitparagenese erhält und was sie schon äusserlich von denen der Paragenese 1 unterscheidet, ist ihr unregelmässiges, gestörtes Wachstum und die manchmal sehr weitgehenden Ätzungen, was die morphologische Bestimmung mitunter recht erschwert. Als Hauptleitformen begegnen wir wieder den gleichen wie bei den vorbeschriebenen Vorkommen. $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$ und auch $z\langle 211 \rangle$ können habitusbestimmende Wichtigkeit erhalten. Wie es sich schon in der Paragenese 1 angedeutet hat, wird die Bipyramide $v\langle 312 \rangle$ zum charakteristischen Merkmal. Kleinere Kristalle können dicktafelig sein; grössere sind nicht selten der isometrischen Ausbildungsweise nahestehend. Das auffallendste Merkmal ist aber die ausserordentlich starke Entwicklung der Zone $[010]$, wodurch eine Tendenz ihren höchsten Ausdruck findet, die bereits bei den Drusenkristallen der Kluft 7 und beim Typ VI der Paragenese 1 schwach angedeutet ist. Besonders bei grösseren Kristallen der Dolomitparagenese ergaben die Messungen eine überraschende Vielzahl, zum Teil sogar bisher unbekannter Formen $\langle h01 \rangle$ der Zone $[010]$. Es muss aber dabei hervorgehoben werden, dass diese grosse Häufung von Formen nur zwischen des Basis und dem Prisma $\langle 101 \rangle$ eintritt, dass über $\langle 101 \rangle$ hinaus zur Endform $a\langle 100 \rangle$ überhaupt keine Zwischenformen beobachtet werden konnten. Im allgemeinen ist der Raum zwischen $c\langle 001 \rangle$ und $d\langle 101 \rangle$ bei den einzelnen Individuen verhältnismässig recht klein, so dass bei Formenhäufungen in der Zone $[010]$ den Flächen nicht viel Platz bleibt und diese immer sehr schmal entwickelt sind. Intensive Vizinalflächenbildung hat, wie von vornherein zu erwarten war, die Kristallmessungen stark erschwert. Dazu kommt, dass an den Kristallen in den wenigsten Fällen die auftretenden $\langle h01 \rangle$ -Formen der holooedrischen Symmetrie gemäss entwickelt sind, dass sie sich vielmehr in den Oktanten gegenseitig vertreten und individuell eigentlich eine viel reichere Belastung der Zone vortäuschen. So sind an den Coelestinkristallen der Paragenese 2 in der Zone $[010]$ folgende, in einer Reihe geordnete $\langle h01 \rangle$ -Formen durch Messungen, deren Tabelle auf pg. 49 wiedergegeben ist, festgestellt worden:

$$\begin{aligned} &\langle 001 \rangle - * \langle 1.0.13 \rangle - * \langle 1.0.10 \rangle - * \langle 109 \rangle - * \langle 2.0.13 \rangle - \langle 106 \rangle - \langle 104 \rangle - * \langle 4.0.15 \rangle - * \langle 3.0.10 \rangle \\ &- \langle 103 \rangle - * \langle 409 \rangle - \langle 102 \rangle - * \langle 6.0.11 \rangle - * \langle 304 \rangle - * \langle 11.0.13 \rangle - \langle 14.0.15 \rangle - \langle 101 \rangle. \end{aligned}$$

Die mit * bezeichneten Formen sind meines Wissens neu. Die Flächen (409) sind nun zweimal gefunden worden: ausser an den Kristallen der in Rede stehenden Dolomitparagenese sind sie auch am Kristalltyp I der Kluft 1 festgestellt worden, an denen übrigens ebenfalls eine nennenswerte Belastung der Zone $[010]$ aufzutreten pflegt (s. pg. 16).

Sehr oft sind die Kristalle derart aufgewachsen, dass ihre Formenzusammensetzung nicht immer feststellbar ist. Ihre starke Variabilität sowohl im Habitus wie in den Kom-

binationen zeigt sich an folgenden Beispielen der so weit als möglich durchgemessenen, immer rötlich gefärbten Individuen:

1. In jenem *Amm. Perisphinctes sp.*, in dessen äusseren Windungen die Paragenese 1 mit dem auf pg. 40 beschriebenen Coelestinkristall der Kombination 2 enthalten ist, kann in den kleineren inneren Windungen die typisch entwickelte Paragenese 2 beobachtet werden. In einer Luftkammer zeigt sich ausnahmsweise ein Coelestinkristall auf rahmfarbenem Dolomit aufgewachsen. Der etwa 5 mm grosse Coelestin ist blasshimbeerfarben mit Flecken von etwas kräftigerem Rot, die flockig in der Substanz verteilt sind. Der Kristall ist daher nur teilweise durchsichtig.

Seine morphologische Ausbildung zeigt einen prismatisch-pseudobipyramidalen Habitus, der von allen bisher beschriebenen Entwicklungstypen stark abweicht, indem der Kristall nach der a-Achse stark gekürzt, dagegen nach der c- und besonders nach der b-Achse gleichmässig ausgeprägt entwickelt erscheint. Demgemäss ist die Basis nurmehr zu einem schmalen Streifen parallel der b-Achse zusammengedrängt, und entsprechend ist auch das Prisma $\sigma\langle 011 \rangle$ sehr wenig hervortretend. Dagegen erscheint $d\langle 101 \rangle$ gross und in erster Linie habitusbestimmend. Neben diesem Prisma II. St. werden noch das Prisma III. St. $m\langle 210 \rangle$ und die Bipyramide $z\langle 211 \rangle$ wichtig. — Die Zone $[010]$ zeigt sich zu beiden Seiten der Basis sehr vizinal entwickelt. Neben $d\langle 101 \rangle$ treten vielleicht noch $l\langle 102 \rangle$ und $\Phi\langle 103 \rangle$ auf. Darnach dürfte dem Kristall folgende Kombination zugeschrieben werden:

$$\langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle h01 \rangle.$$

Der Kristall ist auf der b-Achse aufgewachsen und vor allem seine habitusbestimmenden Flächen sind in den einzelnen Oktanten recht unterschiedlich entwickelt. — Er diene als Typ VII der Figur 21 B als Vorbild.

2. Eine Gruppe prismatisch entwickelter, nach der a-Achse gestreckter Kristalle mit sehr schmaler Basis weist folgende Flächenkombination auf:

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle.$$

Die Zone $[010]$ ist nicht entwickelt.

3. Der sehr kleine Coelestinkristall ist vorherrschend nach der b-Achse gestreckt. Er ist flächenarm:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle.$$

4. Der Kristall ist dicktafelig und nach der a-Achse gestreckt. Die Basis ist nach der b-Achse gestreift. Die Kombination lautet:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle.$$

5. Der Splitter eines grösseren Kristalls lässt die Flächen $d(101)$, $v(312)$ und $z(211)$ erkennen.

6. Der Kristall ist dicktafelig nach der Basis und nach der a-Achse gestreckt. Die Zone $[010]$ ist stark vizinal. $m\langle 210 \rangle$ ist verhältnismässig gross, und die Bipyramide $v\langle 312 \rangle$ ist sehr breit. An diesem Kristall, wie auch an den folgenden, treten nun die Flächenscharungen in der Zone $[010]$ deutlich hervor:

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 6.0.11 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 4.0.15 \rangle \cdot \langle 104 \rangle \cdot \langle 106 \rangle$$

7. Der Kristall ist nur sehr schwach rötlich gefärbt. Der Habitus scheint ziemlich dicktafelig nach der Basis zu sein. Da er nur ein Bruchstück ist, sind nur die Flächen der Zone $[010]$ feststellbar:

$$(001) \cdot (101) \cdot (304) \cdot (102) \cdot (409) \cdot (103) \cdot (4.0.15).$$

8. Das fast farblose Kriställchen stammt aus der gleichen Ammonitenkammer wie Nr. 7. Es ist nach der b-Achse gestreckt und zeigt folgende Kombination:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 14.0.15 \rangle \cdot \langle 11.0.13 \rangle \cdot \langle 409 \rangle \cdot \langle 2.0.13 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 104 \rangle \cdot \langle 109 \rangle.$$

9. Farbloses Kristallbruchstück mit aufgewachsenem Calcit II. Generation. Der Habitus ist nach der Basis tafelig und nach der b-Achse gestreckt. Die Zone [010] weist folgende Flächenzusammensetzung auf:

$$(001) \cdot (1.0.13) \cdot (1.0.10) \cdot (4.0.15) \cdot (3.0.10) \cdot (102) \cdot (6.0.11) \cdot (101).$$

c(001) ist parallel der b-Achse gestreift. (1.0.13) ist ziemlich breit, (3.0.10) schmal entwickelt. Ebenso sind (1.0.10) und (4.0.15), die im entgegengesetzten Oktanten auftreten, breit. (6.0.11) tritt im dritten erhaltenen Oktanten auf.

Dolomit

als Leitmineral der Paragenese ist in den weitaus meisten Fällen mengenmässig in den Kristallkammern reichlich angehäuft. Seine Einheitsrhomboeder erscheinen selten in Einzelindividuen. Sie sind sattelförmig gebogen und zu hahnenkammähnlichen und kugeligen Gebilden aggregiert. Manchmal füllt Dolomit den mit Calcitkristallen ausgekleideten Hohlraum fast vollständig aus. Die Kristallgruppen sind frisch und zeigen den charakteristischen Perlmutterglanz. Für sich sind die aggregierten Kriställchen fast farblos durchsichtig. Im ganzen aber erscheinen die Gebilde undurchsichtig, weiss bis rahmfarben getönt.

Die Mineralien dieser Paragenese, in der Regel Calcit und Dolomit, sind überaus oft orange oder gelbbraun bestäubt, verursacht von einem feinen Niederschlag von Limonit. Selten beobachtet man auch feinste Nadelchen von *Goethit*, die wirr zerstreut auf den Calcitkristallen sitzen. Pyrit ist ein sehr seltenes Akzessorium und erweist sich dann gewöhnlich zersetzt.

Paragenese 3

Calcit + Goethit + Quarz + ev. Pyrit

Die Paragenese Calcit + Goethit + Quarz ist ausserordentlich häufig. Dabei ist festzuhalten, dass die beiden Hauptmineralien Goethit und Quarz in keinem anderen Horizont der Herznacher Minerallagerstätte zu finden sind. Im Gegensatz zu den coelestinführenden Mineralparagenesen des Cordatuskalkes ist die Paragenese 3 in horizontaler Ausdehnung viel weiter verbreitet und durchaus nicht an die auf Fig. 2 gezeichnete Fundzone C gebunden, wenn auch Funde ausserhalb davon relativ selten sind.

Schon das Aussehen des

Calcits

ist charakteristisch für die Paragenese 3. Seine Farbe ist ein eigentümliches, schmutzig erscheinendes Grau. Morphologisch zeichnen sich die Kristalle dadurch aus, dass sie in skalenoedrischer Form aus zahllosen Subindividuen und ungleich stärker aggregiert sind als der in anderen Paragenesen übliche Calcitrasen, wie dies anschaulich die Figuren 16 und besonders 17 (Tafel IV) wiedergeben. Man kann geradezu von einer „blumenkohlartigen“ Oberfläche des Calcitrasens sprechen. Dagegen weicht die Formenkombination von den anderen Vorkommen augenscheinlich nicht ab. Habitusbestimmend ist das Skalenoeder $\sqrt{2}1\bar{3}1$, dessen Spitzen von dem negativen Rhomboeder $e\langle 01\bar{1}2 \rangle$ abgestumpft erscheinen.

Der Quarz

zeigt (ohne Ausnahme) nur die folgende Flächenzusammensetzung:

$$r\langle 10\bar{1}1 \rangle \cdot r'\langle 01\bar{1}1 \rangle \cdot m\langle 10\bar{1}0 \rangle.$$

Gross entwickelt sind immer nur die Rhomboederflächen. Das Prisma ist nicht immer gut sichtbar und sehr unterschiedlich entwickelt. Vorzugsweise in Einzelkristallen, von denen in der Regel nur etwa 2 oder 3 in einer Kammer sitzen, wählt er gern die Vertiefungen der Kammerhöhlräume. Kristallgruppierungen sind seltener. Die Farbe der Kristalle ist recht häufig ein schwaches bis deutliches Braun. Manchmal sind auch violette und graue Tönungen der im allgemeinen immer durchsichtigen Individuen beobachtbar. Völlig farblose und wasserklare Quarze sind indessen sehr selten. Die Grösse der Kristalle liegt in der Regel zwischen 3 und 6 mm, ausnahmsweise erreicht sie 1 cm. Im übrigen sei auf Figur 18, Tafel IV, verwiesen.

Interessanter ist der in Gegenwart von Quarz nie fehlende

Goethit

(Fig. 16—18, Tafel IV). Die bis 4 mm grossen, nadeligen bis flachprismatischen und auch blättrigen Einzelindividuen sind meist zu büschel-, fächer- und schwertförmigen Gruppen vereinigt und zeichnen sich durch tiefschwarze Farbe und lebhaften Metallglanz aus. Kleine Kristalle, die meist in wirr zerstreuten, scharfen Nadeln auf dem Calcitrasen liegen oder aufgewachsen sind, zeigen die nelkenbraune Färbung. Auffallend ist, dass solche Kriställchen meist in der Nähe von nicht mehr frischen Pyritwürfeln auftreten.

Ein Versuch der Messung grösserer Goethitkristalle hat zunächst völlig unbrauchbare Resultate ergeben. Erst ein glücklicher Fund von Herrn Betriebsleiter KNECHT im Jahre 1948 brachte gegen 5 mm lange, ungewöhnlich gut ausgebildete Kristalle von Goethit. Die büschelförmig gruppierten, teils auf Quarz, teils auf Calcit aufgewachsenen Kristalle zeigen bei tiefschwarzer Farbe einen ausgezeichneten Glanz. Die gute Ausbildung der Flächen erlaubte eine brauchbare Messung auf dem Zweikreisgoniometer. Die Messungen an drei Kristallen haben im Mittel folgende Resultate ergeben:

Fläche	ρ	φ
210	90° 00'	65° 19'
140	90 00	15 15
* 2.11.0	90 00	11 11
011	31 16	0 00
101	33 17½	90 00

Der Polwinkel (210):(2.11.0) beträgt gemessen 54° 08'. Der Wert stimmt genau mit dem berechneten Wert von 54° 08' überein. Für den Winkel (140):(210) sind die entsprechenden Werte: 50° 04' gemessen und 50° 06' berechnet. Die mit * bezeichnete Form $\langle 2.11.0 \rangle$ ist m. W. für das Mineral neu.

Aus obigen Werten ergibt sich das

Achsenverhältnis der Goethitkristalle

$$a : b : c = 0,9192 : 1 : 0,6072,$$

das dem Achsenverhältnis von PHILLIPS (NIGGLI (42)) sehr nahe kommt:

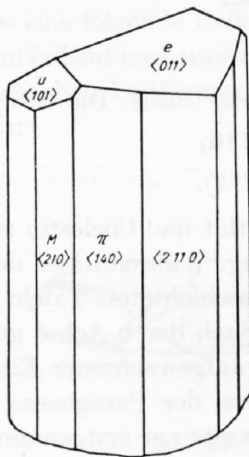
$$a : b : c = 0.9185 : 1 : 0.6068.$$

Die Messungen haben für die Herznacher Goethitkristalle folgende Formenkombination ergeben:

$$(140) \cdot *(2.11.0) \cdot (210) \cdot (011) \cdot (101)$$

(Fig. 19). Während $M\langle 210 \rangle$ recht schmal, aber glatt und sehr gut spiegelnd ausgebildet ist, sind die beiden Prismen $\pi\langle 140 \rangle$ und $*(2.11.0)$ eigentlich nur die markant ausgebildeten und daher durch deutliche Signale bei der Messung gekennzeichneten Flächen einer vizinalen Wölbung, die von (210) nach $(\bar{2}10)$ respektive von $(2\bar{1}0)$ nach $(\bar{2}\bar{1}0)$ verläuft. Die Flächen $\pi\langle 140 \rangle$ und $*(2.11.0)$ sind zusammen bedeutend breiter als $M\langle 210 \rangle$, so dass eine Streckung nach der a-Achse neben der säuligen Ausbildung nach der c-Achse resultiert. Entsprechend ist auch $e\langle 011 \rangle$ gegenüber dem stets kleinen $u\langle 101 \rangle$ weitaus vorherrschend.

Es scheint, dass an den Goethitkristallen anderer Stufen, z. B. jener in den Figuren 16 und 17, Tafel IV, abgebildeten, bei durchaus gleichem Habitus ähnliche Formenkombinationen auftreten. Indessen sind viele Kristalle senkrecht zur b-Achse noch in weiterem Masse tafelig abgeplattet, als dies an den gemessenen Kristallen der Fall ist. Entsprechend ist auch das Kopfbild solcher Kristalle. Teils ist an Stelle von Flächen



Figur 19. Goethit aus Fossilhöhlräumen des Cordatuskalkes (Paragenese 3)

Kristallzeichnung auf Grund des Achsenverhältnisses
 $a : b : c = 0.9185 : 1 : 0.6068$

eine undefinierbare Wölbung getreten, teils ist vielleicht $e\langle 011 \rangle$ ausnehmend gross entwickelt. An den Kristallen der Fig. 16 und 17, Tafel IV, zeigt sich dieses Prisma merkwürdig hellgelb bestäubt und lässt die Kristallköpfe hell von der Prismenzone abstechen.

Pyrit

Pyritkristalle sind nicht nur im Zustande der Zersetzung inmitten nelkenbrauner Goethitnadelchen zu finden, sie kommen auch als frische, metallisch glänzende, sehr kleine scharf begrenzte Würfel auf Calcit aufgewachsen vor.

Zur Frage, als welches Glied der Pyrit in der Mineralsukzession der Paragenese 3 anzusehen sei, sei zunächst darauf hingewiesen, dass Quarz und Goethit offensichtlich der gleichen Bildungsperiode angehören, denn teils ist Goethit in Quarz eingewachsen, teils ist er auf ihm aufgewachsen. Calcit ist zweifelsohne auch hier die primäre Mineralabscheidung. Bei den beobachteten Beziehungen des Goethits zum Pyrit ist anzunehmen, dass ursprünglich in der Ammonitenkammer nur Calcit und Pyrit vorhanden gewesen sind. Das nachträgliche Eindringen kieselaurer und oxydierfähiger Lösungen müsste dann zur Zersetzung des Pyrits und zur direkten Überführung des Eisenanteils in Goethit

geführt haben. Das Fehlen der für die Paragenesen 1 und 2 so charakteristischen gelblich- und rötlichbraunen Limonit-Bestäubung und -Färbung ist hier eine ebenso auffallende wie merkwürdige Tatsache. Demnach würde die Ausscheidungsfolge der Mineralien dieser Paragenese 3 wie folgt lauten:

Calcit + (Pyrit) + Quarz/Goethit.

Paragenese 3a

Calcit + Coelestin + Goethit + (Quarz)

Diese Paragenese ist nicht ohne weiteres aus der vorbeschriebenen Paragenese 3 ableitbar, etwa in dem Sinne, dass Coelestin nur zur zusätzlichen Mineralkomponente wird. Die zwei Fundstücke dieser offensichtlich sehr seltenen Paragenese stellen an sich schon zwei verschiedene Abarten dar, die bereits durch die Ausbildung des primären Calcits gekennzeichnet sind. Das eine Stück zeigt einen Rasen klarer, wohl ausgebildeter Calcitskalenoeder, analog derjenigen der Paragenese 1. Das zweite weist jene grauen Calcitgruppen auf, die so typisch für die Quarzparagenese 3 sind. Im ersteren Fund konnte kein Quarz, sondern nur Goethit mit Coelestin festgestellt werden, im zweiten sitzt Quarz neben den beiden Mineralien. Jedesmal ist der

Coelestin

gleichartig ausgebildet: farblos bis weisslich, tafelig nach der Basis. Die Gestalten sind durch folgende Formenkombination bestimmt:

$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$.

In der erstgenannten quarzfreien Paragenese sind Goethit und Coelestin eng miteinander assoziiert mit allen Zeichen gleichzeitiger Entstehung. Während hier der farblose Coelestin in nebeneinander gereihten und übereinander geschichteten Tafeln erscheint, präsentiert er sich in der zweiten Kammerdruse in stark nach der b-Achse gestreckten, schön divergierend angeordneten Individuen. Ein seitlich aufgewachsener Einzelkristall ist in seinem Habitus identisch mit der Coelestinausbildung der Paragenese 1, wie sie in den Fig. 14, Tafel III, und 21 A dargestellt ist. Im Gegensatz zur erstgenannten Druse aber ist hier der Coelestin auf Mineralien aufgewachsen, die der nachfolgend beschriebenen Paragenese 3b entsprechen. Coelestin hat Goethit umwachsen. Kleine Spuren davon sind auch in Coelestin eingewachsen. Die Druse ist in Fig. 20, Tafel IV, abgebildet.

Paragenese 3b

Calcit + Quarz + Goethit + Coelestin

Die Paragenese 3b wird häufiger ohne Coelestin angetroffen, und nur einmal ist ein Coelestinkristall gefunden worden, der völlig frisch geblieben war. In der Regel ist der Coelestin derart zerfressen, dass man im günstigsten Fall noch erkennt, dass sein Habitus prismatisch-säulig war. Die Kristalle sind durchwegs nur sehr schwach gefärbt. Die Farbe ist für dieses Vorkommen etwas aussergewöhnlich, nämlich ein liches Olivbraun, wie diejenige des leichten Limonitniederschlags auf benachbartem Calcit. Bekanntlich ist ja der Limonit in der Paragenese 3 sonst nicht vorhanden. Immer ist deutlich zu erkennen, dass Coelestin auf Quarz aufgewachsen ist. In einem Falle sind auf dem weitgehend zerstörten Kristallkörper des Coelestins kleine, sammetbraune Goethitkristalle angesiedelt.

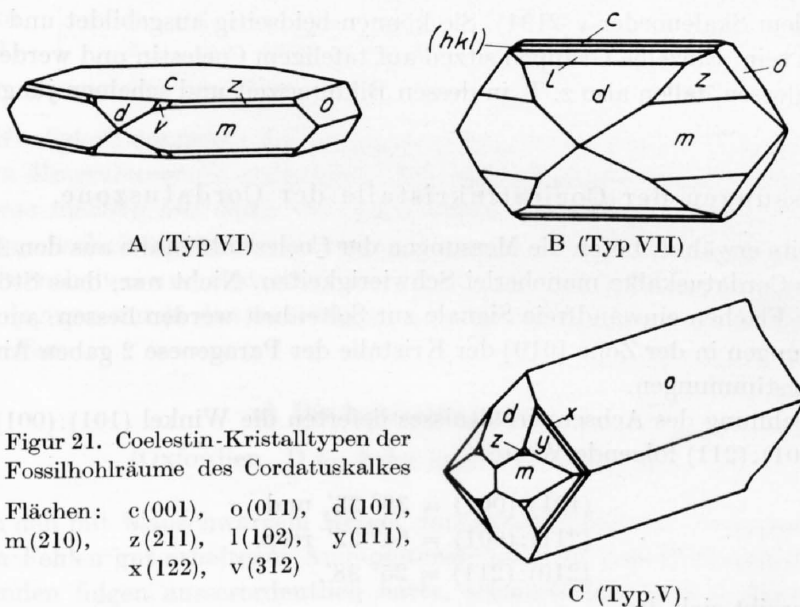
In der kleinen Kammer der inneren Windung eines Perisphincten findet sich die Paragenese in einer einzigartigen Erhaltung. Auf dem für die Quarzparagenese üblichen Calcit sitzt ein fast 3 mm grosser Quarz der gewöhnlichen Kombination, im Grunde farblos, nach der Spitze zu bei eingewachsenem Goethitbüschel bräunlich gefärbt. Goethit ist auch in feinen Nadeln und prächtig aggregierten Büscheln auf dem Calcitrassen verteilt aufgewachsen.

Auf einer Rhomboederfläche des Quarzes sitzt ein durchsichtiger, schwach olivbrauner Kristall von

Coelestin,

dessen a-Achse — nach der er auch ausgezeichnet säulig entwickelt ist — nahezu parallel der c-Achse des Quarzkristalles verläuft. Die untere Hälfte des ca. 2 mm hohen und etwa $\frac{3}{4}$ mm dicken Kristalls schliesst zahlreiche Goethitnadelchen ein. Nach oben ist er klar durchsichtig. Der Habitus ist bei gänzlichem Fehlen der Basis nach $o\langle 011 \rangle$ prismatisch und entspricht völlig dem Typ V, dem wir bereits in der offenen Kluft 7 (s. pg. 29) begegnet sind. Neben dem Quarzkristall, tiefer im Kammerraum versteckt, zeigen sich die Prismenflächen zweier weiterer, offensichtlich unvollständig ausgebildeter Kriställchen. Morphologisch fällt an dem beschriebenen Coelestinkristall die stärkere Belastung der Zone $[011]$ auf, aus der sich folgende Reihe ergibt: $\langle 211 \rangle - \langle 111 \rangle - \langle 122 \rangle - \langle 011 \rangle$. Die Einheitsbipyramide ist dabei auffallend und aussergewöhnlich bedeutend breiter entwickelt als $z\langle 211 \rangle$. Mit den charakteristischen Leitformen lautet die vollständige Kombination folgendermassen (vgl. Figur 21 C):

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 122 \rangle.$$



Figur 21. Coelestin-Kristalltypen der Fossilhöhlräume des Cordatuskalkes

Flächen: c(001), o(011), d(101),
m(210), z(211), l(102), y(111),
x(122), v(312)

Paragenese 4a

Calcit + Dolomit + Coelestin + Gips

Das Vorkommen von Gips in den Cordatuskalken — es ist überhaupt allein auf diesen stratigraphischen Horizont beschränkt — muss als grosse Seltenheit bezeichnet werden. Stets ist er die jüngste Bildung und füllt mitunter den restlichen Hohlraum einer

Kammerdruse aus (Figur 22, Tafel V). Der Gipskörper ist offensichtlich tafelig-blättrig ausgebildet und, wie in der Figur deutlich ersichtlich ist, im Innern weisslich und zersetzt, während die Randpartien noch frisch und durchsichtig sind. An einigen Stellen sind auf dem sichtbaren Calcitrasen Gruppen von kurzsäuligen, absolut farblos-durchsichtigen Gipskriställchen aufgewachsen.

In einer anderen Kammer ist Gips in rötlichgelben, wirrstrahlig gruppierten, winzigen Kriställchen auf Dolomit und Calcit beobachtet worden. Sie zeigen säuligen Habitus. Ihre Formenzusammensetzung ist wie bei den obigen Gipssäulchen nicht einwandfrei bestimmbar.

Paragenese 4b

Calcit + Goethit + Quarz + Gips

So wie der Gips in der vorbeschriebenen Paragenese 4a nur eine Ergänzungskomponente der Paragenese 2 darstellt, ist er in der Paragenese 4b als eine solche der Paragenese 3 aufzufassen. Als jüngstes Glied der Mineralvergesellschaftung füllt er in grobkristalliner Ausbildung eine Kammer mit Goethit und Quarz fast vollständig aus. Deutlich ist Schwalbenschwanzzwillingbildung erkennbar. Der Gips ist leicht gelblich gefärbt. Leider ist das einzige Belegstück dieser Art verlorengegangen.

In Kammerdrusen der Cordatuskalke ist auch

Calcit in II. Generation

(vgl. Figur 64) festgestellt worden. Die gelblich gefärbten Kristalle bestehen augenscheinlich nur aus dem Skalenoeder $\sqrt{21\bar{3}1}$. Sie können beidseitig ausgebildet und auf Calcit I aufgewachsen sein. Einzelne Gruppen sitzen auf tafeligem Coelestin und werden sogar von diesem umschlossen, fallen also z. T. in dessen Bildungszeit und scheinen jünger als dieser zu sein.

Die Messungen der Coelestinkristalle der Cordatuszone.

Wie bereits erwähnt, boten die Messungen der Coelestinkristalle aus den Ammonitenkammern der Cordatuskalke mancherlei Schwierigkeiten. Nicht nur, dass Störungen und Ätzungen der Flächen einwandfreie Signale zur Seltenheit werden liessen, auch die engen Flächenscharungen in der Zone [010] der Kristalle der Paragenese 2 gaben Anlass zu sehr mühsamen Bestimmungen.

Zur Berechnung des Achsenverhältnisses lieferten die Winkel (101):(001) und (210):(211) resp. (001):(211) folgende Werte:

$$\begin{aligned}(101):(001) &= 39^\circ 23' \text{ und} \\ (211):(001) &= 64^\circ 22' \text{ resp.} \\ (210):(211) &= 25^\circ 38'.\end{aligned}$$

Daraus ergibt sich das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der Kammerdrusen der Cordatuskalke:

$$a : b : c = 1,5636 : 1 : 1,2836.$$

In der Tabelle 5 sind die Messresultate mit den auf das angegebene Achsenverhältnis berechneten Kontrollwerten zusammengestellt.

Tabelle 5. Winkeltabelle der Coelestinkristalle der Kammerdrusen der Cordatuskalke.

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
1.0.13 : 001	1	—	3° 34'	3° 36'	— 2'
1.0.10 : 001	1	—	4 40	4 42	— 2
109 : 001	1	—	5 05	5 13	— 8
2.0.13 : 001	1	—	7 15	7 12	+ 3
106 : 001	1	—	7 53	7 48	+ 5
104 : 001	2	11° 20' — 11° 37'	11 28	11 28	0
4.0.15 : 001	3	12 06 — 12 28	12 19	12 21	— 2
3.0.10 : 001	1	—	13 50	13 50	0
3.0.10 : 101	1	—	25 24	25 31	— 7
103 : 001	6	15 11 — 15 29	15 18	15 18	0
409 : 001	2	19 51 — 19 57	19 54	20 03	— 9
102 : 001	5	22 07 — 22 25	22 13	22 19	— 6
6.0.11 : 101	2	15 16 — 15 17	15 16	15 16	0
304 : 101	1	—	7 42	7 45	— 3
11.0.13 : 101	2	4 37 — 4 49	4 43	4 35	+ 8
14.0.15 : 101	1	—	2 12	1 57	+ 15
101 : 001	12	39 14 — 39 27	39 23	—	—
101 : 10 $\bar{1}$	6	101 03 — 101 33	101 09	101 14	— 5
101 : 210	2	59 58 — 60 00	59 59	60 01	— 2
210 : 2 $\bar{1}$ 0	5	75 34 — 75 59	75 41	76 02	— 21
210 : 211	7	25 27 — 25 41	25 38	—	—
211 : 001	2	64 12 — 64 31	64 22	64 22	0
211 : 101	3	38 10 — 38 15	38 14	38 17	— 3
312 : 101	3	24 38 — 24 50	24 44	24 44	0
312 : 211	2	13 20 — 13 37	13 29	13 33	— 4

In der Häufigkeit dominiert die Quarzparagenese etwas über die hauptsächlich coelestinführenden Mineralvergesellschaftungen. Die Spezialparagenesen 3a und 3b und die Gipsparagenese machen nur einen verschwindenden Bruchteil der Funde aus. Von der Coelestinvergesellschaftung ist die Dolomitparagenese die weitaus häufigste. Hohlräume, die nur Calcit enthalten und bestenfalls noch Pyrit oder dessen Zersetzungsprodukte aufweisen, sind dagegen nur in den mineralarmen Bezirken des oberen Grubengebietes reichlicher anzutreffen.

c) Die Lambertiknollen

(Oxfordien. D 1—2 des geol. Profils Fig. 1)

Schon in den mit blauschwarzem Mergel durchsetzten unteren Cordatuskalcken (F 1) hört mit dem Fehlen gut erhaltener Ammonitensteinkernen jede Mineralführung auf. In dessen Liegenden folgen ausserordentlich harte, schwachoolithische Kalkknollen (E 2). Diese sind frei von sekundären Mineralausscheidungen, und auch der nach unten anschliessende, weiche, in Wasser leicht zerfallende „Blaue Mergel“ mit seinen völlig zerdrückten Fossilien ist völlig steril.

Abwärts folgen nun die bereits recht eisenreichen harten Kalkknollen der Lambertischichten (D 1 und 2). Im Gegensatz zu den eben erwähnten Ablagerungen enthalten sie Fossilien in gutem Zustande, und damit wird auch die Mineralführung wieder intensiver. Zwar sind hier erhalten gebliebene Hohlkammern viel seltener als in den Ammo-

niten der Cordatuskalke zu finden. Vielmehr sind die kleineren und mittelgrossen Ammonitenreste meist vollständig in Carbonat umgewandelt.

In erster Linie zeichnet sich dieser Horizont durch das auffallend reichliche Auftreten von

Dolomit

aus, der so in der ganzen Grube verbreitet ist. Die Ausbildung seiner Kristalle ist die gleiche wie in den Cordatuskalke. In den Kammerdrusen finden sie sich auf primärem Calcit als grössere weisse, undurchsichtige, oft schön perlmutterartig glänzende Aggregate, die sich aus halbdurchsichtigen und fast farblosen, ineinandergewachsenen Einheitsrhomboedern zusammensetzen. Manchmal zeigen sich hahnenkammähnliche Gruppen. Nicht selten sind ganze Hohlräume von der dolomitischen Masse ausgefüllt.

Mit dem Hinzutreten der anderen Mineralien wiederholt sich hier die

Paragenese 2

der Kammerdrusen der Cordatuskalke. Sie ist in ihrer Art die häufigste, aber bei weitem nicht so schön ausgebildet. Der primäre

Calcit,

der mengenmässig gegenüber seinen Begleitern zurücktritt (verglichen mit dem Vorkommen in den Cordatuskalke), ist nur in winzigen Skalenoedern zugegen. Gegen das Ende seiner Bildungsperiode hat augenscheinlich eine Bestäubung durch rotbraunen

Limonit

stattgefunden, der nicht nur randlich in den Calcit eingewachsen ist, sondern sich auch im Coelestin eingeschlossen findet und sowohl diese Mineralien wie auch den Dolomit bedeckt. Dagegen ist letzterer offensichtlich frei von Limoniteinschlüssen.

Der Coelestin

ist rostrot, zum Teil fleckig gefärbt. Die Ausbildung der glasglänzenden Kristalle scheint dem entsprechenden Vorkommen der Cordatuskalke ähnlich zu sein. Allein die Kristalle sind nicht nur stark subindividuell aggregiert und ihre Flächen uneben und gestört, auch ihr Erhaltungszustand ist infolge überraschend weitgehender Auflösungserscheinungen so ungünstig, dass eine morphologische Fixierung nicht mehr möglich ist.

In einer andern Kammer des gleichen Ammoniten zeigt sich fast farbloser Coelestin mit tafeligem Habitus in der dolomitfreien Paragenese. Auch dieser Kristall befindet sich im Zustande stark fortgeschrittener Auflösung.

Interessanterweise meiden auch hier Coelestin und Dolomit jede direkte Berührung, so dass eine eindeutige Entscheidung über die eine oder andere Sukzession oder über die gleichzeitige Entstehung schwer zu treffen ist.

Neben dieser dolomitischen Mineralvergesellschaftung tritt — in einer Nachbarkammer des gleichen Ammoniten — eine an diejenige der Cordatuszone erinnernde

Paragenese 3b

auf, die aber quarzfrei ist: Calcit-Goethit-Coelestin. Der

Goethit

sitzt als kleine schwarzbraune Halbkugeln zwischen den Skalenoedern des Calcits, wobei die radialstrahlig angeordneten Nadelchen eine braune, sammetartige Oberfläche dieser Halbkugeln erzeugen. Sie sind wohl Zersetzungsprodukte von Pyritkristallen.

Coelestin spielt eine untergeordnete Rolle. Auffallend ist, dass der Calcit I eine Ausbildung zeigt, die von derjenigen der quarzhaltigen Paragenese völlig abweicht. Sie gleicht derjenigen, die auch für die Dolomitparagenese kennzeichnend ist: zwar sehr kleine, aber klare und scharfbegrenzte Skalenoeder. Dass diese frisch sind und kaum irgendwelche Ätzungserscheinungen erkennen lassen, ist angesichts des durch Lösungseinflüsse weitgehend zerstörten, aber doch viel jüngeren Coelestins sehr merkwürdig.

Eine andere Erscheinung mineralischer Infiltration in Petrefakten macht sich in dieser Zone zum ersten Male bemerkbar: die

„Coelestinisierung“.

Sie wird im darunter folgenden Erzlager eine unvergleichlich grössere Entfaltung aufweisen. In den Fugen der Kammerumgänge meist grösserer Ammoniten mit völlig von Muttergestein erfüllten Luftkammern bildet weisslicher bis stellenweise rötlicher Coelestin anstelle der ursprünglichen Schalensubstanz eine etwa 1 mm dicke Einlagerung, die aus faserigen bis spitznadeligen Aggregaten besteht und sinnfällig das Eindringen des Strontiumsulfats in die Fugen der Fossilmasse besonders dann demonstriert, wenn der Prozess auf halbem Wege stecken geblieben ist. Eine vollständige Coelestinisierung des ganzen Steinkernes ist dagegen im Lambertihorizont nicht beobachtet worden.

d) Das obere rotbraune Eisenerzlager, die Zone des *Peltoceras Athleta*

(Callovien. C 1—3 des geol. Profils Fig. 1)

Mit dem Eintritt in das abbauwürdige Eisenerzlager wird das Bild der epigenetischen Mineralisation ein weitgehend anderes. Das rotbraune, eisenreichere obere Eisenerzlager ist, abgesehen von 2—3 etwas härteren Bänken, relativ weich und von tonig-mergeliger Beschaffenheit geblieben. Die Fossilien sind in der Regel reine Steinkerne von der Substanz des Muttergesteins. Die Grundmasse des rotbraunen Erzes wird in feuchtem Zustand aufgeweicht, und der Verband der Oolithe lockert sich sichtlich.

Die sich bereits in den Lambertischichten abzeichnende Infiltration von SrSO_4 in den Verband des Muttergesteins hat hier in bezug auf Intensität und Auswirkung ihre grösste Ausdehnung erreicht. Rein äusserlich sind zwei Arten des Vorkommens der Coelestinisierung im Eisenoolith zu unterscheiden: die konzentrisch-strahligen Coelestinaggregate in den Steinkernen der Fossilien einerseits und andererseits die mehr oder weniger idiomorph ausgebildeten Coelestinkristalle, die stellenweise massenhaft das Erz durchspicken. Diese Vorkommen sind nun keineswegs gleichmässig auf das ganze Erzlager und Grubengebiet verteilt, sondern sie zeigen sich auf den Süden des Aufschlusses beschränkt, der im Übersichtsplan Fig. 2 als „Zone A“ markiert ist. Eine Anreicherung findet besonders in der Nähe der Klüftescharungen statt, die zwischen den Klüften 4 und 7 liegen, und die an sich schon coelestinführend sind. Diese Begrenzung, die man noch mit dem Hinweis darauf ergänzen kann, dass die Coelestininfiltration des Erzes hauptsächlich die obersten Partien ergriffen hat und deutlich von oben herab verschieden weit in die unteren Lagen vorgedrungen ist, betrifft jedoch in erster Linie die eigentlichen Verdrängungserscheinungen im Eisenoolith selbst. Die Coelestinisierung der Versteinerungen greift dagegen weiter über die Zone A und sogar über die Zone B hinaus bis weit über die halbe Höhe nach Norden, wo wenigstens in ausgelaugten Hohlräumen noch zerfressene Reste oder Spuren des Strontiumsulfats festgestellt werden können.

Schon das in seinen Grenzen engumschriebene Auftreten dieser Erscheinung, die zweifellos sekundär durch Verdrängung und Imbibition von mergelig-limonitischer Grundmasse und erst in zweiter Linie der festeren Oolithe zustandegekommen ist, lässt erraten, dass hier die Einwirkung der Lösungen grösser war als bei der Bildung von Coelestinkristallen der Fossilidrusen. Auch die Ausbildung der Coelestinkristalle ist in beiden Vorkommen verschieden. In der Erzsubstanz selbst stellen die Individuen im allgemeinen Einzelkristalle dar, die teils weit verstreut, teils, und das besonders in der Nähe der Klüfte und gegen das Hangende zu, sich zu „Coelestinsonnen“ und regellosen Zusammenballungen verdichten. Fig. 23, Tafel V, zeigt eine solche Durchspickung des Erzes mit Coelestin. Neben mitunter recht scharfen Querschnitten rhombischer Begrenzung nach (011) oder mehr pseudohexagonaler Umrisse, indem sich zu (011) noch (001) gesellt, treten nicht selten unvollständige Aggregierungen auf, die noch keine individuelle Formen erkennen lassen, oder, wenn die Verdrängung sich noch ganz im Anfangsstadium befindet, nur durch heller erscheinende Höfe in der rotbraunen Erzmasse angedeutet werden. Unter der Lupe zeigt es sich dann, dass die Coelestinsubstanz zwischen den noch intakten Eisenoolithen eingelagert ist, dass also zuerst die Grundmasse verdrängt wurde. Dass die kleinen Oolithkörner tatsächlich der Verdrängung am besten Widerstand zu leisten vermochten, lässt sich auch daran erkennen, dass die Einschlüsse in den Coelestinindividuen mehrheitlich aus ihnen bestehen.

Auf den Bruchflächen erweisen sich die äusserlich homogen erscheinenden Kristallkörper aus divergent-strahligen Subindividuen mit Zentrum in Kristallmitte aufgebaut. Sie gleichen damit in ihrem Aufbau den Kristallisationen, die die Fossilien coelestinisiert haben. Die Farbe des Coelestins ist weiss bis leicht bläulich, oft auch durch Einlagerungen rötlich und praktisch undurchsichtig. Der Erhaltungszustand — es mag dies hervorgehoben werden — ist ein recht frischer. Wiederauflösungserscheinungen sind keine beobachtet worden.

Coelestinisierung von Fossilien

Es besteht kein Zweifel, dass der Coelestinisierungsprozess der Versteinerungen ebenfalls sekundär ist und im Grunde genommen auf dem gleichen Vorgang beruht, durch den das Brauneisenerz mit Coelestinkristallen imprägniert worden ist. Mehr oder weniger coelestinisierte Fossilien sind am häufigsten in der Zone A. Hier sind nicht nur in Coelestin übergeführte Steinkerne von Ammoniten gefunden worden, sondern auch nicht selten somatische Verdrängung von Braunkohlesubstanz des eingeschwemmten Coniferenholzes durch Strontiumsulfat.

Die Coelestinisierung des fossilen Holzes führt zu einer relativ groben, dicht konzentrisch divergierenden Kristallmasse. Der Zusammenhalt der Einzelindividuen ist aber durch eingelagerte Kohlehäutchen sehr gelockert. Die Coelestinisierung hat vor allem das Innere der Braunkohlemasse erfasst, während die Aussenpartien noch ganz die kohligen Rückstände des Holzes zeigen. An sich ist die Coelestinsubstanz farblos, aber durch Kohlenstoff dunkelgrau bis fast schwärzlich gefärbt. Auf den Spaltflächen herrscht Glasglanz, auf Bruchflächen quarzähnlicher Fettglanz. Da die Kohle meist Schwefeleisen enthält, das in der feuchten Grubenluft rasch unter Verfärbung und Bildung von Zersetzungsprodukten zerfällt, treten auch die eigenartigen Erscheinungen des „Treibens der Kristallaggregate“ auf, wodurch der Kristallverband nach einiger Zeit sich mehr und mehr auflöst. Fig. 24, Tafel VI, zeigt ein eindruckliches Beispiel einer solchen Coelestinisierung von im Eisenerzlager eingeschlossenem Holz.

Wohl finden sich in der rotbraunen Erzbank coelestinisierte Braunkohle viel seltener als von Coelestinsubstanz erfüllte Ammoniten, aber es scheint, dass sich pro Versteinigung bedeutend mehr SrSO_4 in der Holzkohle infiltrieren konnte als in der widerstandsfähigeren Füllsubstanz der Ammonitensteinkerne. Die Coelestinkristallisationen solcher Ammonitensteinkerne (s. Fig. 25, Tafel VI) bestehen aus konzentrisch-strahlig aufgebauten langgestreckten Individuen, die im Kristallisationszentrum weisslich trüb, nach aussen zu schwach bläulichgrün sind und nach der glasglänzenden Basis-spaltbarkeit aufbrechen. Häufig finden sich Eisenoolithe in der Kristallmasse eingeschlossen. Die äussere Begrenzung der „Coelestinsonnen“, die scheinbar in den einzelnen Luftkammern ihre Keimpunkte besitzen, ist scharf, wenn die Prismenstrahlen an die Schalenfugen anstossen; sie weisen sehr unregelmässige Endungen auf und sehen wie zerfressen aus, wenn ihr Vordringen in der eisenoolithischen Füllmasse der Ammonitenkammern ein vorzeitiges Ende gefunden hat. Auch Überschneidungen von solchen „Sonnen“ können vorkommen.

Neben Coelestin sind, ausser kleinen Calcitkriställchen im Innern von kleinen Terebrateln, kaum irgendwelche andere sekundäre Mineralbildungen in der Zone des *Peltoceras athleta* festgestellt worden, vor allem auch kein Pyrit. Der bereits erwähnte Gehalt an dünnen Überzügen von Schwefeleisen in den zu Braunkohle (Gagat zum Teil) umgewandelten Resten von eingeschwemmtem Holz steht sehr wahrscheinlich mit der Kohlebildung selbst im Zusammenhang.

e) Die „Leitschicht“

(Ancepsschicht. B7 des geol. Profils Fig. 1)

In diesem ausgezeichneten Leithorizont treten häufig relativ grosse und dicke Ammoniten der Gattung *Arymnoceras* auf, die in der Regel keine Kammerhohlräume enthalten, sondern von dem äusserst harten und zähen, schwach eisenoolithischen Kalk erfüllt sind, in dem sie eingebettet vorkommen. Der Horizont, der auch keine Coelestinisierung erfahren hat, führt daher nur ausnahmsweise sekundäre Mineralbildungen. Einmal ist eine kleine *Reineckia* sp. gefunden worden, die in ihren Kammern Kristalle von Calcit und Dolomit in der üblichen Ausbildung enthalten hat. Herrn Prof. Dr. JEANNET verdanke ich einen lichtblauen Kristall von Coelestin aus der Kammer eines *Stepheoceras* sp., der zweifellos diesem Horizont entstammt. Er ist, soweit dies festgestellt werden kann, nach der a-Achse gestreckt und weist folgende Flächenkombination auf:

$$o\langle 011 \rangle \cdot c\langle 001 \rangle \cdot d\langle 101 \rangle \cdot m\langle 210 \rangle \cdot l\langle 102 \rangle \cdot z\langle 211 \rangle \cdot a\langle 100 \rangle.$$

Die Flächenmessung gestaltete sich schwierig. Die o-Flächen sind zum Teil angeätzt, jedoch nicht matt. $d\langle 101 \rangle$ ist parallel der b-Achse gestreift, $l\langle 102 \rangle$ sehr schmal entwickelt. Auch $z\langle 211 \rangle$ ist klein. Bemerkenswert ist das Erscheinen des vorderen Pinakoids $a\langle 100 \rangle$, das üblicherweise eine intensive Streifung parallel der c-Achse aufweist und nur als sehr kurze und schmale Abstumpfung der Kante $(101)/(10\bar{1})$ feststellbar ist. Die übrigen Flächen sind mehr oder weniger glatt und glasglänzend. Der Kristall ist halbdurchsichtig.

Das Aussehen des Kristalls ist nicht mit den Vorkommen in den Cordatuskalken vergleichbar. Vielmehr weisen Färbung, Ausbildung und Habitus den Kristall so vollkommen in das Vorkommen des Coelestins in den Macrocephalenschichten ein, dass er für sich allein nicht davon unterschieden werden kann.

f) Die Macrocephalenschichten

(Das Liegende des oolithischen Doggererzes)

(A4 und 5 des geolog. Profils Fig. 1)

Die abwärts der „Leitschicht“ folgende graubraune Erzbank ist praktisch frei von sekundären Mineralbildungen. Erst im Liegenden des ganzen Lagers treten unvermittelt wieder reichliche Einlagerungen von Versteinerungen auf, die diese Zone dadurch kennzeichnen, dass die Steinkerne in erster Linie der ausserordentlich voluminösen Ammonitengattung *Macrocephalus* angehören, die zudem gar nicht selten beachtliche Grössen erreichen. Daneben kommen noch reichlich grosse Exemplare von *Reineckien* u. a. vor. Von jeher sind die manchmal bis 40 cm im Durchmesser messenden und bis 20 cm dicken Macrocephalen aufgefallen, die bei den Gewinnungsarbeiten infolge ihrer fast völlig oolithfreien, harten Kalkkerne aus dem Eisenerz ausgelesen werden mussten. Die untersten 20 cm der eisenoolithischen Ablagerung sind nicht abbauwürdig und bilden in der Regel den Boden der Abbaufelder. Darin machen sich die bauchigen Körper der Ammoniten durch mehr oder weniger deutliche Erhebungen bemerkbar und können bei durchfeuchtem Boden verhältnismässig leicht herausgehoben werden. Im Liegenden dieser ausserordentlich versteinerungsreichen Grubensohle tritt ein scharfer Wechsel des Gesteinscharakters auf, indem ein sehr harter, sandiger Kalk von grauer Farbe folgt, der wasserundurchlässig zu sein scheint. Jedenfalls hat er sich selbst in der Grube an verschiedenen Stellen als Quellhorizont erwiesen, eine Erscheinung, die für die interessante Mineralbildung in dieser Zone vielleicht von grosser Wichtigkeit ist. In seiner gelben Verwitterungsvarietät wird dieser harte Kalk unter dem Namen „Kornberg-sandstein“ als Baustein gewonnen.

Beim Fortschreiten des Abbaues in der Höhe des mittleren Grubengebietes erwiesen sich in zunehmendem Masse die Steinkerne der Macrocephalen mehr oder weniger ausgehöhlt, wobei an den Wandungen kleine Dolomitrhoemboeder neben kleinen Calcitkristallen und kümmerlichen Resten von Coelestin verstreut zu finden waren. Diese Funde waren ebenso zahlreich wie einheitlich, weder mit anderen Paragenesen vergesellschaftet, noch im Erhaltungszustand der Mineralarten irgendwie unterschiedlich.

Bei der Ausbreitung des Abbaues in südlicher Richtung, mit der Erfassung der Zone B (siehe Fig. 2, Tafel IX) ändert sich die ganze Art der Vergesellschaftung der gleichen drei Mineralien von Grund auf. Man kann sagen, dass die

Paragenese Calcit–Dolomit–Coelestin

„eindeutiger“ wird. Die Ausbildung wie auch die Sukzession der Mineralien wird eine „normale“, d. h. sie passt sich ohne weiteres der Charakteristik der früher bereits beschriebenen Paragenesen ähnlicher Art an. Der Unterschied zwischen dem Vorkommen der drei Mineralien im gleichen Horizont des nördlicher und vor allem höher gelegenen Grubenreviers und dem Auftreten in der Zone B ist gross, obwohl die Fundplätze kaum mehr als 50 m in horizontaler und höchstens 10 m in vertikaler Richtung voneinander entfernt liegen. Nicht minder bedeutend, wenn auch in anderem Sinne, gestaltet sich der Wechsel der Zone B mit ihrer Dolomitparagenese in die dolomitfreie Mineralzone A (Fig. 2), in der die Hohlraumkristallisationen in den Ammoniten sich durch einen unerwarteten Reichtum an oft prächtig kristallisiertem Coelestin auszeichnen. Der Zonenwechsel ist vermutlich recht scharf. Wahrscheinlich beträgt er im Schichtenfallen kaum einige Meter, in vertikaler Richtung wohl nur einige Centimeter.

In der Zone B spielt offensichtlich der Dolomit eine ähnliche Rolle wie in der Paragenese 2 der Cordatuskalke, in der Zone A fehlt er praktisch ganz. Tritt in der Zone B der Coelestin dafür mengenmässig stark zurück, entspricht sein Auftreten in der Zone A einer Masseninvasion, bei der selbst der Calcit auffallend zurückgedrängt ist. Dort bildet das Carbonat die älteste Ausscheidung, hier ist es das Strontiumsulfat, das zuerst überaus häufig auskristallisiert auf der Kammerwandung sitzt. Pyrit ist als jüngere, sporadische, jedoch noch Einschlüsse in den äusseren Wachstumsschichten der Coelestinkristalle bildende Kristallisation nicht gerade häufig zu beobachten. Doch auch in der Zone A gibt es Drusen, in denen Calcit als primäres Mineral auskristallisiert ist. Die Coelestinabscheidung setzte aber jedenfalls auch dann sehr frühzeitig ein, so dass Calcit und Coelestin in der Unterlage der Kristalle innig vermischt erscheinen. Daneben sind Drusen von wasserklarem Calcit und etwas Limonit, der aus zersetztem Pyrit hervorgegangen sein mag, sehr selten. Im übrigen aber haben die Funde ergeben, dass in der Zone A des Macrocephalenhorizontes das lokale Massenauftreten vornehmlich eines Minerals einer ausgeprägten Armut an anderen Mineralarten gegenübersteht. Das ist besonders auffallend, wenn man sich der Vorkommen im Cordatuskalk erinnert. Dort ist das Verhältnis gerade umgekehrt: dem relativen Artenreichtum stehen nirgends grosse Mengenansammlungen einzelner Mineralien gegenüber.

Dies ist aber nicht der einzige Gegensatz, der die minerogenetische Besonderheit der obersten und untersten Mineralzonen im eisenoolithischen Schichtenpaket des Bergwerks Herznach auszeichnet. Ohne Zweifel ist der unterschiedliche Charakter der mineralführenden Kammerhöhlräume in den Cordatuskalken einerseits und in der Macrocephaluszone andererseits ein auffallendes Merkmal der Bildungsbedingungen, denen die Kristallausscheidungen hier wie dort unterworfen waren. In den Cordatuskalken finden sich die Kammern der Ammoniten, soweit sie ihres guten Erhaltungszustandes wegen vollkommen oder wenigstens noch zum Teil hohl erhalten geblieben sind, zwar mit Mineralien besetzt, die Kammern blieben aber in ihren Konturen unverändert erhalten, so dass man den Schalenbau des Tieres noch in ausgezeichneter Art verfolgen kann. Es reiht sich Kristallkammer an Kristallkammer, ihre gegenseitige Abdichtung erlaubt die Existenz völlig verschiedener Paragenesen in engster Nachbarschaft. Die Raumerhaltung ist eine ursprüngliche, und den mit Mineralstoffen befrachteten Lösungen boten sich natürliche, getrennte Raumbedingungen zur Ausscheidung. Ganz anders scheinen sich nun die Voraussetzungen für die Lagerstättenbildung in der Macrocephaluszone von Anfang an entwickelt zu haben. Im allgemeinen haben sich hier die Ammonitengehäuse in der Versteinerungsphase mit dem sich später ausserordentlich stark erhärtenden Meerschlamme erfüllt. Nur einmal ist der Steinkern einer *Reineckia* sp. gefunden worden, der ursprüngliche Kammerhöhlräume nach Art der Ammoniten der Cordatuskalke aufweist. Der aufgebrochene Gehäuseteil aber zeigt keine Trennwände mehr. Alle andern mineralführenden Ammoniten der Macrocephaluszone besitzen Mineralräume, die nur stellenweise den Konturen der Kammerumgänge folgen, im übrigen aber sehr unregelmässig begrenzt sind. Gewöhnlich liegt der Mineralhohlraum mehr oder weniger im Zentrum des Tieres. Die äussere Sphäre des Steinkernes ist durchbrochen von mineralerfüllten Rissen und gelegentlichen kleinen Erweiterungen mit derbem Coelestin, die in der Regel eine Mineraldruse im Innern des Tieres vermuten lassen. Ohne Zweifel haben die verheilten Risse als Zubringerkanäle der Minerallösungen gedient, die sich vermutlich durch sekundär Verdrängung den Hohlraum selbst geschaffen haben. Dabei muss die Frage offen bleiben, ob vielleicht ein abweichender Gesteinscharakter im Inneren der Ammonitengehäuse das Entstehen solcher „unechter“ Kammerhöhlräume

begünstigt hat, denn es ist doch auffällig, dass der Steinkern der Ammoniten niemals derartig vom Aussenrand her angegriffen ist. Die Mineralhohlräume der Zone B mit ihren vorherrschend carbonatischen Ausscheidungen sind im Vergleich zu den strontiumsulfatischen Räumen der Zone A immer merklich kleiner und schmiegen sich noch stärker den Kammer- und Windungskonturen der Ammoniten an. Intensität und Menge der Minerallösungen, die sich an der Lagerstättenentstehung beider Mineralzonen beteiligt haben, sind wie die oder vielleicht sogar wegen der Zusammensetzung der Lösungen verschieden, wobei die Zone A die ungleich stärkere Mineralisation erfahren hat.

Nach den Funden zu beurteilen, ist das Häufigkeitsverhältnis mineralführender Ammoniten für die Zonen A und B etwa 100:10. Indes scheint der Anteil der Zone B an den Funden vielleicht doch etwas zu klein zu sein. Einmal ist die Zone A an sich schon bedeutend ausgedehnter, auch die Ausbeutungsbedingungen waren dort von jeher bedeutend besser. Das recht schmale Band der Zone B liegt in einem Grubenteil, der seinerzeit rasch abgebaut worden ist. Zudem war man zu jener Zeit (1943) auf das imposante Vorkommen des Coelestins in der Abbausohle im südlichen Grubenteil noch nicht aufmerksam geworden. In der Zone A sind wohl etwa 80% aller grösseren Macrocephaliten mineral-, das heisst coelestinführend. Davon aber weisen höchstens 25% mehr oder weniger gute Drusen Hohlräume auf, während die übrigen ausschliesslich derbe Coelestinfüllungen in ihrem Inneren enthalten.

Die Paragenese der Zone B: Calcit-Dolomit-Coelestin-Pyrit

Die meisten Funde dieser Paragenese der Zone B sind der entsprechenden Paragenese 2 der Cordatuskalke überraschend ähnlich. Schon der

Calcit

verrät die Begleitung von Dolomit auf die gleiche typische Art: die verhältnismässig kleinen Kristalle zeigen ein charakteristisches milchiges Weiss und sind im allgemeinen undurchsichtig. Mitunter sind nur die inneren Partien der Kristalle von dieser Art; die Fortwachsungen haben ein klareres und durchsichtigeres Aussehen. Die Flächen der Skalen- oder sind augenscheinlich in der Mehrzahl stark gestört. Habitus und Formenkombination unterscheiden sich nicht im geringsten von den anderen Calcitvorkommen der Grube. Limonitische Bestäubung, die auch in den Calcitkristallen eingeschlossen sein kann, ist sehr häufig. Fig. 26, Tafel VI, zeigt die Ausbildung des Calcits.

Dolomit

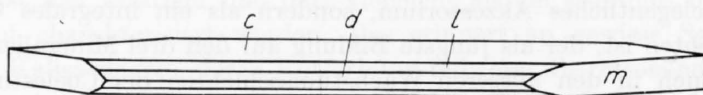
findet sich stets in der üblichen Ausbildung. Er tritt als stark aggregierte und gewölbte Einheitsrhomboeder auf, die weiss und undurchsichtig sind und perlmutterartig glänzen.

Die Mannigfaltigkeit der Kristalle des

Coelestins

ist offensichtlich grösser und vor allem extremer als im entsprechenden Vorkommen der Cordatuskalke. Von übertrieben tafeliger Ausbildung und spiessiger Streckung nach der b-Achse (Fig. 27, Tafel VI) finden sich säulige Kristalle, die nach der a-Achse stark verlängert erscheinen, wobei durch Zurücktreten der Basis schliesslich die Tendenz zu unterm prismatischen Typ V (Kluft 7) zum Ausdruck kommt (Fig. 26, Tafel VI). Die Beschaffenheit der Kristalle ist recht frisch, dagegen sind Wachstumsstörungen und Verzerrungen relativ häufig. Die Kristalle sind teils farblos bis weisslich, teils zeigen sich wie in den Cordatuskalcken rosafarbene bis schwach gelblichrote Tönungen. Die Färbungen

aber bleiben in dieser Fundzone B im Gegensatz zu denjenigen der Kristalle der Zone A stets sehr schwach. Die Grösse und das Mengenverhältnis sind ausserordentlich variabel; von kleineren oder grösseren Einzelkristallen (Fig. 26, Tafel VI) und Aggregaten bis zu kristallinen Ausfüllungen grösserer Hohlräume (Fig. 27, Tafel VI) scheint es alle Übergänge zu geben. Angesichts dieser grossen Vielheit der Ausbildung der Coelestinkristalle erscheint es angezeigt, einzelne Beispiele ausführlicher zu beschreiben.



Figur 27a. Callovien, Zone des Macrocephalites Macrocephalus, Fundzone B*) [*] s. Situationsplan]
Weisser strahliger Coelestin in einem A. Macrocephalus sp. als spiessige Kristalle der Kombination:
 $c\langle 001 \rangle \cdot d\langle 101 \rangle \cdot l\langle 102 \rangle \cdot m\langle 210 \rangle$ (stark nach der b-Achse gestreckt)

Als eine 1 mm dicke Platte eines nach der Basis tafeligen Kristalls von schwach rötlicher Färbung bei ziemlich klarer Beschaffenheit spannt sich ein Coelestin zwischen den mit einem weissen Calcitrasen besetzten Wänden eines ovalen Hohlräume. Die sehr grosse Basis ist ausserordentlich stark vizinal gestört und uneben. Die Paragenese ist typisch dolomitisch. — In einem ähnlichen Hohlraum, in dem die Calcitkristalle grösser und in den äusseren Partien durchsichtig sind, findet sich neben viel weissem Dolomit eine kleine Gruppe leicht rosa gefärbter, glasglänzender Coelestinkristalle. Die teilweise verzerrten Individuen erscheinen auf der a-Achse aufgewachsen und nach ihr gestreckt. Sehr gross ist $d\langle 101 \rangle$ entwickelt. Ihm folgt $z\langle 211 \rangle$. $m\langle 210 \rangle$ ist klein. Demnach würde die Formenkombination etwa folgendermassen lauten:

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle.$$

An andern Kristallen können in der Zone [010] zwischen $\langle 101 \rangle$ und $\langle 001 \rangle$ weitere (h01)-Flächen auftreten.

Fig. 26 zeigt einen nach der a-Achse kurzprismatischen, farblos-durchsichtigen Kristall inmitten einer typischen Dolomitparagenese. Die Basisflächen sind nur sehr schmal entwickelt, die $o(011)$ -Flächen sehr uneben und rauh. Die Kombination lautet:

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle.$$

Gegen die vorbeschriebenen Kristalle unterscheidet sich dieser Coelestin lediglich durch eine andere Entwicklung der gleichen Flächen, und sein Habitus erinnert stark an den Typus V der prismatischen Kristalle in der Kluft 7.

Fig. 27, Tafel VI, stellt eine Coelestinausscheidung der Zone B dar, die von anderen völlig abweicht. Der Hohlraum ist von einer weissen, strahlig-kristallinen Coelestinmasse vollkommen erfüllt. In einer Druse findet sich ein kleiner Kristall, der nach der b-Achse stark gestreckt erscheint (Fig. 27a). Seine spiessige Ausbildung gleicht weitgehend den Kristallen von Monte Viale bei Vicenza, deren Habitus von V. GOLDSCHMIDT im „Atlas der Kristallformen“ (32) Nr. 171, gezeigt wird. Die Basis ist verhältnismässig schmal, $d(101)$ und die zweite (h01)-Fläche, sehr wahrscheinlich $l(102)$, noch bedeutend schmaler; aber beide sind im Gleichgewicht miteinander entwickelt. Demnach würde die Formenkombination des farblosen und durchsichtigen Kriställchens lauten:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 210 \rangle.$$

Es dürfte sich rechtfertigen, diese besondere und für Herznach einmalige Ausbildung des Coelestins als Typus VIII zu registrieren. — Im Drusenraum sitzen überdies noch regellos zerstreut sehr kleine Halbkugeln von Limonit, die wohl aus zersetztem Pyrit entstanden sind.

Überhaupt lassen die fast nie fehlenden Bildungen von Eisenhydroxyd vermuten, dass

Pyrit

nicht nur als gelegentliches Akzessorium, sondern als ein integrales Glied der Paragenese zu betrachten ist, der als jüngste Bildung auf den drei Mineralien aufgewachsen, teilweise aber auch in den äusseren Wachstumsschichten der Coelestinkristalle eingeschlossen ist. Bei noch einigermaßen frischem Erhaltungszustand bildet das Schwefel-eisen kugelig aggregierte Kriställchen, deren Einzelgestalt auch bei 15 facher Vergrösserung noch nicht erkennbar ist. Stets ist die Menge sehr klein.

Die Coelestinlagerstätte der Zone A. Paragenese: Coelestin + Calcit + Pyrit

Wie schon die Überschrift andeutet, beherrscht das massenhafte Auftreten von Coelestin in den häufig grossen Exemplaren von Macrocephalen und auch anderer Ammoniten den Charakter dieser Mineralagerstätte. Im übrigen spielt der Pyrit stets nur eine sehr untergeordnete Rolle als Akzessorium der Mineralgemeinschaft Coelestin-Calcit. Damit nimmt dieses Vorkommen gegenüber den vorbeschriebenen Lagerstätten des Bergwerks Herznach eine überraschend abweichende und einzigartige Stellung ein. Während noch die Fundzone B in ihrem Schichtdrusencharakter keine auffällige Differenzierungen gegenüber der Cordatuszone aufweist, ist der Übergang zur Zone A nicht nur räumlich offenbar sehr unmittelbar, sondern auch in seiner genetischen Erscheinungsform überaus gegensätzlich. Die Mineralgemeinschaft Coelestin-Calcit bedeutet für die Zone A eine Umkehrung der Mengenverhältnisse in dem Sinne, dass Coelestin in den Drusen immer über Calcit dominiert. Auch bezüglich der Reihenfolge der Ausscheidung beider Mineralien zeigen sich gegenüber der anderen Fundstätten grundlegende Unterschiede. Calcit stellt nur selten die einwandfrei erste Bildung der Paragenese dar; Coelestin kann nicht nur als ausschliessliche Hohlraumausfüllung auftreten. Er kann, wenn Calcit vorkommt, vor diesem oder mit ihm ausgeschieden sein. Der Sukzessionswechsel oder doch Schichtwechsel beider Mineralien, der nicht nur von Druse zu Druse, sondern auch innerhalb grösserer Hohlräume zu beobachten ist, mag besondere Ursachen haben. Der Fund einer grösseren Hohlraumkristallisation eines Ammoniten, die zufällig noch in ihrer ursprünglichen Lage studiert werden konnte, lässt vermuten, dass das Schwerefeld mit in Betracht zu ziehen ist. Am Boden der Druse ist die Hauptmasse des Coelestins zunächst als dicke kristalline Kruste direkt auf der Gesteinswandung ausgeschieden, aus der dicht aneinandergedrängt die gut begrenzten Kristalle herauswuchsen, wie dies die Fig. 28 und 29, Tafel VII, zeigen. Im „Dach“ der Druse bedeckt, wie in den Ammonitenkammern der Zone B und des Cordatenkalkes, zuerst ein dichter Rasen grösserer Calcitskalenoeder die Wandung, zwischen denen einzelne Coelestinkristalle verstreut aufgewachsen sind (vgl. Fig. 30, Tafel VIII). In der Regel wird auch das Auftreten von weissen, bis 5 mm grossen Calcitkristallen mit stark geätzter Oberfläche auf den reichlichen Coelestinabscheidungen des Drusenbodens oder in kleinen Hohlräumen auf eine analoge Differenzierung zurückzuführen sein. Durch die augenscheinliche Möglichkeit der Separation der Ausscheidungen nach dem spezifischen Gewicht der beiden an der Paragenese beteiligten Mineralien versagt oft das Kriterium der örtlichen Aufeinanderfolge ausgeschiedener Kristalle als zeitliche Sukzession.

Dafür scheint die interessante

Färbung des Coelestins

gewisse Anhaltspunkte für den zeitlichen Ablauf der Lagerstättenbildung zu geben. Es erweist sich nämlich, dass die übergrosse Mehrzahl der Coelestinkristalle, die direkt auf der Kammerwandung sitzen, also zuerst zur Abscheidung kamen, mehr oder weniger stark rot gefärbt sind. Das Rot, dem wir übrigens auch schon in der Dolomitparagenese begegnet sind, ist hier kräftiger und darf vielleicht als ein stumpfes bis helles Fleisch- oder Himbeerrot charakterisiert werden. Das erinnert an gewisse Sylvingesteine des oberrheinischen Kalisalzlagers, deren Rotfärbung teilweise überraschend gut mit unserm Coelestinrot übereinstimmt. E. STURMFELS (43) führt die Rotfärbung des Kalisalzes auf das Vorhandensein winzigster Hämatitnadelchen zurück. Es liegt daher nahe, eine solche Ursache auch für die Rotfärbung unseres Coelestins zu vermuten, um so mehr, als ja die Gegenwart einer Eisenverbindung im Bereich des Herznacher Eisenerzlagers nichts Aussergewöhnliches bedeutet. Herr Prof. Dr. E. BRANDENBERGER (Eidg. Techn. Hochschule Zürich), der die Freundlichkeit hatte, eine Probe roten Coelestins röntgenographisch zu untersuchen, konnte jedoch keinerlei Anzeichen kristalliner Beimengungen, welche die Färbung zu erklären vermöchten, beobachten. Dagegen konnte mein Freund, Herr Dr. chem. H. GROSSGLAUSER, Bern, auf chemischem Wege mittels der Berliner-Blau-Reaktion die Anwesenheit von Fe im roten Coelestin nachweisen, jedoch auch — und das scheint nicht unwesentlich zu sein — im leicht blau gefärbten Coelestin, wenn auch in bedeutend geringerer Menge. Ob die letztere Tatsache zur Erklärung der Blaufärbung genügt, dürfte bezweifelt werden.

Die im Anfang der Kristallisation häufigere Rotfärbung weicht indessen manchmal mit scharfer Abgrenzung einer weissen bis farblosen Ausbildung der Coelestinkristalle, wenn man den Abscheidungen nach dem Innern der Druse folgt, besonders wenn diese ein grösseres Volumen aufweist. Kristalle, deren Kern bei wolkiger Verteilung des Farbstoffes noch rot gefärbt ist, werden nach aussen hin farblos oder weisslich.

Ein einziger Fund lieferte ausgeprägt blau gefärbte Kristalle, die in Gruppen sowohl auf rötlichem wie weissem Calcit aufgewachsen sind. Sie weichen mit ihrer mehr dünn- tafeligen Ausbildung morphologisch auffallend von der vorherrschenden Habitusgestaltung ab.

Damit ergibt sich eine weitere Frage, ob die

Morphologie des Coelestins

der Zone A gewisse Zusammenhänge mit dem wohl durch feinstdisperse Beimengungen bedingten Färbungsverlauf der Coelestine in den Hohlräumen der Macrocephaliten zeige. Tatsächlich ist in grossen Zügen deutlich eine mehr oder weniger starke Bindung einzelner Habustypen der Zone A an die Coelestinfarbe feststellbar. Ebenso unterschiedlich ist auch die Ausbildung der Kristalle, das Auftreten von Vizinal- und Wachstumserscheinungen oder Auflösungsanzeichen. In der nachfolgenden Einzelbeschreibung der verschiedenen Coelestinkristalltypen der Zone A sei daher dem Zusammenspiel zwischen Kristallgestaltung und Färbung besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Für die Kristallmessung war der ausserordentlich unterschiedliche Zustand der Flächen eine Quelle erheblicher Schwierigkeiten. Bei den ziemlich weit auseinanderliegenden Grenzwinkelwerten einzelner Flächenpaare waren stets grössere Messzahlen notwendig, um zuverlässige Mittelwerte zu erhalten. Aus 56 Coelestinkristallen der Lagerstätte der Macrocephalenschicht, Zone A und B zusammengekommen, konnten zur Berechnung des Achsenverhältnisses folgende Grundwinkel ermittelt werden:

(101):(001) = 39° 22' und

(211):(001) = 64° 21' oder auch, den gleichen Wert ergebend:

(011):(001) = 52° 03'.

Damit errechnet sich das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der Ammonitenhohlräume der Macrocephalenschicht

$$a : b : c = 1,5630 : 1 : 1,2823$$

Darauf beziehen sich die in Tabelle 6 zusammengestellten Messresultate.

Tabelle 6

Winkeltabelle der Coelestinkristalle der Ammonitenhohlräume der Macrocephalusschicht

Polwinkel	Zahl der Messungen	Grenzwinkel	Mittel	berechnet	Differenz
103 : 001	9	14° 45' — 15° 40'	15° 18'	15° 18'	0
103 : 101	4	23 45 — 24 21	24 04	24 05	— 1'
6.0.17 : 001	1	—	16 08	16 10	— 2
308 : 001	1	—	17 14	17 06	+ 8
409 : 001	1	—	20 04	20 02	+ 2
409 : 210	1	—	74 18	74 20	— 2
102 : 001	10	21 51 — 22 29	22 14	22 18	— 4
102 : 101	9	16 52 — 17 15	17 04	17 03 1/2	+ 1/2
6.0.11 : 001	1	—	24 10	24 06 1/2	+ 3 1/2
407 : 101	1	—	14 24	14 14 1/2	+ 9 1/2
305 : 101	1	—	13 12	13 09 1/2	+ 2 1/2
203 : 101	5	10 20 — 10 48	10 38	10 41 1/2	— 3 1/2
304 : 001	1	—	31 28	31 36	— 8
9.0.10 : 101	1	—	2 46	2 54	— 8
14.0.15 : 101	1	—	1 55	2 02	— 7
101 : 001	40	38 56 — 39 43	39 22	—	—
101 : 101	12	101 10 — 101 55	101 24	101 16	+ 8
807 : 001	1	—	43 13	43 09 1/2	+ 3 1/2
312 : 101	5	24 33 — 24 49	24 42	24 43 1/2	— 1 1/2
312 : 211	5	13 10 — 13 40	13 28	13 33 1/2	— 5 1/2
423 : 211	1	—	10 17	10 34	— 17
211 : 101	12	38 08 — 38 25	38 15	38 16	— 1
211 : 001	24	64 08 — 64 51	64 21	—	—
211 : 210	39	25 11 — 25 50	25 39	25 39	0
211 : 211	1	—	67 23	67 26	— 3
18.9.7 : 001	1	—	69 22	69 31	— 9
18.9.7 : 211	1	—	5 02	5 10	— 8
10.5.3 : 210	2	15 50 — 16 03	15 57	16 04 1/2	— 7 1/2
10.5.3 : 211	2	9 32 — 9 47	9 39	9 35 1/2	+ 3 1/2
421 : 211	13	11 42 — 12 25	12 08	12 09	— 1
421 : 210	16	13 17 — 13 49	13 31	13 30 1/2	+ 1/2
210 : 210	16	75 06 — 75 58	75 39	76 01	— 22!
210 : 101	8	59 46 — 59 58	59 52	60 01	— 9
810 : 810	1	—	22 16	22 09	+ 7
011 : 210	2	60 54 — 61 15	61 04	60 57	+ 7
011 : 001	15	51 43 — 52 15	52 03	—	—
011 : 011	5	75 42 — 75 51	75 45	75 54	— 9
011 : 101	4	61 17 — 61 44	61 34	61 37	— 3

An einem Kristall des bipyramidalen Typus tritt eine Bipyramide auf, deren Indizes, $\langle 515 \rangle$, am einkreisigen Goniometer nur durch Schimmermessung angenähert bestimmt werden konnten:

515:101 gemessen: $11^\circ 59'$, berechnet: $11^\circ 13'$
 515:011 „ $51^\circ 16'$, „ $51^\circ 42\frac{1}{2}'$.

Die Bestimmung wurde am zweikreisigen Goniometer wiederholt:

$$\varphi' = 73^\circ 33' \text{ und } \rho' = 41^\circ 34'$$

ergeben für die a-Achse den Abschnitt 0.97 und für die b-Achse 5.11 bei $c=1$. Der für die Messung ungeeignete Erhaltungszustand der $\langle 515 \rangle$ -Flächen erschwerte eine exaktere Bestätigung der ersten Resultate. — In der Messtabelle fallen ferner die stark abweichenden Winkelwerte vor allem von $(210):(2\bar{1}0)$ auf. Auch in den Cordatuskalken zeigen sich an den Coelestinkristallen ähnliche Abweichungen der Winkel mit $m(210)$. Dies dürfte zweifellos auf Vizinalflächenbildungen gegen $a(100)$ hin zurückzuführen sein. Einmal konnte die Form $N\langle 810 \rangle$ durch die Messung festgehalten werden.

Die Messtabelle verzeichnet folgende Formen, die in der Zone $[010]$ liegen:

$$\langle 103 \rangle - * \langle 6.0.17 \rangle - * \langle 308 \rangle - * \langle 409 \rangle - \langle 102 \rangle - * \langle 6.0.11 \rangle - \langle 407 \rangle - * \langle 305 \rangle - \langle 203 \rangle - * \langle 304 \rangle - \\ - * \langle 9.0.10 \rangle - \langle 14.0.15 \rangle - \langle 101 \rangle - \langle 807 \rangle,$$

14 Formen also, die die ausserordentliche Wichtigkeit der Zone $[010]$ verdeutlichen. Von diesen sind jedoch nur 6 im Formenverzeichnis von W. SCHILLY (77) aufgeführt: $\Phi\langle 103 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$, $\langle 407 \rangle$, $g\langle 203 \rangle$, $\langle 14.0.15 \rangle$ und $d\langle 101 \rangle$, während die übrigen 8 als neue Formen für den Coelestin anzusprechen wären. Davon sind uns wiederum die Formen $\langle 409 \rangle$, $\langle 6.0.11 \rangle$, $\langle 304 \rangle$, wie auch $\langle 14.0.15 \rangle$ bereits an den Kristallen der Cordatuszone begegnet, $\langle 409 \rangle$ sogar auch an den Kristallen des Typus I der Kluft 1.

Als eine zweite wichtige Zone zeichnet sich die Zone $[1\bar{2}0]$ zwischen $m(210)$ und $c(001)$ mit 5 Formen aus:

$$\langle 001 \rangle - * \langle 423 \rangle - \langle 211 \rangle - * \langle 18.9.7 \rangle - * \langle 10.5.3 \rangle - \langle 421 \rangle - \langle 210 \rangle.$$

Die mit * gekennzeichneten Formen sind ebenfalls nicht im Verzeichnis SCHILLY aufgeführt. Im allgemeinen sind diese mit * als neu angegebenen Formen alle mehr oder weniger in ihren Flächen schlecht ausgebildet, was auch bei den Messresultaten zum Ausdruck kommt.

Im Zonenverband $(101)/(211) = [111]$ findet sich ferner relativ häufig die Bipyramide $v\langle 312 \rangle$. Wie erinnerlich ist diese Form eine charakteristische Erscheinung an den Kristallen der Cordatuskalke und der Drusen der Kluft 7.

Nicht oder nur sehr überschlägig gemessen, aber teils ohne weiteres erkennbar, teils aus dem Zonenverband zu bestimmen, sind noch die Formen $a\langle 100 \rangle$, $y\langle 111 \rangle$, $x\langle 122 \rangle$ und $\Delta\langle 311 \rangle$ anzuführen, die jedoch nur recht selten an Kristallen festzustellen sind. Damit ergeben sich 28 Formen, die an Kristallen des Coelestins der Macrocephalusschicht auftreten, eine Zahl, die für eine Coelestinfundstätte auf verhältnismässig engbegrenztem Raum als sehr hoch, wenn nicht aussergewöhnlich gelten muss.

Angeichts dieses grossen Formenreichtums ist es auch nicht verwunderlich, dass der Habitus ebenfalls sehr vielseitig erscheint. Zwar sind die habitusbestimmenden Formen im allgemeinen die gleichen, welche die Kristalle der übrigen Fundstellen gestalten; allein die Habitusvariabilität der Coelestinkristalle erreicht hier in den Macrocephalenschichten durch den ausgeprägteren Wechsel des Vorherrschens einzelner Hauptleitformen ohne Zweifel ein Optimum. Für die Zone A ergeben sich somit noch 7 verschiedene Kristalltypen, die teils selbständig, teils gruppenweise durch Übergänge miteinander verbunden sind. Auch kommt es nicht selten vor, dass einzelne nahe verwandte Typen in einer Druse

gemeinsam nachweisbar sind, wiewohl das Vorherrschen eines einzigen Typus in einem Kristallisationsraum in der Regel das charakteristische ist. Im folgenden seien nun die 7 Typen ausführlicher beschrieben.

1. *Typ: Dünntafeliger Typus*

Es liegt nur ein Fund vor.

Paragenese: Calcit + Coelestin + Limonit.

Der Calcit, in der üblichen Skalenoeiderform mit stark gestörten Flächen, ist in seinem untersten Lager rot wie sonst der Coelestin und dann farblos weitergewachsen. Auf diesem etwas unregelmässigen Rasen etwa 3 mm grosser Calcitkristalle sind teils einzeln, teils gruppenweise die ca. 5 mm messenden Coelestine aufgewachsen. Ihre Farbe ist für die Fundstelle ein ungemein kräftiges Blau, kleinere Kristalle können fast farblos sein. Sie sind durchsichtig und zeigen einen frischen Glasglanz. Die Kristallgruppen neigen zur Aggregation ungefähr parallel der Basis. Auch Durchwachsungen zweier oder mehr Individuen kommen vor.

Der Habitus ist ausgesprochen tafelig nach der Basis. Die grosse Ähnlichkeit stellt die Kristalle zum Typus I der offenen Kluft 1. Eine schwache Streckung nach der a-Achse macht sich bemerkbar.

Die Kristalle sind verhältnismässig flächenarm. Die Basis ist gross, breit, glatt und spiegelnd. $o\langle 011 \rangle$ ist durch Lösungseinwirkung völlig rau und zerfressen. $d\langle 101 \rangle$ entspricht in seinen in der b-Achsenrichtung ausgedehnten Flächen der Entwicklung der Basis und ist wie diese glatt und sehr gut spiegelnd. Bedeutend kleiner als die vorgenannten Formen zeigen sich die $m\langle 210 \rangle$ -Flächen. Sie sind wenig gestört und glatt. Ihre Grösse steht in Wechselbeziehung mit der Entwicklung der Bipyramide $z\langle 211 \rangle$, deren Flächen sehr unterschiedlich gross sein können. Die Kanten $(101)/(10\bar{1})$ werden regelmässig, bald mehr, bald weniger, durch ein sehr rauhes und sehr schmales Band von $a\langle 100 \rangle$ als Pseudofläche abgestumpft. Nicht immer tritt zu den aufgezählten Formen noch $l\langle 102 \rangle$ in recht untergeordneter Entwicklung hinzu. Daraus ergeben sich zwei Kombinationen:

$$\begin{aligned} &\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 100 \rangle, \\ &\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 102 \rangle. \end{aligned}$$

Als drittes Mineral, das sehr sporadisch und in winzigen Kügelchen von bräunlicher Farbe sowohl auf Calcit wie auch auf Coelestin sitzt, ist Limonit zu erwähnen. Er erscheint demnach als jüngste Bildung und macht den Eindruck, dass er aus kleinsten Pyritkriställchen an Ort und Stelle entstanden ist. Er kommt keineswegs in der Paragenese zur Geltung und wird bei blossem Auge übersehen.

2. *Typ: Tafeliger Typus*

Dieser Ausbildung gehören Kristalle an, deren Originaldruse leider nicht bekannt geworden ist. Sie sind als Einzelkristalle abseitig gefunden worden. Immerhin ist anzunehmen, dass sie aus einer gemeinsamen Hohlraumkristallisation entstammen, und dass an der Mineralvergesellschaftung Calcit, Coelestin und Pyrit beteiligt sind.

Die Farbe des Coelestins ist rötlich bis weiss.

Die Basis ist auch bei diesem Typ noch hervorragend entwickelt. Die Zone $[010]$, die sich schon durch Streifungen auf der Basis und auf $(h01)$ -Flächen, vornehmlich auf $l\langle 102 \rangle$, bemerkbar macht, wird Hauptentwicklungszone. Dadurch werden die Kristalle recht flächenreich. Neben $l\langle 102 \rangle$ findet sich — erstmals in unserm Fundraum — das sonst nicht seltene $g\langle 203 \rangle$, ferner die bereits in anderen Fundgruppen festgestellten Flächen $(6.0.11)$ und (409) . Neu gesellt sich die Fläche $(9.0.10)$ hinzu. Die Flächen $d\langle 101 \rangle$ sind mit $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$

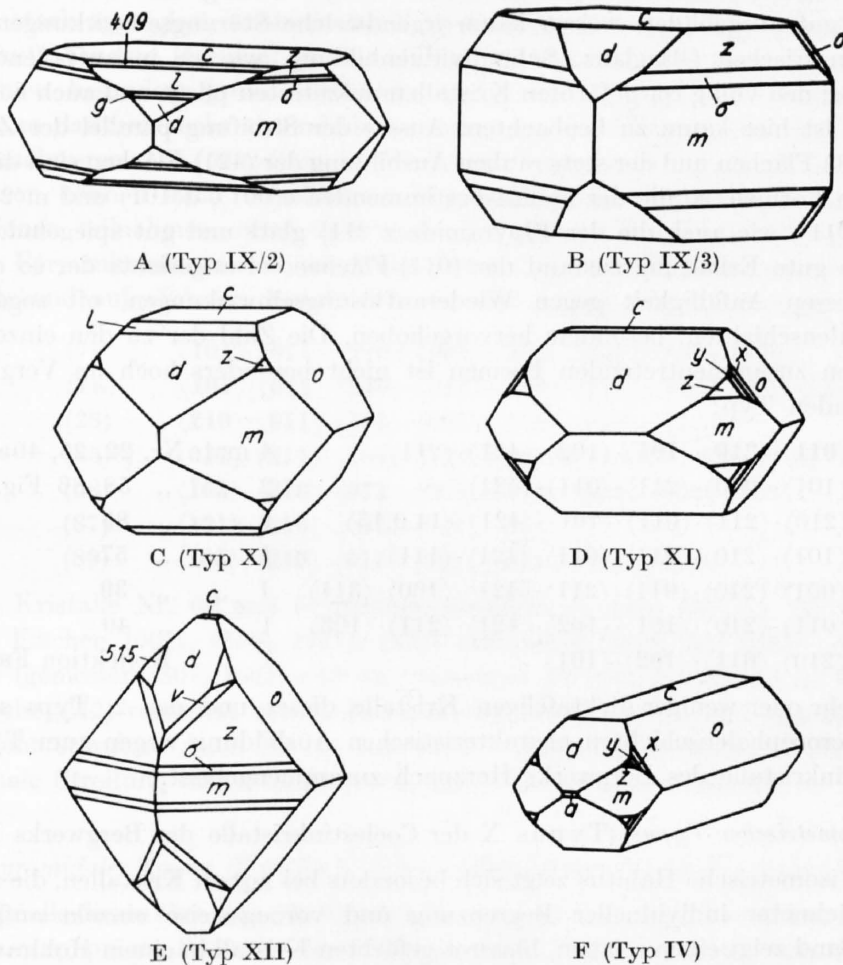
und $m(210)$ habitusbestimmend. Erstmals begegnen wir bei diesem Typ einer Bipyramidenform, die sonst in keinem andern Fundbezirk des Bergwerks Herznach auftritt und durch ihr charakteristisches, besonders beim nächsten Typ hervorragendes Auftreten neben der Bipyramide $z(211)$ für die Macrocephalenzone bezeichnend wird: (421). Damit tritt nun auch die Zone $[1\bar{2}0]$ etwas stärker hervor.

Die Formenkombinationen lauten (die eingeklammerten Nummern sind die Nummern der gemessenen Kristalle):

(Nr. 60): $\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 6.0.11 \rangle \cdot \langle 9.0.10 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 421 \rangle$

(Nr. 61): $\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 409 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 312 \rangle$ (s. Fig. 31 A)

(Nr. 62): $\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 421 \rangle$



Figur 31. Kristalltypen des Coelestins der Fossilhöhlräume der Macrocephalen-Schichten
 Flächen: $c(001)$, $d(101)$, $m(210)$, $o(011)$, $z(211)$, $l(102)$, $\sigma(421)$, $v(312)$, $g(203)$, $a(100)$,
 $y(111)$, $x(122)$, (409), (515)

Durch die Angleichung der Länge der a -Achse an diejenige der b -Achse tritt $o(011)$ recht stark zurück und die Kristalle erhalten einen durch die vier Flächen des Prismas $m(210)$ bedingten gleichmässig rhombischen Umriss.

Der erstere Kristall schliesst winzige Pyritkriställchen in seinen äusseren Baupartien ein.

3. Typ: Dicktafeliger Typus

Viele dieser sehr schönen Kristalle entstammen grossräumigen Drusen, die neben zahlreichen Calcitskalenoedern nur spurenweise Pyrit enthalten. Das auffallendste Merkmal an den oft zwei und mehr Centimeter grossen Coelestinindividuen ist, dass der Kristallkern rot gefärbt ist, während die äusseren Partien farblos oder weisslich trüb fortgewachsen sind. In der in Figur 28 abgebildeten Druse sind nur die Randpartien gegen die Hohlraumwände rot gefärbt (im Bilde dunkler getönt), während die in die Drusen hineinragenden grossen Kristalle farblos oder weiss sind.

Die Coelestinkristalle sind vornehmlich nach der b-Achse gestreckt. Die Basis ist immer noch stark entwickelt. Gegenüber dem oben beschriebenen 2. Typ aber wird die Zone [010] zugunsten der Zone [120] sichtlich weniger wichtig. Die Kristalle sind in der Regel sehr gut ausgebildet, weisen kaum irgendwelche Störungseinwirkungen auf und zeigen einen frischen Glasglanz. Subindividuenbildung, wie sie in auffallender Weise besonders bei den völlig rot gefärbten Kristallen aufzutreten pflegt und auch beim 2. Typ nicht fehlt, ist hier kaum zu beobachten. Ausser der Streifung parallel der Zone [010] auf den (h01)-Flächen und der stets rauhen Ausbildung der (421)-Flächen sind die Flächen aller andern Formen, so die der habitusbestimmenden $c\langle 001 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$ und $m\langle 210 \rangle$, sogar die von $o\langle 011 \rangle$, wie auch die der Bipyramide $z\langle 211 \rangle$ glatt und gut spiegelnd. Der ausnahmsweise gute Erhaltungszustand der (011)-Flächen sei angesichts der so oft festgestellten grossen Anfälligkeit gegen Wiederauflösungseinwirkungen, oft sogar in den Macrocephalenschichten, besonders hervorgehoben. Die Zahl der zu den einzelnen Kristallgestalten zusammentretenden Formen ist nicht besonders hoch im Vergleich zum vorhergehenden Typ:

$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$	4 mal: Nr. 22, 25, 40a, 63
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 421 \rangle$	2 „ „ 58, 86 Fig. 31 B
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 14.0.15 \rangle$	1 „ „ 85
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$	1 „ „ 57
$\langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 311 \rangle$	1 „ „ 39
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 103 \rangle$	1 „ „ 40
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle$	1 „ Kollektion FREI.

Die mehr oder weniger dicktafeligen Kristalle dieses und des 2. Typs seien ihrer für die Macrocephalenschichten charakteristischen Ausbildung wegen zum Typus IX der Coelestinkristalle des Bergwerks Herznach zusammengefasst.

4. Typ: Isometrischer Typus (Typus X der Coelestinkristalle des Bergwerks Herznach)

Dieser isometrische Habitus zeigt sich besonders bei roten Kristallen, die manchmal in ausgezeichneter individueller Begrenzung und vorzugsweise einzeln aufgewachsen sind. Ein Fund zeigt einen solchen, blassrot gefärbten Kristall in einem Hohlraum derben Coelestins, und Fig. 30, Tafel VIII bildet einen hervorragend ausgebildeten Vertreter dieses Typus inmitten eines Calcitrasens ab. In Fig. 29, Tafel VII sind isometrische Kristalle der grossen Druse der Figur 28, Tafel VII in vergrössertem Ausschnitt dargestellt.

Die habitusbestimmenden Formen $c\langle 001 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$ und $o\langle 011 \rangle$ sind mehr oder weniger gleich stark entwickelt, was den isometrischen Charakter der Kristalle bedingt. Bei unverzerrter Ausbildung ist die Basis quadratisch entwickelt. Keine Achsenrichtung ist bevorzugt und entsprechend sind auch keine ausgeprägten Zonenrichtungen vorhanden. Die Zahl der Formen, die bei diesem Habitus zu Kombinationen zusammentreten, ist bezeichnenderweise sehr gering:

$\langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$	2 mal: Nr. 88 und Kollektion FREI Nr. 247. Fig. 30, Tafel VIII und 31 C.
$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 421 \rangle$	2 „ Nr. 26, 29
$\langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$	2 „ „ 30, 81
$\langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle$	1 „ „ 27.

Kristalle dieses Typus scheinen sich ebenfalls vornehmlich in grösseren Drusen am leichtesten gebildet zu haben. Verzernte Kristalle sind sehr häufig. Pyrit beteiligt sich neben Calcit an der Paragenese.

5. Typ: Prismatischer Typus (Typus XI der Coelestinkristalle des Bergwerks Herznach)

Die tief- bis blassroten, seltener völlig farblosen Kristalle dieses Typus sind manchmal stark aggregiert, subindividuell verwachsen und zeigen oft vizinale Streifungen. Das auffallendste Merkmal ist das starke Zurücktreten der Basis. Dafür sind die Hauptprismen besonders gross entwickelt, wobei sehr häufig $d\langle 101 \rangle$ dominiert. Der Habitus kann dadurch recht absonderlich werden und die Deutung der Aufstellung der Kristalle erschweren. Die $[010]$ -Zone ist bei diesem Typus wieder stärker belastet. Ausser $\langle h01 \rangle$ -Formen können auch verschiedene Bipyramiden als Ergänzungsformen an den Kombinationen teilnehmen, ohne dass man aber daraus irgendwelche Regel ableiten kann. Die Formenkombinationen sind aus diesem Grunde ausnehmend mannigfaltig. Die nachstehend aufgeführten Kombinationen sind jedoch alle nur einmal beobachtet worden:

- (7) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$
- (7a) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$ Fig. 31 D
- (28) $\langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 810 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$
- (65*) $\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 10.5.3 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 312 \rangle$
- (68) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 407 \rangle$
- (87) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$
- (89) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$

*) Die Kristalle Nr. 66 und 67 gehören ebenfalls in diese Gruppe. Nr. 66 besitzt neben den Flächen (001) , (210) , (211) , (312) vermutlich noch die bisher unbekannte Form $\langle 807 \rangle$ (gemessen $(807): (001) = 43^\circ 13'$, berechnet $43^\circ 09\frac{1}{2}'$), während an Kristall 67 nur die Fläche (312) vermutet werden kann, da der Erhaltungszustand eine zuverlässige Messung nicht erlaubte. Auch Nr. 66 war nicht vollständig messbar. — Nr. 65 zeigt starke vizinale Streifung in der Zone $[010]$. Die Kristalle sind tiefer rot. — Nr. 68 ist farblos.

6. Typ: Bipyramidaler Typus (Typus XII der Coelestinkristalle des Bergwerks Herznach)

Die Kristalle dieses eher seltenen Typus können recht flächenreich sein. Dazu kommen nicht selten ausgeprägte Subindividuenbildungen und Fortwachsungen vor, welche die Deutung der Kristalle erschweren. Die Färbung ist durchwegs rot.

Der Typus wird durch das entschiedene Vorherrschen bipyramidaler Formen, vor allem natürlich $z\langle 211 \rangle$, gekennzeichnet. Wie beim vorhergehenden prismatischen Typus tritt die Basis dabei stark zurück, wogegen $d\langle 101 \rangle$ als eine besonders gross entwickelte Form habitusmitbestimmend werden kann. Wie zu erwarten ist, zeigt sich die Zone $[1\bar{2}0]$ stark entwickelt. Die Formenkombinationen erweisen sich sehr variabel:

- (Nr. 36) $\langle 211 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 515 \rangle$. Fig. 31 E
- („ 37) $\langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 423 \rangle$
- („ 71) $\langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 421 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 18.9.7 \rangle \cdot \langle 10.5.3 \rangle \cdot \langle 308 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 203 \rangle \cdot \langle 103 \rangle \cdot \langle 305 \rangle$

Nr. 36 und 37 sind nach der b-Achse, Nr. 71 nach der a-Achse gestreckt, pseudo-bipyramidal.

7. Typ: Säuliger Typus

Säulige Coelestinkristalle nach Art des Typus V der Coelestinkristalle des Bergwerks Herznach sind hier offenbar sehr selten. Ausser dem auf pg. 56 beschriebenen und in Fig. 26, Tafel VI abgebildeten säulig-prismatischen Kristall der Zone B ist auch in der Zone A nur ein ähnlich ausgebildeter Coelestin gefunden worden, der aber vielmehr dem Typus IV der Kluftdrusen einzureihen ist und zudem durch die Raumverhältnisse wohl zwangsläufig seinen Habitus erhalten zu haben scheint. Der etwa 12 mm lange Kristall ist in einem länglichen, engen Hohlraum auf der a-Achse aufgewachsen und nach ihr gestreckt, umgeben von Calcitkristallen. Der Kristall ist farblos, im Kern etwas rötlich.

$o\langle 011 \rangle$ und $c\langle 001 \rangle$ sind naturgemäss habitusbestimmend. Der Schnitt senkrecht zur a-Achse ist pseudo-hexagonal. Im Kopfbild herrschen $m\langle 210 \rangle$ und $d\langle 101 \rangle$ vor. Die Zonen $[011]$ und $[111]$ machen sich schwach bemerkbar. Der Kristall ist relativ flächenreich:

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle \cdot \langle 122 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 312 \rangle \cdot \langle 111 \rangle. \quad \text{Fig. 31 F.}$$

Die nicht halbfetten Formen sind nur sehr klein entwickelt.

Paragenese: Calcit + Limonit

In einem kleinen Kammerhohlraum eines Macrocephaliten fand sich obige Paragenese. Die klaren, skalenödrischen Calcitkristalle sind auffallend gut erhalten und zeigen bei starkem Glasglanz ausnehmend glatte Flächen. Das Einheitsrhomboeder beteiligt sich als ziemlich gross entwickelte Form an der Kombination, durch das flache negative Rhomboeder nur ganz fein abgestumpft:

$$v\langle 21\bar{3}1 \rangle \cdot r\langle 10\bar{1}1 \rangle \cdot e\langle 01\bar{1}2 \rangle.$$

Die dunkelbraunen Limonitkügelchen sind sehr spärlich auf dem Calcitrassen verteilt.

Wenn nun rückblickend versucht wird, die verschiedenen Coelestintypen der Macrocephalenschicht nach ihrer überwiegenden Färbung zu ordnen, so geschieht dies zwar in dem Bestreben, eine Sukzessionsregel in der Kristallausbildung wenigstens in den grössten Zügen zu finden. Es darf aber dabei nicht übersehen werden, dass scharfe Abgrenzungen dieser Altersfolgen unter den gegebenen Umständen schwerlich festzulegen sind. Gemäss den Beobachtungen zeigen sich, angefangen bei den augenscheinlich älteren, rot gefärbten Ausscheidungen, folgende

Zusammenhänge zwischen Färbung und Kristalltypen des Coelestins der Macrocephalenschicht

Färbung	Habitus	Kristalltyp
Ausschliesslich	bipyramidal bis pseudobipyramidal	XII
tief- bis blassrot	prismatisch	XI
rot bis weiss	isometrisch	X
Kern rot, Fortwachsung weiss bis farblos	säulig nach der a-Achse	IV
mitunter schwach bläulich	tafelig nach der Basis	IX
blau	dünntafelig nach der Basis	I

Entspricht tatsächlich der Färbungsverlauf einer relativen Altersfolge der Coelestin-kristalltypen in der Macrocephalenzzone, so kann der Eindruck einer Sukzessionsregel der Kristallausbildung in der Erscheinung gesucht werden, dass zuerst die (pseudo)-bipyramidal-prismatische und über die isometrische Ausbildung schliesslich der tafelige Habitus zur Ausscheidung gekommen ist. Ob diese überraschend kontinuierliche Kristallentwicklung des engumgrenzten Fundbezirkes minerogenetisch verwertbar ist, werden die Untersuchungen im II. Teil dieser Arbeit ergeben.

C. Das Herznacher Coelestinvorkommen

1. STATISTISCHE MORPHOLOGIE

Im Verlaufe der Beschreibung der Mineralien der Herznacher Lagerstätte hat sich die ausserordentliche und reiche Ausbildung des Coelestins vor allem an den wichtigeren Fundpunkten stets aufs neue bestätigt. Er ist in jeder Beziehung das Leitmineral des ganzen Vorkommens, nicht zuletzt durch die morphologische Vielgestaltigkeit seiner sehr oft ausgezeichneten Kristalle.

Die behelfsmässige Aufstellung von Kristalltypen innerhalb der einzelnen Fundpunkte konnte nicht ausschliesslich auf die Habitus- und Kombinationseigenart, als vielmehr auf eine von Fall zu Fall der grossen Variabilität der lokalen Kristallbildungen angepasste Auswahl auf Grund der Morphologie und des gleichartigen Aussehens aufgebaut werden. Es war noch verhältnismässig leicht, von der Kluft 1 oder von der Mineralzone A die charakteristischen Kristalltypen festzustellen. In den Cordatuskalken dagegen, insbesondere in der Dolomitparagenese stellen sich dem einheitlichen Aussehen der Coelestinkristalle recht variable Ausbildungen zwischen prismatischem und tafeligem Habitus gegenüber, die zwar an das Vorkommen der Zone A erinnern, aber bei weitem nicht so ausgeprägt sind, dass die spärlichen Individuen eine ähnliche Differenzierung wie dort erlauben würden. Der Zusammenschluss dieser Kristalle in einen „Typus VII“ wird daher vor allem dem morphogenetischen Charakter dieses speziellen Vorkommens gerecht. Bei allen Fundpunkten stand bei der Aufstellung der Typen das Bestreben im Vordergrund, das Übereinstimmende der Kristallerscheinungen herauszustellen und so den späteren minerogenetischen und paragenetischen Untersuchungen den Boden vorzubereiten. Dass diesem Bestreben nur zu kleinem Teile Erfolg beschieden war und nur wenige Typen als „Durchläufer“ über verschiedene Fundpunkte hinweg erkannt werden konnten, ist der anscheinend ausserordentlich grossen Empfindlichkeit der Ausbildung der Coelestinkristalle den Wachstumsbedingungen gegenüber zuzuschreiben.

Aus der Reihe der 12 Ausbildungstypen der Coelestinkristalle heben sich nun die zwei grundsätzlich verschiedenen Arten des Vorkommens im Bergwerk Herznach auch morphologisch heraus: die Klüfte und die Kammerdrusen der Ammoniten in den Gesteinsschichten. Von den höchst unvollständig deutbaren Kristallen der Verdrängungserscheinungen sei dabei abgesehen. Wohl zeigen die Kristalltypen der vorgenannten beiden Hauptarten der Vorkommen unter sich bemerkenswerte Zusammenhänge. Für die Klüfte sind diese bereits auf pg. 34 festgehalten worden, und für die Drusenkristalle mag darauf hingewiesen werden, dass zwischen der Coelestinlagerstätte in den Macrocephalusschichten und der Dolomitparagenese der Cordatuskalke morphologische Be-

ziehungen gefunden werden können. Dagegen lassen sich die den beiden Vorkommen zugehörigen Typengruppen nicht zur Deckung bringen, ohne dass dadurch das Charakteristische beider Kristallausbildungen in einem „Mischtyp“ völlig zum Verschwinden gebracht würde, obwohl gerade die habitusbestimmenden charakteristischen Leitformen für beide Arten dieselben sind.

Verteilung der Kristalltypen des Coelestins auf die Vorkommen

Typus	Klüfte			Drusen		
	1	6	7	Cordatuskalk	Zone B	Zone A
I	x	—	—	—	—	x
II	x	x	x	—	—	—
III	x	—	—	—	—	—
IV	x	x	x	—	—	x
V	—	—	x	x	x	—
VI	—	—	—	x	—	—
VII	—	—	—	x	—	—
VIII	—	—	—	—	x	—
IX	—	—	—	—	—	x
X	—	—	—	—	—	x
XI	—	—	—	—	—	x
XII	—	—	—	—	—	x

Es zeigt sich, dass eigentlich nur Typ V und der ihm nahestehende Typ IV als eine Art „Durchläufer“ angesehen werden können, dass aber die übrigen Typen, Typ I ausgenommen, sich ziemlich eindeutig auf die beiden Arten des Vorkommens verteilen.

a) Die Coelestinkristalle der Klüfte

W. SCHILLY (77) hat für den Coelestin im ganzen 110 bekannte Formen aufgezählt. An den Coelestinkristallen der Kluftvorkommen in Herznach sind

17 Formen

festgestellt worden, von denen zwei m. W. bisher noch nicht in der Formenliste aufgeführt wurden. Die Tabelle 7, die vor allem über die Häufigkeit dieser an 72 Kluftkristallen nachgewiesenen Formen Auskunft gibt, zeigt daneben noch das Buchstaben-symbol der Formentabelle von SCHILLY (77) und die alten Indizes (neue Formen sind mit * gekennzeichnet):

Tabelle 7

Übersichtstabelle und Häufigkeit der Formen der Coelestinkristalle der Kluftvorkommen

Nr.	Symbol	neue	alte	Häufigkeit		Nr.	Symbol	neue	alte	Häufigkeit	
		Indizes		Beob.	in %			Indizes		Beob.	in %
1	a	100	100	25	34,7	10	d	101	102	70	97,2
2	b	010	010	9	12,5	11	*	705	7.0.10	1	1,4
3	c	001	001	70	97,2	12	f	213	113	3	4,2
4	m	210	110	69	96,0	13	z	211	111	62	86,1
5	o	011	011	72	100	14	y	111	122	24	33,3
6	Φ	103	106	7	9,7	15	x ¹⁾	122	144	17	23,6
7	c	205	105	4	5,6	16	τ	121	142	4	5,6
8	*	409	209	2	2,8	17	v ²⁾	312	324	9	12,5
9	l	102	104	29	40,3						

¹⁾ Nach P. NIGGLI (42).

²⁾ Nach P. NIGGLI „p“.

Nach den ermittelten Häufigkeitswerten ergibt sich für die einzelnen Formen folgende Zugehörigkeit nach den von P. NIGGLI aufgestellten

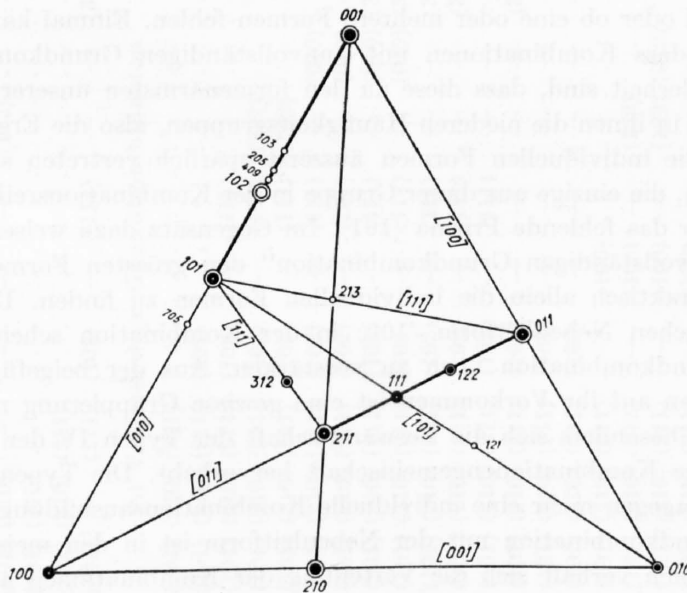
Häufigkeitsgruppen

1. Charakteristische Leitformen: $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$, $\langle 101 \rangle$, $\langle 210 \rangle$, $\langle 211 \rangle$
H zwischen 100 und 70%
2. Charakt. Nebenleitformen: $\langle 102 \rangle$
H zwischen 70 und 40%
3. Charakt. Spezialformen: $\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$
H zwischen 40 und 25%
4. Charakt. Ergänzungsformen: $\langle 122 \rangle$, $\langle 010 \rangle$, $\langle 312 \rangle$
H zwischen 25 und 10%
5. Individuelle Formen: $\langle 103 \rangle$, $\langle 205 \rangle$, $\langle 121 \rangle$, $\langle 213 \rangle$, $^*\langle 409 \rangle$, $^*\langle 705 \rangle$
H zwischen 10 und 0%

Auf Grund dieser Häufigkeitsgruppenanordnung ist in Figur 32 die

winkeltreue Dreiecksprojektion

der Coelestinkristalle der Kluftvorkommen nach dem Verfahren von R. L. PARKER (26) dargestellt worden. Die Berücksichtigung der individuellen Winkelwerte bei der Konstruktion dieser Projektion bringt es mit sich, dass die Lage jeder Form ihrer wahren Position entspricht und für die Leitformen $\langle 210 \rangle$ und $\langle 211 \rangle$ eine mehr zentrale ist als in der von W. SCHILLY benutzten „schematischen Dreiecksprojektion“. In dieser zeigen



Figur 32. Winkeltreue Dreiecksprojektion der Kristallformen des Coelestins der Kluftvorkommen

die genannten Formen eine starke seitliche Verschiebung und die Gesamtverteilung der Formen eine Asymmetrie, die nicht den wahren metrischen Verhältnissen entspricht. Zur obigen Häufigkeitsgruppenanordnung sei noch erwähnt, dass die Form $l\langle 102 \rangle$ mit $H = 40,3\%$ nur sehr knapp die Bedingung zur Einreihung in die Gruppe der charakteristischen Nebenleitformen erfüllt.

Als wichtigste Zone enthält [010] zwischen $a\langle 100 \rangle$ und $c\langle 001 \rangle$ allein 6 Formen, so dass ihr nahezu die Hälfte, nämlich 8 der ermittelten 17 Formen angehören. Das Hauptgewicht der Belastung dieser Zone ist aber auf das Teilstück zwischen $\langle 101 \rangle$ und $\langle 103 \rangle$ beschränkt. In der Wichtigkeit folgt die Zone [010] mit 5 Formen und dem Schwerpunkt zwischen $\langle 211 \rangle$ und $\langle 011 \rangle$. Kaum nennenswert sind die Zonen $\langle 120 \rangle$ und $\langle 111 \rangle$ mit 4 resp. 3 Formen.

Diese Zonenentwicklung, wie sie in der Dreiecksprojektion der Figur 32 zum Ausdruck kommt, ist natürlich in den

Formenkombinationen der Kluftcoelestinkristalle

nur in wenigen Fällen feststellbar.

In der nachstehenden Kombinationentabelle der Coelestinkristalle der Klüfte ist in Abweichung von der üblichen Darstellungsweise der Versuch unternommen worden, die Einzelglieder der Kombinationen ganz allgemein nach den Häufigkeitsgruppen zu ordnen. Dabei ist der Gruppe der charakteristischen Leitformen als dem wichtigsten und meist auch habitusbestimmenden Bestandteil der Kombinationen besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die Einzelglieder dieser Gruppe sind in den Kombinationen als „Grundkombination“ zusammengefasst, auf welcher sich die übrigen zu der Kombination hinzutretenden Formen gemäss ihrer Zugehörigkeit zu den weiteren Häufigkeitsgruppen aufbauen. Es scheint nun für das Wesen einer Kombination nicht unwesentlich zu sein, ob diese Grundkombination „vollständig“ oder „unvollständig“ ist, d. h. ob in der Grundkombination alle ermittelten Glieder der charakteristischen Leitformen an der Kombination beteiligt sind oder ob eine oder mehrere Formen fehlen. Einmal kann man aus der Tabelle ersehen, dass Kombinationen mit „unvollständigen Grundkombinationen“ in bedeutender Minderheit sind, dass diese zu den formenärmsten unserer Kluftcoelestine gehören und dass in ihnen die niederen Häufigkeitsgruppen, also die Ergänzungsformen, besonders aber die individuellen Formen äusserst spärlich vertreten sind. Die individuelle Form $\langle 705 \rangle$, die einzige aus dieser Gruppe in der Kombinationsreihe, ist eigentlich nur ein Ersatz für das fehlende Prisma $\langle 101 \rangle$. Im Gegensatz dazu weisen die Kombinationen mit der „vollständigen Grundkombination“ den grössten Formenreichtum auf. Bei ihnen sind praktisch allein die individuellen Formen zu finden. Die Anwesenheit der charakteristischen Nebenleitform $\langle 102 \rangle$ in der Kombination scheint diese Eigenschaften der Grundkombination noch zu verstärken. Aus der beigefügten Verteilung der Kombinationen auf ihr Vorkommen ist eine gewisse Gruppierung nach den Typen ersichtlich, wobei besonders sich die Verwandtschaft der Typen IV der Klüfte 1 und 7 durch eine häufige Kombinationengemeinschaft hervorhebt. Die Typen II beider Vorkommen zeigen dagegen mehr eine individuelle Kombinationsausbildung. Nur die Kombination der Grundkombination mit der Nebenleitform ist in den meisten Typen vertreten. Ganz ähnlich verhält sich die Verteilung der Kombinationen auf die Habitusmannigfaltigkeit der Kristalle, die sich ebenfalls mehrheitlich der Fundpunktsguppierung anschliesst.

In der Tabelle ist ferner die

Kombinationspersistenz P

der Formen des Coelestins der Klüfte in Prozenten angegeben. Es kann daraus ersehen werden, dass die Persistenzwerte den Häufigkeitszahlen, von geringfügigen Abweichungen

Tabelle 8. Tabelle der Kombinationen der Coelestinkristalle der Klüfte

Nr.	Grundkombination		Zähl- lig- keit										Habitus vorzugsweise	An- zahl Komb.
	Charakteristische Leitformen	NL-F. Spez.-Form	Ergänzungsformen	Individ. F.	Vorkommen					Kluft 7 II IV V				
	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102) (111) (122) (010) (312)	(h01) (hk1)	I	II	III	IV	V					
a) Unvollständige Grundkombination														
1	(011) (001)	—	(211)	—	(100)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4	säulig	1
2	(011) (001)	—	(210) (211)	—	(100)	—	—	—	(705)	6	"	1		
3	(011) (001)	(101) (210)	—	—	(100)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	5	säulig b. tafelig	3
4	(011) (001)	(101) (210)	—	—	(100)	—	(122)	. . . . .	. . . . .	6	tafelig	2
5	(011) (001)	(101) (210)	—	—	—	—	(122)	. . . . .	. . . . .	5	"	2
6	(011) (001)	(101) (210)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4	"	3
7	(011) —	(101) (210) (211)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4	prismatisch	2
8	(011) (001)	(101) —	(211) (102)	—	(111)	—	—	(312)	. . . . .	7	säulig	2	
b) Vollständige Grundkombination														
9	(011) (001)	(101) (210) (211).	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	5	tafelig	2
10	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	6	tafelig b. säulig	5
11	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111).	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	7	säulig	6
12	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111) (122)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8	"	1
13	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111) (122)	—	—	(103)	. . . . .	9	"	1	
14	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(010)	. . . . .	. . . . .	8	"	2
15	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(010)	—	(121)	9	"	2		
16	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(010) (312)	. . . . .	. . . . .	9	"	2
17	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(010) (312)	—	(121)	10	"	1		
18	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(312)	. . . . .	. . . . .	8	"	2
19	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	(312)	(103)	. . . . .	9	"	1	
20	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	(111)	—	—	(121)	. . . . .	8	"	1	
21	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	—	—	(312)	(103)	. . . . .	8	"	1	
22	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	—	—	—	(103)	. . . . .	7	"	1	
23	(011) (001)	(101) (210) (211)	(102)	—	—	—	—	(409)	. . . . .	7	"	1	
24	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	6	tafelig	6
25	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	—	(122)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	7	tafelig b. säulig	7
26	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	—	(122) (010)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8	tafelig	1
27	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	—	—	—	. . . . .	. . . . .	7	"	1
28	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	—	—	—	(205)	. . . . .	8	"	3	
29	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	(100)	—	—	—	(205) (213)	. . . . .	7	säulig	1	
30	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	—	(111) (122)	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	7	"	2
31	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	—	(111)	—	(010)	. . . . .	. . . . .	6	tafelig	2
32	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	—	—	—	—	. . . . .	. . . . .	6	"	3
33	(011) (001)	(101) (210) (211)	—	—	—	—	—	(103)	. . . . .	6	"	1	
Sa.	33	32	31	29	15	9	13	8	6	6	10+4	227		
P %	100	94,1	91,2	91,2	87,9	44,1	27,2	39,4	24,2	18,1	42,5	72		

P = Kombinationspersistenz der Formen in Prozenten. NL-F. = Charakteristische Nebenleitformen. Spez.-Form. = Charakteristische Spezialformen

abgesehen, soweit entsprechen, dass die auf Grund der Häufigkeitswerte H dargestellte Dreiecksprojektion Figur 32 auch für die Persistenzwerte volle Gültigkeit besitzt.

Anlässlich des kurzen Rückblickes am Ende der Beschreibung der Kluftcoelestine (pg. 34) ist auf die einesteils recht gleichlaufende morphologische Entwicklung der Kristalle der Klüfte 1 und 7 hingewiesen worden. Während hier die Unterschiede mehr kombinatorischer Natur sind, die darum auch in der vorstehenden Kombinationentabelle — wie bereits erwähnt — durch mehr oder weniger ausgeprägte Fundpunktsguppierungen der Kombinationen zum Ausdruck kommen, gibt es doch auch wichtige Habitusentwicklungen, von denen diejenige vom tafeligen Typus I zum säuligen Typus III der Kluft 1 wohl die interessanteste darstellt. Doch auch die gestreckt-tafeligen Typen II und der säulig-prismatische Typ IV beider Klüfte zeigen habituelle Differenzierungen.

Bei der statistischen Erfassung des Habitus der Kluft-Coelestinkristalle werden zwar diese feinsten morphologischen Variationen nicht mehr zum Ausdruck kommen. Andererseits aber wird uns dieses morphologische Gesamtbild der Entwicklungstendenz der Coelestinkristalle in den Klüften eine wertvolle Vergleichsbasis gegenüber den Kristallen der Fossilhohlräume und darüber hinaus derjenigen anderer Fundorte liefern.

Zur analytischen Untersuchung der Habitusverhältnisse ist die komplizierte und umständliche Methode der Ermittlung der Zentraldistanzwerte schon darum nur schwer anwendbar, weil die Ausbildung der übergrossen Mehrzahl unserer Kristalle nur sehr spärliche Unterlagen geboten hat. Um die verschiedenen Typen der Herznacher Coelestinlagerstätte gleicherweise und gleichmässig zu erfassen, ist daher der qualitativen Schätzungsmethode von GOLDSCHMIDT der Vorzug gegeben worden, die von R. L. PARKER durch bewusstes Ausschalten des Häufigkeitsfaktors verbessert und diagrammatisch verwertbar gemacht worden ist (24). So sind die Flächen von 77 Coelestinkristallen der Klüfte nach den Grössenkatégorien „gross“, „mittel“ und „klein“ geordnet und unter die Zahlen r, s und t entsprechend eingereiht worden. Daraus ist zunächst nach der Formel von V. GOLDSCHMIDT

$$g = 3r + 2s + t$$

die Grössenzahl der einzelnen Formen errechnet worden, aus der sich die „relative Grössenzahl“ aus (n = Kristallzahl)

$$G = \frac{g \cdot 100}{3n}$$

ergibt. Nach R. L. PARKER können nun die „spezifischen Grössenentwicklungszahlen“ der an den Kombinationen beteiligten Formen, ausgedrückt in Prozenten, gemäss folgenden Formeln bestimmt werden:

$$\text{groß} = \frac{100 \cdot r}{r + s + t}; \quad \text{mittel} = \frac{100 \cdot s}{r + s + t}; \quad \text{klein} = \frac{100 \cdot t}{r + s + t}.$$

Die Tabelle 9 zeigt nun die so errechneten Habituszahlenwerte der Formenausbildung der Kluftcoelestine, ermittelt aus $n = 77$ Kristallen, denen noch die Werte der Kombinationspersistenz $P\%$ vorangestellt worden sind.

Im ganzen laufen die von der Häufigkeit der Formen abhängigen relativen Grössenzahlen nach V. GOLDSCHMIDT den Persistenzwerten P parallel, doch fällt a(100) leicht aus der Reihe heraus, was seiner Rolle im Typus III der Kluftcoelestine zuzuschreiben

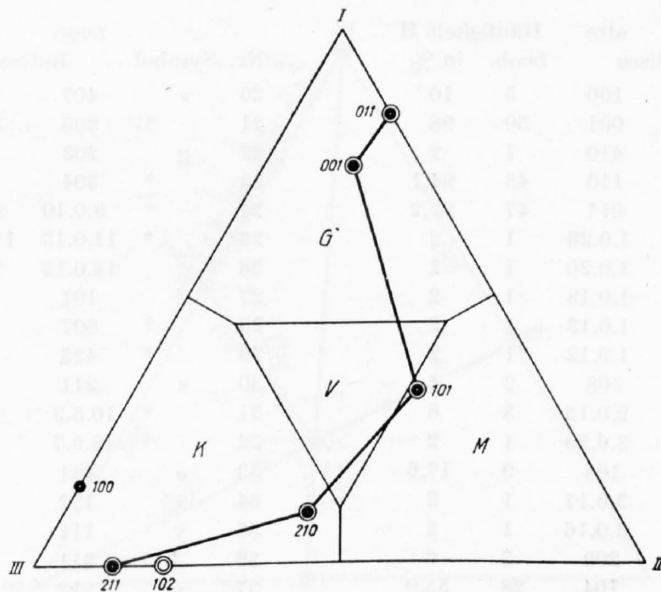
Tabelle 9. *Habitus-Zahlentabelle der Kristalle der Kluftcoelestine*

Form	P %	r	s	t	V. GOLDSCHMIDT		R. L. PARKER		
					g	G %	gross %	mittel %	klein %
$\langle 011 \rangle$	100,0	63	12	—	213	92,2	84,0	16,0	—
$\langle 001 \rangle$	94,1	55	11	8	195	84,4	74,5	14,8	10,4
$\langle 101 \rangle$	91,2	24	35	16	158	68,4	32,0	46,7	21,3
$\langle 210 \rangle$	91,2	7	30	38	119	51,5	9,3	40	50,7
$\langle 211 \rangle$	87,9	—	9	58	76	32,9	—	13,2	86,8
$\langle 102 \rangle$	44,1	—	7	26	40	17,3	—	21,2	78,8
$\langle 111 \rangle$	39,4	—	—	23	23	10,0	—	—	100
$\langle 100 \rangle$	27,2	4	—	23	35	15,2	14,9	—	85,1
$\langle 122 \rangle$	24,2	—	—	16	16	6,9	—	—	100
$\langle 010 \rangle$	18,1	—	—	10	10	4,3	—	—	100
$\langle 312 \rangle$	18,1	—	—	6	6	2,6	—	—	100
$\langle 121 \rangle$	42,5	—	—	5	5	2,2	—	—	100
$\langle 103 \rangle$		—	—	5	5	2,2	—	—	100
$\langle 213 \rangle$		—	—	4	4	1,7	—	—	100
$\langle 205 \rangle$		—	—	4	4	1,7	—	—	100
$\langle 409 \rangle$		—	—	2	2	0,9	—	—	100
$\langle 705 \rangle$		—	—	1	1	0,4	—	—	100

ist. Besonders deutlich wird diese Rolle durch die spezifischen Grössenzahlen zum Ausdruck gebracht, die neben der vorwiegend kleinen Entwicklung einen (wenn auch zahlenmässig untergeordneten) Sprung auf grosse Dimensionen erkennen lassen.

Das Habitusdiagramm

ist in Figur 33 dargestellt. In diesem Dreiecksdiagramm ist jede der drei Ecken mit einer der drei Grössenklassen identifiziert, so dass jeder Form auf Grund ihrer drei spezifischen Grössenzahlen (die stets die Summe 100 ergeben) nach den üblichen Methoden



Figur 33. Habitusdiagramm der Coelestin-Kristalle der Kluftvorkommen

der Dreiecksprojektion eine eindeutige Lage zugeordnet werden kann. Dabei werden die einzelnen Punkte so mit Signaturen (grosse und kleine Kreise) versehen, dass auch ihre Persistenz zum Ausdruck gebracht wird.

Deutlicher als aus den Zahlenreihen hervorgeht, zeigt sich, dass die charakteristischen Leitformen nicht nur für die Kombinationspersistenz, sondern auch für die Habitusausbildung, beziehungsweise für die Formenkombinationen der Kluftcoelestine, von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die Lage von $\langle 001 \rangle$ im „Gross“-Feld verrät einen ausgesprochen tafeligen Charakter, wobei das gleichzeitige Erscheinen der $\langle 011 \rangle$ -Prismen in diesem Gebiet auf eine Streckung nach der a-Achse hindeutet, wie das ja an den meisten Kristallen auch der Fall ist. Die Lage des Prismas $\langle 101 \rangle$ im „Mittel“-Feld sagt weniger aus als die Lage des Prismas $\langle 210 \rangle$ im „Klein“-Feld, aus der herausgelesen werden kann, dass die $[001]$ -Richtung keinesfalls bedeutsam ist. Das würde auf eine mehr flachtafelige Ausbildung eines Durchschnittskristalls der Kluftcoelestine hinweisen. Hand in Hand geht damit die geringe Rolle, die die Bipyramide $\langle 211 \rangle$ als charakteristische Leitform bei der Habitusausbildung derselben zu spielen scheint. Zusammenfassend kann also der Durchschnittskristall unserer Kluftcoelestine als „nach der a-Achse gestreckt flachtafelig“ charakterisiert werden.

b) Die Coelestinkristalle der Fossilhohlräume der Schichten

Der Unterschied zwischen den Kristallen der Klüfte und der Fossilhohlräume liegt nicht nur in ihrem Allgemeinaussehen und ihrer Farbe, sondern vor allem auch in ihrer morphologischen Ausbildung begründet. Das zeigt sich schon in dem ungleich grösseren Formenreichtum, indem mindestens 38 Formen aufgezählt werden können, von denen fast die Hälfte, nämlich 17, in der Formentabelle von SCHILLY (77) noch nicht aufgeführt sind. In der Tabelle 10, die analog Tabelle 7 für den Kluftcoelestin auf pg. 68 aufgebaut

Tabelle 10

Übersichtstabelle und Häufigkeit der Formen der Coelestinkristalle der Fossilhohlräume

Nr.	Symbol	neue	alte	Häufigkeit H		Nr.	Symbol	neue	alte	Häufigkeit H	
		Indizes	Indizes	beob.	in %			Indizes	Indizes	beob.	in %
1	a	100	100	5	10	20	ν	407	207	1	2
2	c	001	001	50	98	21	*	305	3.0.10	1	2
3	N	810	410	1	2	22	g	203	103	6	11,8
4	m	210	110	48	94,1	23	*	304	308	1	2
5	o	011	011	47	92,2	24	*	9.0.10	9.0.20	1	2
6	*	1.0.13	1.0.26	1	2	25	*	11.0.13	11.0.26	1	2
7	*	1.0.10	1.0.20	1	2	26		14.0.15	7.0.15	2	4
8	*	109	1.0.18	1	2	27	d	101	102	51	100
9	*	2.0.13	1.0.13	1	2	28	*	807	407	1	2
10		106	1.0.12	1	2	29	*	423	223	1	2
11	δ	104	108	2	4	30	z	211	111	42	82,4
12	*	4.0.15	2.0.15	3	6	31	*	10.5.3	553	2	4
13	*	3.0.10	3.0.20	1	2	32	*	18.9.7	997	1	2
14	Φ	103	106	9	17,6	33	σ	421	221	17	33,3
15	*	6.0.17	3.0.17	1	2	34	x	122	144	4	8
16	*	308	3.0.16	1	2	35	y	111	122	6	11,8
17	*	409	209	3	6	36	Δ	311	322	1	2
18	l	102	104	28	55,0	37	v	312	324	9	17,6
19	*	6.0.11	3.0.11	3	6	38	*	515	5.2.10	1	2

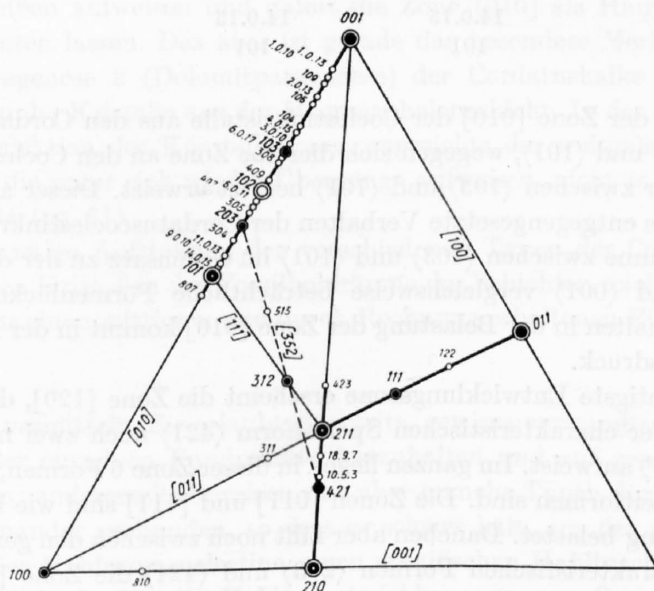
ist, ist die Liste der an den Kristallen der Fossilhohlräume festgestellten Formen mit ihren Symbolen, alten und neuen Indizes, nebst ihren Häufigkeitswerten aufgeführt. Neue Formen sind mit * gekennzeichnet. Die Untersuchungen wurden an 51 Kristallen vorgenommen.

Aus den ermittelten Häufigkeitswerten ergeben sich folgende

Häufigkeitsgruppen:

1. Charakteristische Leitformen: $\langle 001 \rangle, \langle 101 \rangle, \langle 210 \rangle, \langle 011 \rangle, \langle 211 \rangle$
H zwischen 100 und 70%
2. Charakt. Nebenleitformen: $\langle 102 \rangle$
H zwischen 70 und 40%
3. Charakt. Spezialformen: $\langle 421 \rangle$
H zwischen 40 und 25%
4. Charakteristische Ergänzungsformen: $\langle 312 \rangle, \langle 103 \rangle, \langle 203 \rangle, \langle 111 \rangle, \langle 100 \rangle$
H zwischen 25 und 10%
5. Individuelle Formen:
H = 8%: $\langle 122 \rangle$
H = 6%: $\langle 409 \rangle, \langle 6.0.11 \rangle, \langle 4.0.15 \rangle$
H = 4%: $\langle 104 \rangle, \langle 10.5.3 \rangle, \langle 14.0.15 \rangle$
H = 2%: (einmal festgestellt) alle übrigen 19 Formen.

Man erkennt, dass es die gleichen charakteristischen Leitformen sind, die sich auch bei den Kluftcoelestinen als die wichtigsten Formen herausgestellt haben. Immerhin zeigt sich eine wertmässige Verschiebung, indem das Prisma $o\langle 011 \rangle$ hier von $c\langle 001 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$ und $m\langle 210 \rangle$ in seiner Wichtigkeit überflügelt wird. Die Stellung des Prismas $l\langle 102 \rangle$ als charakteristische Nebenleitform erscheint hier eher noch gefestigter. Dagegen wird die Bipyramide $\sigma\langle 421 \rangle$ die charakteristische Ergänzungsform der Coelestinkristalle der Fossilhohl-



Figur 34. Winkeltreue Dreiecksprojektion der Kristallformen des Coelestins der Fossilhohlräume

räume. Dadurch büßen $\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$, $\langle 122 \rangle$ sichtlich an Wichtigkeit ein. Nur $\langle 312 \rangle$ bleibt charakteristische Ergänzungsform auch dieser Coelestine.

Die winkeltreue Dreiecksprojektion der Figur 34 zeigt die andersgearteten Formenverhältnisse recht deutlich. Vor allem ist es

die Zonenentwicklung,

die bedeutend ausgeprägter wird. Wieder ist es die Zone [010], welche als Hauptentwicklungszone weitaus an erster Stelle steht, gehören ihr doch allein 60%, d. h. 23 von 38 Formen, an. Dabei ist es interessant, festzustellen, dass die Belastung der Zone [010] an den Kristallen der Cordatuszone und der Macrocephalenschicht nicht gleichartig ist:

Die Belastung der Zone [010] der Coelestinkristalle aus der

Cordatuszone	Macrocephalenschicht
* 1.0.13	—
* 1.0.10	—
* 109	—
* 2.0.13	—
106	—
104	—
* 4.0.15	—
* 3.0.10	—
103	103
—	* 6.0.17
—	* 308
* 409	* 409
102	102
* 6.0.11	* 6.0.11
—	407
—	305
—	203
* 304	* 304
—	* 9.0.10
* 11.0.13	—
14.0.15	14.0.15
101	101

Die Belastung der Zone [010] der Coelestinkristalle aus den Cordatuskalken spannt sich zwischen $\langle 001 \rangle$ und $\langle 101 \rangle$, wogegen sich dieselbe Zone an den Coelestinen der Macrocephalenschicht nur zwischen $\langle 103 \rangle$ und $\langle 101 \rangle$ besetzt erweist. Dieser auffallend dichten Besetzung steht das entgegengesetzte Verhalten der Cordatuscoelestinkristalle gegenüber, die in der Zonenspanne zwischen $\langle 103 \rangle$ und $\langle 101 \rangle$ im Gegensatz zu der dichten Besetzung zwischen $\langle 103 \rangle$ und $\langle 001 \rangle$ vergleichsweise beträchtliche Formenlücken zeigen. Dieses gegensätzliche Verhalten in der Belastung der Zone [010] kommt in der Projektion natürlich nicht zum Ausdruck.

Als nächstwichtigste Entwicklungszone erscheint die Zone [120], die zwischen $\langle 210 \rangle$ und $\langle 211 \rangle$ ausser der charakteristischen Spezialform $\langle 421 \rangle$ noch zwei neue Bipyramiden $\langle 10.5.3 \rangle$ und $\langle 18.9.7 \rangle$ aufweist. Im ganzen liegen in dieser Zone 6 Formen, wovon allein drei charakteristische Leitformen sind. Die Zonen [011] und [111] sind wie bei den Kristallen der Klüfte nur gering belastet. Daneben aber fällt noch zwischen den gerade für die Hohlraumcoelestine charakteristischen Formen $\langle 203 \rangle$ und $\langle 421 \rangle$ die Zone [352] auf, die zugleich die Bipyramiden $\langle 515 \rangle$ und $\langle 312 \rangle$ erfasst.

Auch für

die Kombinationen

der Kristalle der Fossilhohlräume ist das gleiche Prinzip der tabellarischen Anordnung angewendet worden, wie dies für Kluftkristalle geschehen ist (pg. 71). Es gilt auch hier, dass bei „unvollständiger Grundkombination“, also beim Fehlen von mindestens einem Gliede der charakteristischen Leitformen, ausser der Nebenleitform, $\langle 102 \rangle$ auffallend wenig Glieder der niedrigeren Häufigkeitsgruppen auftreten und die Kombinationen relativ flächenarm sind. Die formenreichsten Kombinationen sind stets diejenigen, die bei vollständiger Grundkombination noch die Nebenleitform oder die Spezialform besitzen. Dann scharen sich auch die individuellen Formen in den Kombinationen. Aus der Kombinationentabelle der folgenden Seite ist ferner die Kombinationspersistenz P ersichtlich. Die daraus abgeleitete Wichtigkeitsfolge der einzelnen Formen entspricht völlig den ermittelten Häufigkeitsgruppen (pg. 75).

Unter den Kristallen der Hohlraumcoelestine gibt es Kombinationen mit bis zu 13 Formen. Allgemein erweisen sich die 6- bis 8-gliedrigen Kombinationen sowohl bei den Kluft- als auch bei den Hohlraumcoelestinen am häufigsten.

Zähligkeit der Kombination:	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kluft-Coelestinkristalle	3	3	7	8	7	4	1	—	—	—
Coelest. d. Fossilhohlräume	2	2	7	8	8	1	2	—	2	1

Im übrigen sei auf die folgende Kombinationentabelle verwiesen:

Es ist auch hier wieder bezeichnend, dass die Kristalle mit „unvollständiger Grundkombination“ weitaus in der Minderheit sind. Ihr Anteil beträgt nur 8% aller untersuchten Kristalle. Solche mit vollständiger Grundkombination allein oder mit der Nebenleitform und dazu mit der Spezialform sind zahlenmässig häufige Kombinationen. Bei dem unverhältnismässig hohen Übergewicht der $\langle h01 \rangle$ -Formen in der individuellen Formengruppe ist es nicht verwunderlich, dass die formenreicheren Kombinationen auffallende Scharungen derselben aufweisen und damit die Zone [010] als Hauptentwicklungszone deutlich hervortreten lassen. Das aber ist gerade das besondere Merkmal der Coelestinkristalle der Paragenese 2 (Dolomitparagenese) der Cordatuskalke einerseits und der wichtigeren Typen der Kristalle aus der Macrocephalenschicht. In der Tabelle äussert sich die Fundpunktselektion der Kombinationen angesichts der weitgehenden Unterteilung in Kristalltypen, die unter sich wieder Übergänge aufweisen, nicht so deutlich wie in der Tabelle der Klüfte (pg. 71).

Die behelfsmässige Aufstellung der verschiedenen Typen der Coelestinkristalle, die vor allem unter den Kristallen der Fossilhohlräume der Schichten reichlich vertreten sind, kann natürlich nur einen mittleren und durch Rechnung erhaltenen Eindruck

vom Habitus

unserer Kristalle vermitteln. Sie erlaubt einerseits, gewisse verwandtschaftliche Entwicklungstendenzen der einzelnen Fundpunkte festzuhalten und auf genetische Zusammenhänge hinzuweisen; andererseits erweisen sich aber manche Typen durch Übergänge recht weitgehend miteinander verbunden, so dass es schwer hält, aus der grossen Variabilität der Ausbildung der Hohlraumcoelestine einen spezifischen Habituscharakter abzuleiten. Um eine Vergleichsbasis für die Habitusentwicklung unserer Coelestinkristalle zu er-

Tabelle 11. *Kombinationen der Coelestinkristalle der Fossilhöhlräume.*

Nr.	Grundkombination											Individuelle Formen	
	Charakteristische Leitformen					NL.F.	Sp.F.	Charakter. Ergänzungsformen					
	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)	(312)	(103)	(203)	(111)	(100)	
a) Unvollständige Grundkombination													
1	(101)	(210)	(001)	(011)									
2	(101)	(210)	(001)	—	—	(102)							
3	(101)	(210)	(001)	(011)	—	(102)							
4	(101)	(210)	(001)	(011)	—	(102)	—	—	(103)				
5	(101)	(210)	(001)	(011)	—	(102)	—	—	(103)	(203)	—	—	(407)
6	(101)	(210)	—	(011)	(211)	—	—	—	—	—	(111)	—	(122)
b) Vollständige Grundkombination													
7	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)								
8	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)							
9	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)						
10	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)	(312)	—	(203)	—	—	(409)
11	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)	—	(103)				
12	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)	—	—	(203)			
13	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	(421)	—	—	(203)	—	—	(6.0.11) (9.0.10)
14	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	—	(312)					
15	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	—	(312)	—	—	—	—	(10.5.3)
16	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	—	(312)	(103)	—	—	—	(6.0.11) (4.0.15) (104) (106)
17	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	—	—	(103)	—	—	—	(11.0.13) (14.0.15) (409) (109) + (104) (2.0.13)
18	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	(102)	—	—	—	—	—	(100)	
19	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)						
20	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	(312)					
21	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	(312)	—	—	—	—	(515)
22	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	—	(103)	(203)	—	—	(305) (308) (18.9.7) (10.5.3)
23	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	—	(103)	—	—	(100)	
24	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	—	—	—	(111)		
25	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	—	—	—	—	(100)	(311)
26	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	(421)	—	—	—	—	—	(14.0.15)
27	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	(312)					
28	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	(312)	—	—	(111)	(100)	(122)
29	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	—	(103)	—	—	—	(810)
30	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	—	—	(203)	(111)	—	(122)
31	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	—	—	—	(111)	—	(122)
32	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	—	—	—	—	(100)	
33	(101)	(210)	(001)	(011)	(211)	—	—	—	—	—	—	—	(h01)
Sa.	33	33	32	32	28	15	13	8	8	6	5	5	28
P %	100	100	97,0	97,0	84,8	45,5	39,4	24,2	24,2	18,2	15,2	15,2	84,8

P = Kombinationspersistenz der Formen in Prozenten. NL.F. = Charakteristische Nebenleitform.
 Sp.F. = Charakteristische Spezialformen.

Zäh- lig- keit	Cordatuszone					Leit- sch.	Macrocephalen-Schichten												Habitus vorzugsweise	Anzahl der Komb.
	Prg. Typ.	1	2	3b	3a		Zone B					Zone A								
		VI	VII	V	VI		VI	V	VIII	I	IX	X	XI	XII	IV					
4	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	spatelförmig n. d. b-Achse	1				
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	isometrisch	1				
5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	dicktafelig b. isometrisch	4				
6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	tafelig	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	prismatisch	1				
6	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	„	1				
5	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—	prismatisch	4				
6	—	2	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	tafelig bis isometrisch	5				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	dicktafelig	4				
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	prismatisch	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	„	1				
12	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	„	1				
13	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	dicktafelig	1				
7	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	tafelig	2				
6	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—	dicktafelig b. prismatisch	4				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	bipyramidal	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	„	1				
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	„	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	dicktafelig	1				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	„	1				
6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	tafelig	1				
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	säulig	1				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	prismatisch	1				
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	„	1				
7	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	„	2				
6	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	tafelig	1				
6	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	prismatisch	1				
7½ i. M.	3	6	1	2	1	1	1	1	2	15	7	7	3	1		51				

halten, sei daher der genau gleiche Weg beschritten, der sich bei der Untersuchung der Kluftcoelestine als günstig erwiesen hat. In der folgenden Habitus-Zahlentabelle der Kristalle der Fossilhohlräume der Schichten werden die Einzelformen unter Voranstellung der Kombinationspersistenzwerte auf ihre Grössenentwicklung untersucht und nach den dort gegebenen Formeln die Grössenzahlen nach V. GOLDSCHMIDT und R. L. PARKER analog berechnet:

Tabelle 12. *Habitus-Zahlentabelle der Coelestinkristalle der Fossilhohlräume.*

Form	P %	r	s	t	V. GOLDSCHMIDT		R. L. PARKER			
					g	G %	gross %	mittel %	klein %	(n = 57)
⟨001⟩	100	38	7	11	139	81,3	67,9	12,5	19,6	
⟨101⟩	100	29	22	4	135	79,0	52,8	40	7,2	
⟨210⟩	100	34	20	2	144	84,2	60,8	35,7	3,7	
⟨011⟩	96,9	24	15	15	117	68,4	44,5	27,8	27,7	
⟨211⟩	83,9	4	10	32	64	37,4	8,7	21,8	69,5	
⟨102⟩	48,4	2	3	22	32	18,7	7,4	11,1	81,5	
⟨421⟩	38,8	—	5	9	19	11,1	—	35,7	64,3	
⟨312⟩	25,8	—	3	6	12	7,0	—	33,3	66,7	
⟨103⟩	25,8	—	—	6	6	3,5	—	—	100	
⟨203⟩	19,2	—	1	4	6	3,5	—	20,0	80	
⟨111⟩	12,4	—	1	4	6	3,5	—	20	80	
⟨100⟩	12,4	—	—	4	4	2,3	—	—	100	
⟨122⟩	—	—	—	3	3	1,7	—	—	100	
usw. alle übrigen individuellen Formen										

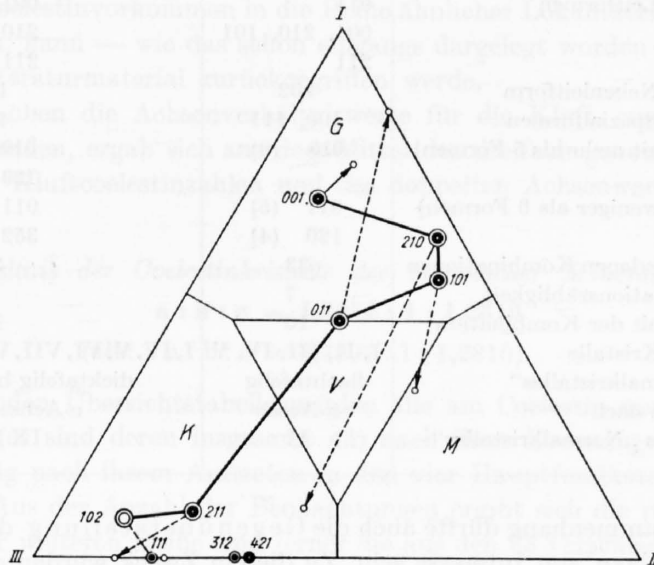
Die „relative Grössenzahl“ G nach GOLDSCHMIDT geht auch hier den entsprechenden Kombinationspersistenzwerten der einzelnen Formen parallel. Ihre Werte entsprechen den anschaulicheren „spezifischen Grössenentwicklungszahlen“ nach PARKER, nach denen

das *Habitusdiagramm*,

Figur 35, dargestellt ist. Von den charakteristischen Leitformen besitzen ihrer Lage im „Gross“-Feld entsprechend die Basis, dann die Prismen ⟨210⟩ und ⟨101⟩ offensichtlich den bedeutendsten Einfluss auf die Habitusentwicklung der Coelestinkristalle der Fossilhohlräume. Das Prisma ⟨011⟩ verrät einen variablen Charakter, doch so, dass eine starke Neigung zur Grossentwicklung besteht. Die 5. Leitform, die Bipyramide ⟨211⟩ erlangt im „Klein“-Feld keine hervorragende Bedeutung. Auch die Formen der nächstfolgenden Persistenzgruppen, ⟨102⟩, ⟨421⟩, ⟨312⟩ und ⟨111⟩, sind für die einheitliche Habitusgestaltung unserer Coelestingruppe von sehr geringem Einfluss, obwohl zumal die charakteristische Spezialform ⟨421⟩ z. B. ein bedeutsames Merkmal ist. Erwähnenswert ist, dass die registrierten Formen alle in mehr oder weniger deutlicher Entfernung vom „Mittel“-Feld liegen, woraus auf eine Neigung zu extremer Grössenentwicklung der Flächen (ausgesprochen klein und eindeutig gross) zu schliessen wäre. Tatsächlich vermitteln die dicktafligen und isometrischen Kristalle mehr oder weniger diesen Eindruck.

Die Lage der Basis im Habitusdiagramm deutet auf eine vornehmlich tafelige Ausbildung des „Normalkristalls“ der Fossilhohlräume hin, wobei die Nähe der Prismen ⟨210⟩ und ⟨101⟩ auf eine stärkere Betonung der b- und c-Achsenrichtung beim Wachstum zu schliessen erlaubt. Andererseits fällt es auf, dass die Basis und die drei Prismen der

Leitformen eigentlich recht nahe im Diagrammsektor G gruppiert sind. Eine solche, fast gleichmässig dominierende Grössenentwicklung dieser vier Leitformen neigt zur isometrischen Gestaltung. Zusammengefasst lässt sich also der „Normalkristall“ der Fossilhohlräume der Schichten folgendermassen charakterisieren: dicktafelig nach der Basis bis isometrisch.



Figur 35. Habitusdiagramm der Coelestin-Kristalle der Fossilhohlräume

Zur

Gegenüberstellung der Entwicklungstendenzen der Coelestinkristalle der Klüfte und der Fossilhohlräume

sind im Habitusdiagramm der Figur 35 von den einzelnen Formenpunkten aus Pfeile gezeichnet, die angeben, wo die entsprechende Form im Habitusdiagramm der Figur 33 der Kluftcoelestine liegt. Die damit angezeigte Lageverschiebung, insbesondere der für den Habitus massgeblichen charakteristischen Leitformen demonstriert recht eindrücklich die offensichtlich verschiedene Entwicklungstendenz der Coelestinkristalle beider Arten des Vorkommens. Sehr gross erscheint die in ihrem Sinne ganz gegensätzliche Verschiebung der Lage der Prismen $\langle 210 \rangle$ und $\langle 011 \rangle$, die im Falle von $\langle 210 \rangle$ als extrem bezeichnet werden darf. Sie dokumentiert die bereits erwähnte Wahl verschiedener Kristallachsen in der durchschnittlichen Wachstumstendenz. Weniger ausgeprägt ist die ebenfalls gegensätzliche Verlagerung der Formen $\langle 001 \rangle$ und $\langle 101 \rangle$. $\langle 102 \rangle$ und $\langle 211 \rangle$ gewinnen bei den Hohlraumcoelestinen eine etwas grössere Bedeutung.

Der als tafelig nach der Basis und mehr oder weniger nach der a-Achse gestreckt charakterisierte „Normalkristall“ der Klüfte entspricht offensichtlich dem Typus II unserer behelfsmässigen Typisierung, während nach der vorstehenden Deutung des Habitusdiagramms der Coelestinkristalle der Fossilhohlräume die Typen IX und X, die dicktafeligen und isometrischen Coelestine der Fossilhohlräume als die entsprechenden „Normalkristalle“ anzusehen wären. Deutlich zeigen diese Normalkristalle den grundsätzlichen Unterschied der Entwicklungstendenz der Coelestinkristalle beider Arten des Vorkommens, deren vornehmste Merkmale nochmals in der folgenden Gegenüberstellung zusammengefasst werden sollen:

Tabelle 13

	Klüfte	Coelestinkristalle der Fossilhöhlräume
Zahl der Formen	17	38
Charakteristische Leitformen	011 001, 210, 101 211	001, 101 210, 011 211
Charakteristische Nebenleitform	102	102
Charakteristische Spezialformen	100, 111	421
Wichtige Zonen (mit mehr als 5 Formen)	010 (8)	010 (19) 120 (6)
Nebenzonen (mit weniger als 6 Formen)	011 (5) 120 (4)	011 (5) 352 (4)
Anzahl der verschiedenen Kombinationen	33	33
Häufigste Kombinationszähligkeit	7	7
Maximale Zähligkeit der Kombination	10	13
Behelfstypen der Kristalle	I, II, III, IV, V	I, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII
Habitus des „Normalkristalles“	flachtafelig	dicktafelig bis isometrisch
Streckungstendenz nach	a-Achse	c-Achse schwach
„Standardtyp“ des „Normalkristalles“	II	IX bis X

In diesem Zusammenhang dürfte auch die Gegenüberstellung der errechneten Achsenverhältnisse von Interesse sein. Zu diesem Zweck wurden die vorstehend errechneten Einzelwerte der verschiedenen Fundgruppen in den Klüften und Hohlräumen gemittelt, und zwar so, dass jene Achsenverhältnisse, die aus den Messungen besonders gut erhaltener oder zahlreicherer Kristalle einzelner Fundarten resultieren, das doppelte Gewicht erhielten. Unter den Klüftvorkommen sind es die Achsenwerte des Coelestins der Klüftdrusen 1 und 7 und unter den Hohlraumkristallisationen wurde das Achsenverhältnis der Macrocephalenschicht-Coelestine gegenüber demjenigen der Cordatuskalk-Coelestine zweimal in Rechnung gesetzt.

Darnach ergibt sich das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der Klüfte	Fossilhöhlräume
$a : b : c = 1,5602 : 1 : 1,2798$	$1,5632 : 1 : 1,2827$

Ob den kleinen Unterschieden eine reelle Bedeutung zukommt, erscheint allerdings sehr fraglich.

c) Zusammenfassung der Morphologie der Coelestinkristalle der Herznacher Minerallagerstätte

Angesichts der in den vorstehenden Untersuchungen festgestellten deutlichen Differenzierung der morphologischen Ausbildung der Coelestinkristalle der Klüfte einerseits und der Fossilhöhlräume andererseits, fällt es schwer, durch einfache Zusammenfassung der morphologischen Daten und Beobachtungen einen Einheitsstyp der Coelestinkristalle für die ganze Herznacher Lagerstätte abzuleiten und damit die grossartige Vielgestaltigkeit, die gerade den Coelestin vor allen anderen Begleitmineralien auszeichnet, völlig

einzebnen. Doch empfiehlt sich dieses Vorgehen schon aus dem Grunde, weil die im folgenden beabsichtigten Vergleichen mit der Ausbildung des Coelestins anderer Fundorte die Schaffung einer Vergleichsbasis notwendig machen und weil besonders die älteren Beschreibungen interessanter Vorkommen oft nur sehr weitgefasste Daten über die lokale Eigenheit des Coelestins bekanntgegeben haben. Gerade für die nächstliegende Aufgabe, unser Coelestinvorkommen in die Reihe ähnlicher Lokalitäten unseres Schweizer Juras einzureihen, kann — wie das schon eingangs dargelegt worden ist — nur auf sehr summarisches Literaturmaterial zurückgegriffen werde.

Ähnlich wie oben die Achsenverhältniswerte für die Kluft- und Hohlraum-Coelestine ermittelt wurden, ergab sich aus dem Mittel des dreifach genommenen Wertes der besser fundierten Kluftcoelestinzahlen und des doppelten Achsenwertes der Hohlraum-coelestine das

Achsenverhältnis der Coelestinkristalle der Herznacher Minerallagerstätte:

$$a : b : c = 1,5614 : 1 : 1,2810$$

$$(\text{alt: } a : b : c = 0,7807 : 1 : 1,2810).$$

In der folgenden Übersichtstabelle werden alle am Coelestin von Herznach festgestellten Formen (es sind deren insgesamt 43) nach ihrer Zonenzugehörigkeit geordnet und mengenmässig nach ihrem Auftreten in den vier Hauptfundkategorien verteilt zusammengestellt. Aus der Anzahl der Beobachtungen ergibt sich die prozentuale Häufigkeit H%. In einer weiteren Reihe sind ferner die aus den 63 verschiedenen Formenkombinationen ermittelten Kombinationspersistenzen der einzelnen Formen, P%, hinzugefügt.

Tabelle 14. Übersichtstabelle der 43 Formen der Herznacher Coelestinkristalle

Zone [010] (Formen $\langle h0l \rangle$)

	100	705	807	101	14.0.15	11.0.13	9.0.10	304	203	305	407	6.0.11
Kluft 1	13	1	—	28	—	—	—	—	—	—	—	—
Kluft 7	12	—	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—
Cord.kalk	—	—	—	14	1	1	—	1	—	—	—	2
Macr.Sch.	5	—	1	37	1	—	1	—	6	1	1	1
Summe	30	1	1	121	2	1	1	1	6	1	1	3
H %	24,4			98,4					4,9			2,4
P %	23			96,7					9,8			3,3

	102	409	205	308	6.0.17	103	3.0.10	4.0.15	104	106	2.0.13	109
Kluft 1	12	2	4	—	—	4	—	—	—	—	—	—
Kluft 7	17	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
Cord.kalk	10	2	—	—	—	5	1	3	2	1	1	1
Macr.Sch.	18	1	—	1	1	4	—	—	—	—	—	—
Summe	57	5	4	1	1	16	1	3	2	1	1	1
H %	46,3	4,1	3,3			13,0		2,4				
P %	47,5	3,3	3,3			21,3		1,6				

	1.0.10	1.0.13	001	Zone [352] ($\langle hkl \rangle$)	
				(312)	515
Kluft 1	—	—	29	—	—
Kluft 7	—	—	41	9	—
Cord.kalk	1	1	13	3	—
Macr.Sch.	—	—	37	6	1
Summe	1	1	120	18	1
H %			97,6	14,6	
P %			98,3	26,2	

Zone [120] ($\langle hkl \rangle$)								Zone [001]
	210	421	10.5.3	18.9.7	211	423	213	810
Kluft 1	29	—	—	—	29	—	3	—
Kluft 7	40	—	—	—	33	—	—	—
Cord.kalk	11	—	—	—	10	—	—	—
Macr.Sch.	37	17	2	1	32	1	—	1
Summe	117	17	2	1	104	1	3	1
H %	96,0	13,8	1,6		84,6		2,4	
P %	96,7	19,7	3,3		86,9		1,6	
Zone [011] (Formen $\langle hkk \rangle$)					Zone [101] (Formen $\langle hkh \rangle$)			
	111	122	011	311	121	010		
Kluft 1	7	1	30	—	—	2		
Kluft 7	17	16	42	—	4	7		
Cord.kalk	1	1	11	—	—	—		
Macr.Sch.	5	3	36	1	—	—		
Summe	30	21	119	1	4	9		
H %	24,4	17,1	96,7		3,3	7,3		
P %	27,9	14,7	98,3		4,9	9,8		

Daraus ergibt sich folgende

Häufigkeitsgruppierung:

1. Charakt. Leitformen: $\langle 101 \rangle$, $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$, $\langle 210 \rangle$, $\langle 211 \rangle$
H zwischen 100 und 70%
2. Charakt. Nebenleitformen: $\langle 102 \rangle$
H zwischen 70 und 40%
3. Charakt. Spezialformen: —
H zwischen 40 und 25%
4. Charakt. Ergänzungsformen: $\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$, $\langle 122 \rangle$, $\langle 312 \rangle$, $\langle 421 \rangle$, $\langle 103 \rangle$
H zwischen 25 und 10%
5. Individuelle Formen:
H unter 10% H über 2%: $\langle 010 \rangle$, $\langle 203 \rangle$, $^*\langle 409 \rangle$, $\langle 205 \rangle$, $\langle 121 \rangle$, $^*\langle 6.0.11 \rangle$,
 $^*\langle 4.0.15 \rangle$, $\langle 213 \rangle$
H unter 2%: alle übrigen 23 Formen.

Gemessen an der Liste von 110 bekannten Formen des Coelestins, die W. SCHILLY (77) aufführt, dokumentieren die 43 an den Kristallen der Herznacher Coelestinlagerstätte festgestellten Formen einen grossen Formenreichtum. Davon gehören allerdings nur 12 den charakteristischen Häufigkeitsgruppen an, und die restlichen 31, also rund 72%, sind individuelle Formen. Es durfte erwartet werden, dass die an den Kristallen der beiden Hauptkategorien des Herznacher Vorkommens konstant auftretenden charakteristischen Leitformen wie auch die Nebenleitform bei der statistischen Untersuchung des Gesamtcoelestins ihre Wichtigkeit beibehalten. Dagegen sind die Spezialformen, die für die Coelestinkristalle der Klüfte und Fossilhohlräume so charakteristisch wie unterschiedlich die Formenkombinationen bestimmen, nicht mehr vertreten. Wir finden sie wieder in der nächstfolgend niederen Häufigkeitsgruppe, wo sie mit den wichtigeren charakteristischen Ergänzungsformen der Kluft- und Hohlraumcoelestine vereinigt sind. Die Verteilung der individuellen Formen auf die rhombisch-holoedrischen Hauptformen ist, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist, sehr ungleich, sind doch 22, also mehr als die Hälfte aller Formen, individuelle Formen der Prismen II. Stellung. Dagegen verteilen

Tabelle 15. Verteilung der Coelestinformen auf die rhombisch-holoedrischen Hauptformen

Rhomb.-hol. Hauptformen als:	Char.	Char.	Char.	Individ. F.		Summen- zahl	in %
	Leitf.	NLtf.	Erg. F.	> 2%	< 2%		
Pinakoide	1	—	1	1	—	3	7
Prismen I. Stellung $\langle 0kl \rangle$	1	—	—	—	—	1	2,3
Prismen II. Stellung $\langle h0l \rangle$	1	1	1	5	17	25	58,1
Prismen III. Stellung $\langle hk0 \rangle$	1	—	—	—	1	2	4,7
Bipyramiden	1	—	4	2	5	12	27,9
Verteilungssumme in %	5 11,6	1 2,3	6 14,0	8 18,6	23 53,5	43 —	— 100,0
Von neuen Formen sind:							
Prismen II. Stellung $\ast \langle h0l \rangle$	—	—	—	3	13	16	37,3
Bipyramiden $\ast \langle hkl \rangle$	—	—	—	—	4	4	9,3
Verteilungssumme in %	— —	— —	— —	3 7,0	17 39,6	20 —	— 46,6

sich die charakteristischen Leitformen ausserordentlich gleichmässig mit je einem Vertreter auf die fünf rhombischen Hauptformen. Die $\langle h0l \rangle$ -Prismen sind in allen besetzten Häufigkeitsgruppen zu finden. Mit 58% aller Formen sind sie am zahlreichsten und stehen damit in auffallendem Gegensatz zu den Prismen der beiden anderen Stellungen, von denen die $\langle hk0 \rangle$ -Prismen nur 2, die $\langle 0kl \rangle$ -Prismen gar nur eine einzige Form aufweisen. Die drei Pinakoide besitzen eine Verteilung in den Häufigkeitsgruppen, die ihrer Wichtigkeit entspricht. Auch die Bipyramiden, die die zweitwichtigste Formen-Gruppe darstellen, zeigen eine ziemlich gleichmässige Verteilung. Auch von ihnen entfallen mehr als die Hälfte auf die individuellen Formen.

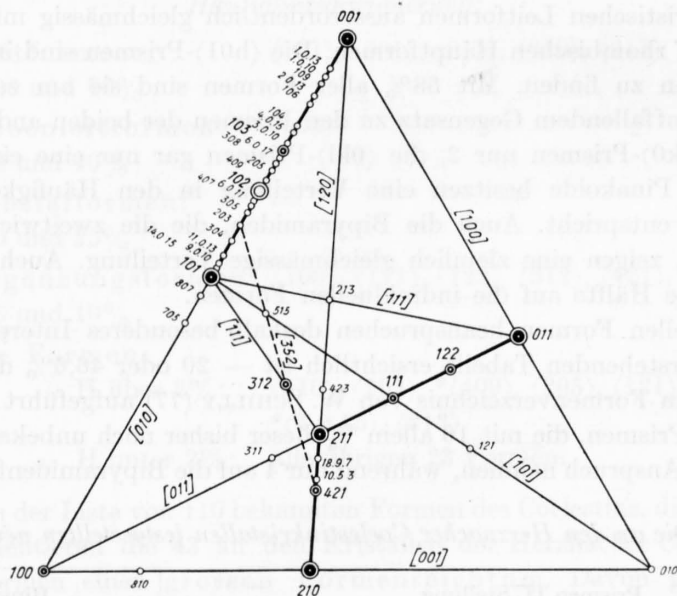
Die individuellen Formen beanspruchen deshalb besonderes Interesse, weil — wie weiter aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist — 20 oder 46,6% der Formen neu, d. h. noch nicht im Formenverzeichnis von W. SCHILLY (77) aufgeführt sind. Wiederum sind es die $\langle h0l \rangle$ -Prismen, die mit 16 allein $\frac{4}{5}$ dieser bisher noch unbekannten Coelestinformen für sich in Anspruch nehmen, während nur 4 auf die Bipyramidenformen entfallen:

Tabelle 16. Die an den Herznacher Coelestinkristallen festgestellten neuen Formen

Prismen II. Stellung						Bipyramiden		
Indizes			Indizes			Indizes		
neue	alte	beob.	neue	alte	beob.	neue	alte	beob.
1.0.13	1.0.26	1	6.0.11	3.0.11	3	423	223	1
1.0.10	1.0.20	1	305	3.0.10	1	10.5.3	553	2
109	1.0.18	1	304	308	1	18.9.7	997	1
2.0.13	1.0.13	1	9.0.10	9.0.20	1	515	5.2.10	1
4.0.15	2.0.15	3	11.0.13	11.0.26	1			
3.0.10	3.0.20	1						
6.0.17	3.0.17	1	807	407	1			
308	3.0.16	1	705	7.0.10	1			
409	209	3						

Es sind also vornehmlich Formen mit hohen Indizes, Vizinalformen, von denen sich einige wenige durch etwas häufigeres Vorkommen hervorheben. Nur 2 Formen, $\langle 409 \rangle$ und $\langle 705 \rangle$ sind an Coelestinkristallen der Kluftvorkommen beobachtet worden, die übrigen gehören den Kristallen der Cordatuskalke an (in der Dolomitparagenese und den Macrocephalenschichten), die in der Zone $[010]$ und weniger ausgeprägt auch in der Zone $[120]$ überhaupt zur Vizinalflächenbildung neigen. Mit den genannten Formen würde sich die Gesamtzahl der bis jetzt bekannten Formen des Coelestins auf 130 erhöhen, so dass die in Herznach festgestellten Coelestinformen rund $\frac{1}{3}$ der bekannten Gesamtmanigfaltigkeit umfassen.

Schon die nach den Zonen geordnete Übersichtstabelle 14 über die 43 Formen auf pg. 83, mehr aber noch die winkeltreue Dreiecksprojektion der gesamten Herznacher Formen des Coelestins in Figur 36 lassen das verstärkte Hervortreten derjenigen Zonen erkennen, die sich bereits in den Dreiecksprojektionen der Figuren 32 und 34 deutlich bemerkbar gemacht haben. Neben der allein mit 27 Formen, d. h. mit rund 63% aller Formen besetzten Hauptentwicklungszone $[010]$ fällt die mit 8 Formen, d. h. mit ca. 18% belastete Zone $[120]$ bereits merklich zurück. In diesen beiden wichtigsten Zonen sind somit 81% aller Herznacher Coelestinformen festgelegt. Die übrigen zu erwähnenden Zonen, $[011]$, $[101]$, $[111]$ und $[352]$, zeigen daher gegenüber der früheren Darstellung keine Veränderung im positiven Sinne.



Figur 36. Winkeltreue Dreiecksprojektion der Kristallformen des Coelestins der Herznacher Gesamtagerstätte

Bei der Überprüfung der Formenkombinationen überrascht zunächst die Tatsache, dass von den insgesamt 66 ermittelten Formenkombinationen nur 4 sowohl den Kluftcoelestinen wie den Hohlraumkristallisationen gemeinsam sind, die sich dann aber auch bemerkenswert mehrfach nachweisen lassen:

- | | |
|--|------------------|
| 1. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$ | 4 mal beobachtet |
| 2. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle$ | 6 „ „ |
| 3. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 102 \rangle$ | 9 „ „ |
| 4. $\langle 011 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 122 \rangle$ | 3 „ „ |

Somit wären also 62 oder 94% aller Formenkombinationen für die eine oder andere der beiden Kategorien des Vorkommens des Herznacher Coelestins individuell. Das ist ein hoher Prozentsatz, selbst wenn man in Betracht zieht, dass eine sehr grosse Zahl der Kombinationen Formen sehr geringer Häufigkeit führt. Das weist auf die vielfach genannte grosse Variabilität der Herznacher Coelestinkristalle hin. Betrachten wir die oben zitierten Kombinationen der Fundortsgemeinschaft, so zeigt sich, dass diese an sich formenarmen Kombinationen in der Hauptsache aus der „Grundkombination“ der charakteristischen Leitformen bestehen, zum Teil vermehrt mit der Nebenleitform oder häufigeren Ergänzungsformen. Es sind also alles Formen mit hoher bis sehr hoher Häufigkeitszahl, so dass ihr umfassendes Auftreten durchaus natürlich erscheint. Diese Verhältnisse erübrigen die Aufstellung einer speziellen Kombinationstabelle, und es kann daher auf die Tabellen 8 und 11 auf den Seiten 71 und 78 verwiesen werden.

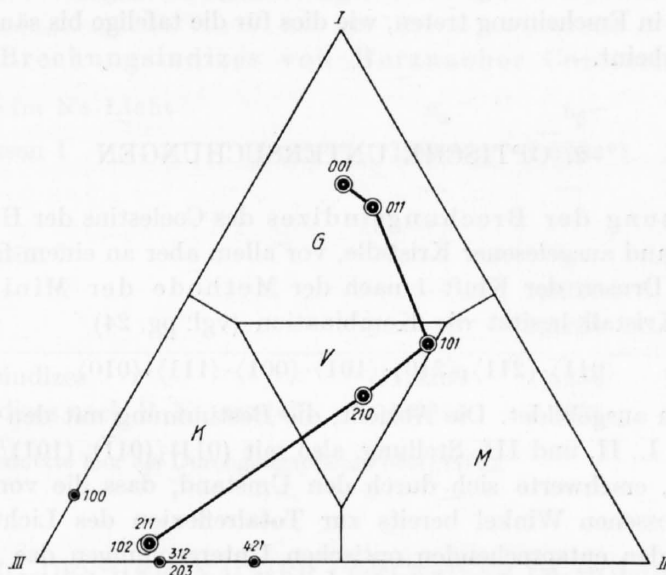


Fig. 37. Habitusdiagramm der Coelestin-Kristalle der Herznacher Gesamtlagerstätte

Dem Habitusdiagramm, Fig. 37, liegt folgende zusammengefasste Tabelle über die (Tabelle 17) „Spezifische Grössenentwicklungszahlen der wichtigeren Formen der Coelestinkristalle von Herznach,

berechnet nach der Methode von R. L. PARKER, zugrunde:

Form	gross %	mittel %	klein %
$\langle 001 \rangle$	71,6	13,8	14,6
$\langle 011 \rangle$	67,5	20,9	11,6
$\langle 101 \rangle$	40,9	43,9	15,2
$\langle 210 \rangle$	31,3	38,2	30,5
$\langle 211 \rangle$	3,5	16,9	79,6
$\langle 102 \rangle$	3,3	16,7	80,0
$\langle 100 \rangle$	12,9	—	87,1
$\langle 111 \rangle$	—	3,6	96,4
$\langle 421 \rangle$	—	35,7	64,3
$\langle 312 \rangle$ u. $\langle 203 \rangle$	—	20	80

Sehr anschaulich spiegelt nun in Figur 37 das Diagramm die durchschnittliche Habitusausbildung der Coelestinkristalle der Gesamtlagerstätte Herznachs wieder. Zunächst bestätigt es, dass von den fünf charakteristischen Leitformen eigentlich nur vier habitusbestimmend auftreten: $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$, $\langle 101 \rangle$ und $\langle 210 \rangle$, während $\langle 211 \rangle$ in dieser Beziehung nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Die Lage von $\langle 001 \rangle$ und $\langle 011 \rangle$ deutet darauf hin, dass bei vorwiegend tafeliger Ausbildung der Kristalle sich ein Tendenz zur Streckung nach der a-Achse recht sichtbar hervorhebt, so dass ein darnach säuliges Wachstum der Herznacher Coelestinkristalle ebenfalls nicht selten anzutreffen ist. Das wird auch durch die Lage der Formen $\langle 101 \rangle$ und $\langle 210 \rangle$ im Variabilitätsfeld bestätigt, was besagt, dass die Neigung zum Dickenwachstum nach der c-Achsenrichtung mehr nur eine lokale Bedeutung innerhalb der Lagerstätte hat. So verrät die schwankende Grössenentwicklung der beiden letzteren Formen, mit ihrem auffälligen räumlichen Abstand von Basis und Prisma 1. Stellung, dass die dicktafeligen und isometrischen Typen nicht so charakteristisch in Erscheinung treten, wie dies für die tafelige bis säulige Entwicklung der Fall zu sein scheint.

2. OPTISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Bestimmung der Brechungsindizes des Coelestins der Herznacher Lagerstätte wurde an Hand ausgelesener Kristalle, vor allem aber an einem farblos-durchsichtigen Kristall der Drusen der Kluft 1 nach der Methode der Minimalablenkung versucht. Dieser Kristall besitzt die Kombination (vgl. pg. 24)

$$\langle 011 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 001 \rangle \cdot \langle 111 \rangle \cdot \langle 010 \rangle$$

und ist prismatisch ausgebildet. Die Absicht, die Bestimmung mit den am Kristall auftretenden Prismen I., II. und III. Stellung, also mit $(011)/(01\bar{1})$, $(101)/(10\bar{1})$ und $(210)/(2\bar{1}0)$ auszuführen, erschwerte sich durch den Umstand, dass die von den genannten Prismen eingeschlossenen Winkel bereits zur Totalreflexion des Lichtstrahles führen. Dennoch trat bei den entsprechenden optischen Untersuchungen das charakteristische Doppelsignal auf und die Minimalablenkung liess sich in solchen Fällen bei unterschiedlicher Schärfe und Klarheit der Signale bestimmen. Doch figurierten dabei als Fläche des „optischen Prismas“ nicht das Flächenpaar der am Kristall auftretenden Prismenform, sondern das den Signalen entsprechende Licht ging derart durch den Kristallkörper, dass der Strahl auf einer Fläche des Hauptprismas eintrat, dagegen auf der gegenüberliegenden Fläche des zur gleichen Zone gehörenden Pinakoids den Kristallkörper verliess. Damit hat sich die Bedingung eines genügend spitzen Prismenwinkels für den Strahlaustritt auf natürliche Weise erfüllt, allein mit dem Nachteil, dass nun die winkelhalbierende Ebene nicht mehr eine Hauptebene der Indikatrix war. Das hat zur Folge, dass jeweils nur der Strahl, dessen Welle parallel zu einer kristallographischen Achse schwingt, den zugehörigen Brechungsindex richtig anzugeben imstande ist, während die senkrecht dazu schwingende Welle einen Wert liefert, der zwischen den Werten der beiden anderen Hauptbrechungsindizes liegt. Dieser letztere ist also unbrauchbar, und die Methode der Benützung von Flächen, wie sie der natürliche Kristall bietet, verlangt für die Bestimmung der Brechungsindizes mindestens drei verschiedene Aufstellungen des Kristalls. Da beim Coelestin die Orientierung der Achsen folgendermassen festzulegen ist:

$$n\alpha = c\text{-Achse}, \quad n\beta = b\text{-Achse}, \quad n\gamma = a\text{-Achse},$$

ergaben sich bei den Bestimmungsversuchen folgende massgebliche Strahlenwege:

Prismenkante $(01\bar{1})/(001)$ ist // a-Achse und ergibt n_γ ,
 Prismenkante $(001)/(10\bar{1})$ ist // b-Achse und ergibt n_β ,
 Prismenkante $(2\bar{1}0)/(010)$ ist // c-Achse und ergibt n_α .

Die Bestimmung von n_β und n_γ war relativ leicht durchzuführen, da ja die Flächen (001) , (011) und (101) an den meisten Kristallen, die für die Untersuchung ausgesucht wurden, gut und klar entwickelt waren. Von diesen Werten liegen denn auch Resultate von Bestimmungen an verschiedenen Kristallen vor. Dagegen hat die Seltenheit des Auftretens von (010) -Flächen und ihre sehr schlechte und schmale Ausbildung die Feststellung des n_α -Wertes ausserordentlich erschwert. Nur der bereits erwähnte Kristall aus der Kluft 1 wies eine (010) -Fläche auf, die durch Nachschleifen vorsichtig verbreitert werden konnte. Damit hat sich schliesslich n_α feststellen lassen.

Aus den Untersuchungen resultieren folgende

Werte der Brechungsindizes von Herznacher Coelestinkristallen:

Untersuchte Kristalle im Na-Licht	n_α	n_β	n_γ	
Krist. 48, Kluftdrusen 1	1,6209	1,6234*)	1,6318	
„ 48,	—	—	1,6316	
„ 82, Kluft 6	—	—	1,6317	
„ 31, Kluftdrusen 7	—	—	1,6317	
Kluftdrusen 1	—	1,6237	—	
Macrocephalenzone	—	1,6238	—	Arithmet. Mittel
Mittlere Brechungsindizes	1,6209	1,6236	1,6317	1,6254
Mittl. Brechungsindizes nach P. NIGGLI (42)	1,6215	1,6232	1,6305	1,625

*) Der Strahl benutzte hier als Durchgangsprisma $(001)/(10\bar{2})$.

3. DIE STELLUNG DES HERZNACHER COELESTINS IM MORPHOLOGISCHEN BILD DES GESAMTCOELESTINS NACH W. SCHILLY (77)

Anlässlich der Diskussion der Formen, die am Coelestin von Herznach beobachtet wurden, ist im Abschnitt über die „Statistische Morphologie“ vergleichsweise mehrfach auf die umfassende Arbeit von W. SCHILLY hingewiesen worden. Es soll nun die Aufgabe dieses Abschnittes sein, durch Gegenüberstellung der morphologischen Daten des Herznacher Coelestins einerseits und der von W. SCHILLY gegebenen Charakteristik der Morphologie des gesamten Minerals andererseits die lokale Eigenart hinsichtlich abweichender und beharrender Elemente darzustellen.

Formenhäufigkeit, Kombinationspersistenz und Habitusdiagramm unseres Coelestins lassen übereinstimmend erkennen, dass die wichtigsten Formen die gleichen sind, die SCHILLY allgemein für Coelestin aufzählt, nämlich $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$, $\langle 101 \rangle$ und $\langle 210 \rangle$. Zwar erweist sich die Reihenfolge der Wichtigkeit dieser vier Formen hier und dort nicht ganz gleich, doch gibt sich in der charakteristischen Formengruppierung eine überraschende Gleichartigkeit der ferneren Formenfolge zu erkennen. Während SCHILLY für den Coelestin keine charakteristische Nebenleitform für den Gesamtscoelestin feststellen konnte, führt er unter den charakteristischen Spezialformen $\langle 211 \rangle$ ($H = 28,8\%$) und $\langle 102 \rangle$ ($H = 27,3\%$) auf, also

gerade jene beiden Formen, die am Herznacher Coelestin ihrer Wichtigkeit nach ebenfalls unmittelbar auf die vorgenannten wichtigen Hauptformen folgen, und bei uns wegen ihrer lokal ungleich grösseren Häufigkeit in der Gruppe der Leitformen bzw. Nebenleitformen zu finden sind. Dafür weist der Herznacher Coelestin keine charakteristischen Spezialformen auf. In der Gruppe der charakteristischen Ergänzungsformen finden wir bei unserm Coelestin wie auch beim Gesamtcoelestin die Formen $\langle 100 \rangle$ und $\langle 111 \rangle$, so dass sich auch die Reihenfolge der charakteristischen Formen des Coelestins für das Herznacher Vorkommen als gleichartig erweist wie bei SCHILLYS Untersuchung. Selbst die Bipyramide $\langle 122 \rangle$, bei SCHILLY bereits eine individuelle Form, macht davon keine Ausnahme. Dass die Zahlenwerte der Häufigkeit und der Persistenz voneinander abweichen, war natürlich von vornherein zu erwarten. Passt sich somit der Herznacher Coelestin mit seinen neun ersten Formen in das Gesamtbild des Minerals erstaunlich gut ein, so finden wir bei ihm unter den charakteristischen Ergänzungsformen drei Formen, die für die Herznacher Lagerstätte lokale, teilweise sogar für einzelne Fundpunkte charakteristische Bedeutung besitzen: $\langle 312 \rangle$, $\langle 421 \rangle$ und $\langle 103 \rangle$, Formen, die bei SCHILLY in der Masse der individuellen Formen verschwinden.

Die geschilderten Verhältnisse zeigen sich in der folgenden Gegenüberstellung:

Die charakteristischen Formen des Herznacher Coelestins und des Gesamtminerals

	am Herznacher Coelestin	am Gesamtcoelestin (SCHILLY)
Charakt. Leitformen:	$\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$, $\langle 101 \rangle$, $\langle 210 \rangle$ $\langle 211 \rangle$	$\langle 011 \rangle$, $\langle 101 \rangle$, $\langle 210 \rangle$, $\langle 001 \rangle$
Charakt. Nebenleitformen:	$\langle 102 \rangle$	—
Charakt. Spezialformen:	—	$\langle 211 \rangle$, $\langle 102 \rangle$
Charakt. Ergänzungsformen:	$\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$, $\langle 122 \rangle$ $\langle 312 \rangle$, $\langle 421 \rangle$, $\langle 103 \rangle$	$\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$

Wenn wir aber nun die Verteilung unserer Coelestinformen auf die rhombisch-holoedrischen Hauptzonen untersuchen, zeigt sich gegenüber dem Gesamtmineral ein beachtlicher Unterschied. Während das Ergebnis, das SCHILLY (l. c. pg. 329) aus seinen Untersuchungen mit den folgenden Worten ableitet: „Die Prismen haben unter den wichtigeren Formen des Coelestins den grössten Einfluss, dann folgen Pyramiden und schliesslich die Flächenpaare“, und a. a. O. auch: „Während zwei Flächenpaare hoch persistent sind, ist eins sehr niedrig persistent“, Wort für Wort auch auf den Herznacher Coelestin übertragen werden kann, zeigt die Verteilung innerhalb der Prismen der drei Stellungen unseres Coelestins eine hervorragende lokale Eigenart. Wohl hat auch SCHILLY für die Querprismen, also für die Prismen II. Stellung, einen etwas höheren Anteil gegenüber den beiden anderen Prismenarten gefunden, doch stellt das Herznacher Vorkommen mit einem Querprismenanteil von 25 Formen gegenüber nur einer der $\langle 0kl \rangle$ - und zweien der $\langle hk0 \rangle$ -Formen eine ausserordentlich spezielle Entwicklungstendenz dar. Bemerkenswert ist das alleinige Auftreten von $\langle 011 \rangle$ in der Reihe der Prismen I. Stellung. Allerdings ist diese Form das wichtigste Prisma hinsichtlich seiner Häufigkeits- und Persistenzzahl des Herznacher Coelestins.

Schon die einseitige Bevorzugung der Prismen II. Stellung im Kristallbau unseres Coelestins lässt erraten, wo seine bemerkenswerteste Zonenentwicklung zu erwarten sein wird. Tatsächlich steht die entsprechende Zone $[010]$, wie wir bereits gesehen haben, nicht nur an der Spitze aller am Herznacher Coelestin erkennbaren Zonen, sie bindet mit

27 sogar 63% aller festgestellten Formen an sich. Auch SCHILLY stellt für den Gesamtcoelestin fest, dass die Zone [010] die wichtigste Hauptentwicklungszone ist. Entsprechend dem fast gänzlichen Fehlen von Prismen I. aber auch III. Stellung werden die Zonen [100] (nach SCHILLY die zweitwichtigste der Coelestinzonen) und [001] an den Herznacher Kristallen nicht deutlich erkennbar. Die für den Herznacher Coelestin nächstwichtige Zone, die Zone [120], steht in der Zonenreihe des Gesamtcoelestins nach SCHILLY erst an vierter Stelle. Vor ihr kommt in der Tabelle von SCHILLY (an 3. Stelle) die Zone [011]. Sie ist auch die drittwichtigste des Herznacher Coelestins. Im Gegensatz zum Gesamtcoelestin sind die an unseren Kristallen auch noch bemerkbaren Zonen [101] und [111] nur sehr gering belastet. Die Herznacher Coelestinkristalle besitzen weiterhin noch in der Zone [352] eine bemerkenswert individuelle Lokalerscheinung. Erklärlicherweise erwähnt sie SCHILLY nicht, denn sie tritt nur durch das Auftreten der erstmals in Herznach festgestellten Form $\langle 515 \rangle$ in Erscheinung. Wohl ist diese Zone mit nur 4 Formen besetzt, doch sei dabei hervorgehoben, dass 2 Formen als charakteristische Ergänzungsformen zu gelten haben. Diese Zone [352] ist ein Charakteristikum der Kristalle der Macrocephalenschicht, an denen auch die neue Form $\langle 515 \rangle$ gefunden wurde. An diesen Kristallen aber erweisen sich die übrigen dieser Zone zugehörigen Formen lokal viel bedeutsamer, indem eine Form eine charakteristische Spezialform, zwei weitere charakteristische Ergänzungsformen sind.

W. SCHILLY verzeichnet 165 verschiedene Kombinationen des Coelestins. Die Zahl der an diesen Kombinationen beteiligten Formen liegt zwischen 2 und 23. Am zahlreichsten sind die Kombinationen mit 3 bis 8 Formen. An die Spitze stellt sich die Kombination mit 5 Formen. An den Herznacher Coelestinkristallen sind 66 verschiedene Kombinationen festgestellt worden, deren Formenzahl im Minimum 4, im Maximum 10 resp. 13 beträgt. Am häufigsten fanden sich siebenzählige Kombinationen. Folgende Gegenüberstellung der Kombinationen nach der Formenzahl (einerseits des Gesamtcoelestins nach SCHILLY, andererseits der Herznacher Kristalle) gibt Auskunft über die im grossen und ganzen ähnlichen Verhältnisse:

Tabelle 18. Die Kombinationen nach der Formenzahl.

Zahl der Formen	a) des Gesamtcoelestins nach W. SCHILLY*)		b) des Herznacher Coelestins	
	Versch. Komb.	%-Anteil	Versch. Komb.	%-Anteil
4	14	8,4	5	7,6
5	38	22,8	5	7,6
6	28	16,8	14	21,2
7	25	15,0	16	24,2
8	14	8,4	15	22,7
9	3	1,8	5	7,6
10	4	2,4	3	4,6
11	2	1,2	—	—
12	1	0,6	2	3,0
13	—	—	1	1,5
			66	100,0

*) Auszugsweise Tabelle 4, W. SCHILLY, pg. 339.

Aus der vorstehenden Tabelle gewinnt man den Eindruck, dass der Herznacher Coelestin im Vergleich zu den von W. SCHILLY gegebenen Gesamtdaten formenreichere Kombinationen aufweist, was auch in dem Häufigkeitsmaximum siebenzähliger Kombinationen (anstatt fünfzähliger beim Gesamtcoelestin) zum Ausdruck kommt. Auch an unserm Coele-

stin bestätigt sich die Feststellung von W. SCHILLY, dass die wenig persistenten Formen vorwiegend an den formenreicheren Kombinationen auftreten.

Interessant erscheint ferner ein Vergleich zwischen den typischen Flächenkombinationen der Kristalle des Minerals als solchem und des Herznacher Vorkommens. Aus der Tabelle 6 der Arbeit von W. SCHILLY (l. c. pg. 342) lassen sich folgende Kombinationen zur Gegenüberstellung herauslesen:

Tabelle 19. *Typische Flächenkombinationen.*

Zählig- keit			Kombinationen	beobachtet nach SCHILLY	in Herznach beobachtet
1	4	*	(011)·(101)·(210)·(001)	27	4
2			(101)·(210)·(001)·(102)	3	1
3	5		(011)·(101)·(210)·(001)·(102)	20	4
4			(011)·(101)·(210)·(001)·(111)	13	—
5		*	(011)·(101)·(210)·(001)·(211)	7	6
6			(011)·(101)·(210)·(001)·(100)	6	3
7			(011)·(210)·(001)·(211)·(100)	3	0
8	6		(011)·(101)·(210)·(001)·(211)·(102)	6	9
9			(011)·(101)·(210)·(001)·(211)·(100)	4	7

Diese Prüfung auf die Teilnahme der Herznacher Kristalle an den nach SCHILLY für den Gesamtcoelestin typischen Flächenkombinationen ist in mehrfacher Beziehung interessant. Einmal lenkt sie die Aufmerksamkeit auf die Rolle der sog. „Grundkombinationen“ unter den typischen Flächenkombinationen. Die mit * bezeichnete Kombination 1 ist die „Grundkombination“ für den von W. SCHILLY statistisch-morphologisch beschriebenen Gesamtcoelestin. Sie ist am meisten beobachtet worden. Für unseren Coelestin bedeutet sie eine „unvollständige Grundkombination“, da $\langle 211 \rangle$ fehlt. Ihre vierfache Beobachtung an den Herznacher Kristallen dokumentiert, dass sie auch dort eine beachtliche Wichtigkeit besitzt. Wir haben bereits konstatiert, dass die Herznacher „Grundkombination“, Kombination Nr. 5 in obiger Tabelle, zu den häufigen typischen Kombinationen der Lokalität gehört. Sie ist es aber gerade, die bei SCHILLY zahlenmässig stark abfällt, da dort zur Grundkombination noch andere charakteristische Formen gleicher oder nahezu gleicher Wichtigkeit treten können, wie dies bei den Kombinationen Nr. 3 und 4 der Fall ist. Dagegen wird die Beobachtungsanzahl der 6zähligen Kombinationen von den Herznacher Kristallen überflügelt, da dort die 5-zählige Grundkombination durch wichtige charakteristische Formen ergänzt worden ist. Es wiederholt sich also für die Herznacher Kristalle an den 6zähligen Kombinationen, was für den Gesamtcoelestin an den 5zähligen Kombinationen des Gesamtcoelestins auf der Basis der „Grundkombination“ für die Häufigkeit des Auftretens massgeblich zu sein scheint.

Wenn wir des weiteren feststellen können, dass sich das Herznacher Coelestinvorkommen an den typischen Flächenkombinationen des Minerals in einer bemerkenswerten Ausgeglichenheit beteiligt und damit von neuem manifestiert, wie nahe es dem statistisch-morphologisch erfassbaren Gesamtbild des Minerals kommt, ist andererseits anzunehmen, dass diese Übereinstimmung in den typischen Kombinationen noch gewichtiger und augenscheinlicher wäre, wenn die Grundkombinationen beider Vergleichspartner die gleichen wären. Die unterschiedliche Wichtigkeit der Formen $\langle 211 \rangle$ und $\langle 102 \rangle$, die beim Herznacher Coelestin zu den beiden wichtigsten Formengruppen gehören, im Gesamtgruppenbild aber nur die Stellung von charakteristischen Spezialformen einnehmen, scheint sich in Gemeinschaft mit der Stellung der weniger wichtigen restlichen charakteristischen Formen

doch recht fühlbar auf die Gestaltung der Flächenkombinationen auszuwirken. Dieser Unterschied wäre demnach auch für lokale Variationen im Aufbau der Kombinationen, oft nur auf ein einziges Formenglied beschränkt, verantwortlich zu machen.

W. SCHILLY stellt als Grundlage für die Habitusausbildung des Coelestins drei „Trachttypen“ als grobe Einteilung der Kristallgestaltung auf: 1. den tafeligen Typ, 2. den Übergangstyp und 3. den säuligen Typ. Für das Herznacher Vorkommen sollte diese Einteilung noch durch den „bipyramidalen Typ“ ergänzt werden. Dann lassen sich die anlässlich der Beschreibung der Coelestinkristalle der einzelnen Fundpunkte im Bergwerk Herznach behelfsmässig aufgestellten eigenen Habitustypen auf die von SCHILLY genannten Habitusgruppen ungefähr wie folgt verteilen:

Tabelle 20

Habitus nach SCHILLY	Herznacher Coelestintyp	und sein Vorkommen in den Klüften und Hohlräumen	
Tafelig:			
a) Wichtige Zone [010]:	I	1 u. 7	Macr.Sch.
	II z. T.	1 u. 7	
	VI		Cord.kalk
b) Wichtige Zonen [010] u. [120]:	XI z. T.		Macro.Sch.
Übergangstyp:	VII		Cord.kalk
	IX z. T.		Macr.Sch.
	X	1	Leit- u. Macr.Sch.
	XI z. T.		Macr.Sch. A
Säulig:	II z. T.	1 u. 7	
	III	1	
	IV	1, 6 u. 7	Macr.Sch.
	V	7	Cord.K., Macr.Sch.
	VIII		Macr.Sch. B
	XI z. T.		Macr.Sch. A
„Spiessig“:	XII		Macr.Sch. A

W. SCHILLY hat seine Dreiteilung der Habitusausbildung der Coelestinkristalle durch Zentraldistanzmessungen bekräftigt. Diese Methode der statistischen Erfassung der Kristallgestaltung, von der selbst W. SCHILLY sagt, dass sie z. T. mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden ist, ist für die Herznacher Kristalle aus den gleichen Gründen (s. pg. 72) nicht angewendet worden. Da die hier gewählte qualitative Schätzungsmethode von GOLDSCHMIDT und das von R. L. PARKER (24) vorgeschlagene Habitusdiagramm ihrem Wesen nach davon grundverschieden sind, fehlt eine brauchbare Vergleichsbasis, um die Herznacher Kristalle in diese Untersuchungen von W. SCHILLY einzuordnen, um so mehr, als er seine ZD-Resultate nicht diagrammetrisch ausgewertet hat.

Immerhin ist schon aus obiger Zusammenstellung ersichtlich, dass in der Vielheit der Herznacher Coelestinkristalle die drei Typen von SCHILLY bemerkenswert gleichmässig vertreten sind. Da aber die tafeligen und säuligen Typen unseres Vorkommens mengenmässig den Übergangstyp relativ stark überflügeln, ergibt sich zwanglos das Ergebnis der qualitativen Schätzungsmethode, zu dem unsere Untersuchungen geführt haben und die in den Diagrammen der Figuren 33, 35 und 37 zum Ausdruck kommt, dass nämlich der Herznacher Coelestin in der Hauptsache tafelig, jedoch mit ausgeprägter Tendenz zur säuligen Erstreckung nach der a-Achse ausgebildet ist. Doch

konnte in Übereinstimmung mit obiger Feststellung schon bei der Deutung des Habitusdiagramms des Herznacher Gesamtcoelestins (Fig. 37) auf pg. 87 ebenfalls auf die Tatsache hingewiesen werden, dass neben diesen vorherrschenden extremen Ausbildungsweisen die charakteristischen Übergangstypen als verbindende Glieder nicht übersehen werden dürfen. So bleiben diejenigen Typen, welche SCHILLY in weiten Grenzen der Habitusvariabilität aufgestellt hat, auch unter den Herznacher Coelestinkristallen massgebend nicht nur für die Charakteristik der Gesamtmorphologie, sondern ebenso für die Stellung des Vorkommens des Bergwerks Herznach im Rahmen der Entstehungsgeschichte und des Aussehens der Coelestinlagerstätten im besonderen. W. SCHILLY hat die Untersuchung der Habitusausbildung der Coelestinkristalle eng mit genetischen Fragen verknüpft. Es wird Aufgabe des zweiten Teiles dieser Arbeit sein, diese Zusammenhänge auch in der Herznacher Minerallagerstätte soweit als möglich zu verfolgen.

Vorläufig stellen wir fest: Die Habitusentwicklung der Coelestine von Herznach passt sich im ganzen ausgezeichnet in das aus anderen Materialien bereits gewonnene Gesamtbild der Coelestin-Morphologie ein. Es scheint tatsächlich möglich zu sein, durch statistische Verarbeitung das Wesentliche des morphologischen Verhaltens einer Mineralart herauszuarbeiten. Jede Fundortsgruppe hat indessen ihr bestimmtes Lokalkolorit. Das gilt auch für den Fundort „Bergwerk Herznach“. Es wird immer notwendig sein, neben dem Übereinstimmenden das Besondere und Spezielle zu registrieren, damit die stets vorhandene Variationsfähigkeit erkannt wird und zu neuen Problemstellungen Veranlassung gibt. Es war der Hauptzweck vorliegender Arbeit, dieses Lokalkolorit und dessen innere Variabilität in Abhängigkeit von speziellen Fundstellen deutlich in Erscheinung treten zu lassen.

II. Teil: Das Kristallwachstum und die Bildungsumstände der Herznacher Minerallagerstätte

A. Einleitung

Schon anlässlich der Mineralbeschreibung im I. Teil der vorliegenden Arbeit war es notwendig, auf charakteristische Entwicklungen der Mineralarten aufmerksam zu machen und Unterschiede gegenüber andersgearteten Funden hervorzuheben. In einzelnen Fällen ergab sich, dass Vorkommen mit übereinstimmenden morphogenetischen Eigenschaften auch eine mehr oder weniger ausgeprägte Gleichartigkeit der Entstehungsbedingungen erkennen lassen. Diese ursächlichen Zusammenhänge geben seit HAUYS Zeiten zu der Kardinalfrage Anlass: Auf welche Weise wird das Kristallwachstum einer Mineralart durch die Bildungsbedingungen einer Lokalität beeinflusst? Selbstverständlich ist die Beantwortung dieser Frage in Umfang und Bedeutung aufs engste mit dem Stande der Forschung über das Kristallwachstum als solches verknüpft. In der Zielsetzung der vorliegenden Aufgabe kehrt sich notgedrungen die Frage um, da wir ja — wie dies beim natürlichen Kristallwachstum die Regel ist — in den Kristallgebilden des Herznacher Vorkommens nur das Resultat der Wirkung der Bildungsbedingungen beobachten können: Welche Entstehungsumstände der Herznacher Lagerstätte lassen sich aus den lokalen Besonderheiten ihrer Kristalle ableiten?

Enttäuschende Deutungsversuche der Morphogenese verweisen jedoch sehr nachdrücklich auf die Notwendigkeit, die von der Natur gesetzten Grenzen zu beachten und die Kristallgestaltung eines speziellen Vorkommens lediglich als Folge von Einzelheiten unbekannter Bildungsbedingungen anzusehen, wobei es ungewiss bleibt, ob die bisherigen Kenntnisse über das Kristallwachstum und seine Beeinflussung bereits genügen, die für Habitusunterschiede massgebenden Faktoren abzuleiten. Es scheint von grundlegender Bedeutung zu sein, dass die Einflussphäre auf einen wachsenden Kristall im Vergleich zum grossen Geschehen, das eine Lagerstätte hervorbringt, eine ausserordentlich engbegrenzte ist.

Diese Überlegungen sind die Wegleitung, nach der die Deutung der Herznacher Lagerstätte epigenetischer Mineralien im II. Teil der Arbeit versucht werden soll. Zuvor aber ist es unerlässlich, an Hand der Literatur kurz das Wissen über das Kristallwachstum, vornehmlich des natürlichen, zu skizzieren.

B. Das Kristallwachstum

1. ELEMENTARE FAKTOREN DES KRISTALLWACHSTUMS

Es kann nicht die Aufgabe dieses Abschnittes sein, die ausserordentlich komplexe Theorie des Kristallwachstums in alle Einzelheiten zu verfolgen. Es ist schon deshalb ein vergebliches Unterfangen, weil das heutige Wissen darüber noch überaus lückenhaft und ungeklärt ist. Es wird sich nur darum handeln können, die sich verwirrend überschneidenden Vorgänge beim Wachstum eines Kristalls streifend, auf das nicht minder komplexe Problem natürlichen Kristallwachstums als Hilfsmittel der Lagerstättenforschung hinzuweisen und die grossen Schwierigkeiten verständlich zu machen, die sich diesem Ziel heute noch gegenüberstellen.

Lange bevor die Nutzbarmachung der Röntgenstrahlen der Kristallstrukturforschung ungeahnte Wege öffnete, war der Zusammenhang zwischen den Wachstumsformen und dem strukturellen Aufbau der Kristallkörper erkannt worden. Auf diesem Zusammenhang beruht das Grundgesetz des Kristallwachstums, die Anisotropie des Wachstumsrichtungen eines Kristallkörpers, aus dem BECKE (194) das sog. Überlagerungsprinzip abgeleitet hat. Doch sind die Abhängigkeitsbeziehungen des Kristallwachstums zur Struktur keineswegs einfacher Natur (J. J. VALETON (194)). P. NIGGLI (162) unterscheidet vom valenzchemischen Standpunkt aus prinzipiell zwei Arten wachsender Flächen, je nachdem ob strukturell wichtige Grenzebenen in Frage kommen oder koordinativ unabgesättigte Grenzschichten Wachstumsflächen darstellen. Erstere, die „absoluten Wachstumsflächen“, haben oft eine minimale spezifische Wachstumsgeschwindigkeit, sind daher nach dem Überlagerungsprinzip vorherrschend und persistent. Sie bestimmen oft in weitaus erster Linie den morphologischen Charakter einer Kristallart. Die zweiten dagegen, deren Teilchen mit freien Wachstumsvalenzen innerhalb einer „inneren Übergangsschicht“ liegen, wachsen um so schneller, je unausgeglichener ihre Valenzoberfläche ist. Ganz ähnliche Gedankengänge entwickelt I. N. STRANSKI (189) mit seinen „vollständigen“ und durch Subindividuen aufgebauten „unvollständigen“ Kristallflächen. Zu ungefähr gleicher Zeit erscheinen die ersten fundamentalen Arbeiten von W. KOSSEL (185).

Wenn also Formenkombination und Habitus eines wachsenden Kristalls fürs erste durch die relative Verschiebungsgeschwindigkeit aller seiner realisierten Flächen bestimmt werden, so muss den inneren Vorgängen der Anlagerungsreaktionen der Partikel im Kristallbau besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Nach W. KOSSEL (181) sind die unterschiedlichen Energiebeiträge, die sich beispielsweise aus der Ionenanlagerung ergeben, je nachdem diese auf der Netzebene als Ausbreitung oder als Auflagerung zum Ausdruck kommt, für die Vorgänge beim Kristallwachstum von erheblicher Bedeutung. Es resultiert also eine deutliche Anisotropie des flächenhaften Ausbreitungsvorgangs einer Grenzfläche (K. SPANGENBERG (181)), die z. B. bewirkt, dass von der Kante her ein schnelleres Wachstum als von der Flächenmitte aus eintreten kann. Zu ganz ähnlichen Schlussfolgerungen gelangt E. BRANDENBERGER (95). Schon früher hatte F. RINNE (149) empfohlen, nicht nur die Flächenentwicklungen, sondern auch die Kanten als Ausdruck von Atomreihungen für die Beurteilung der Kristalltracht in Betracht zu ziehen. H. BRANDES und M. VOLMER (96) einerseits, I. N. STRANSKI (189) und W. KOSSEL andererseits stellten auch fest, dass Kanten und noch mehr Ecken zur Anlagerung von Keimen begünstigt erscheinen. Damit im Zusammenhang stehen die Beobachtungen von K. SPANGENBERG (181) und seinen Schülern A. NEUHAUS und O. GÜNTHER (l. c.), dass eine deutliche Abhängigkeit

der geometrischen Verschiebungsgeschwindigkeit einer Flächenart von ihrer momentanen Umgrenzung am Wachstumskörper besteht. Die Erklärung dieses Vorgangs führt bereits aus den Gesetzmässigkeiten der inneren Sphäre heraus und hinüber zu den äusseren Anlagerungsvorgängen, indem die Anisotropie der Oberflächenkräfte einer Wachstumsebene in Beziehung zu dem Wechselspiel von Diffusion und der Grenzschichtkonzentration gestellt wird.

Tatsächlich stellt die verhältnismässig sehr schmale Berührungszone zwischen Kristall und moleküldisperser Phase den für die Anlagerungsvorgänge wohl wichtigsten Reaktionsraum dar und K. SPANGENBERG (181) definiert denn auch den dort stattfindenden Wachstumsprozeß und den nach G. WULFF (168) reziproken Auflösungsvorgang folgendermassen: „Als Wachstum oder Auflösung, allgemein als Verschiebung einer Kristallfläche bezeichnen wir den gesamten Vorgang, an dem sowohl die Diffusion zur Grenzschicht wie die dort einsetzende Reaktion zwischen Kristall und Lösung beteiligt sind“. In dieser Grenzschicht kann ein Gleichgewichtszustand zwischen wachsendem Kristall und der gerade gesättigten Mutterlauge nur ein dynamischer sein. Erst in der Nachbarschaft eines Übersättigungselementes, also bei geringeren H_2O -Anteilen im Verhältnis zum Ion, wird in heteropolaren Verbindungen bei gegebener Oberflächenenergie mehrheitlich Anlagerung stattfinden. Umgekehrt wird ein Untersättigungselement mit mehr H_2O -Anteilen zur Weglösung eines Ions imstande sein. Die Häufigkeit eines solchen Ionenaustausches ist von Flächenart zu Flächenart von verschiedener Grösse, und in der unmittelbar vorgelagerten dünnen Haftschrift der Mutterlauge wird daher für jede ungleichartige Fläche ein anderes Diffusionsgefälle herrschen. Nach K. SPANGENBERG bewirkt die so von der Flächennatur abhängige Grenzschichtenkonzentration, dass die Diffusion dorthin mehr transportiert, wo mehr verbraucht wird. Ferner hat SPANGENBERG gefunden, dass die Reaktionsgeschwindigkeit einer Fläche sich erhöht, sobald eine neue Netzebene sich zu bilden angefangen hat. Dies erzeugt einen Rhythmus der Wachstumsvorgänge im molekularen Bereich. Neben diesen Wechselspielen der Anlagerungskräfte besteht noch eine innige Verknüpfung mit dem Verteilungszustand und der Austauschhäufigkeit anlagerungsfähiger Gitterelemente in der Grenzschicht, ein Faktor, über den noch wenig bekannt und der unter dem Begriff der Reaktionswahrscheinlichkeit zusammengefasst worden ist (K. SPANGENBERG und A. BERTHOUD (93)).

Die Frage nach dem Zustand der Kristallbauteilchen im Kristallisationsmedium leitet hinüber zu den vorbereitenden Wachstumsvorgängen in der äusseren Sphäre des Einflussbereiches der Kristallwerdung. Im Überblick ist die molekulartheoretische Betrachtung des Kristallwachstums 1942 von W. KOSSEL (185) dargestellt worden. Wichtige Arbeiten über Kristallkeimbildung stammen von M. VOLMER (185). Die Bildung kleinstmöglicher, wachstumsfähiger dreidimensionaler Kristallkeime wird erst dann gewährleistet erscheinen, wenn ihr Wiederzerfall durch stete Ionenanlagerung verhindert wird. Eine „spontane Keimbildung“ für eine gegebene Übersättigung kann daher erst nach Überwindung gewisser Schwellenwerte eintreten. I. M. ANSCHELES (90) weist darauf hin, dass schon E. S. FEDOROW auch im gewöhnlichen Kristallwachstum die Ablagerung ganzer Kristallkeime auf den Flächen mitberücksichtigt hat. Ferner ist die Entstehung komplexer Ionen, Moleküle, Keime, ja selbst ganzer Gitterteile in offensichtlicher Abhängigkeit vom Grad der Konzentration in Betracht zu ziehen, wobei die von P. NIGGLI (162) angezeigte und von K. SPANGENBERG (179) als nachgewiesen gemeldete Komplexbildung durch Lösungsgeossen eine Rolle spielen kann. Es werden somit in der äusseren Wachstumssphäre sehr komplexe und empfindliche Funktionen der Aussenbedingungen wirksam (E. BRANDENBERGER (95)), die imstande sind, die internen

Wachstumsgesetze eines Kristalls im Rahmen seiner kristalchemischen Bauordnung bis zu einem gewissen Grade zu beeinflussen. Mehr sekundäre Faktoren der äusseren Bildungsumstände in variabler Abstufung und Gruppierung (z. B. Einfluss von Randbedingungen, Störungen) kommen hinzu.

Es erscheint selbstverständlich, dass gerade für das natürliche Kristallwachstum die variablen Faktoren der Aussenbedingungen oft schwer erfassbar sind. Bevor sie im folgenden Abschnitt speziell gewürdigt werden, sei noch die Frage nach der individuellen Idealgestalt oder den sogenannten „Gleichgewichtsformen“ (I. N. STRANSKI) als Ergebnis „unbeeinflusster“ Wachstumsgesetze kurz berührt. Ob es einen Sinn hat, eine solche hypothetische Bezugsform aufzustellen oder mit Einzelausbildungen zu vergleichen, steht heute erst zur Diskussion. Auch die Vorausberechnung der Formenwahrscheinlichkeit und die Berechnung absoluter oder „ideal“ gültiger Wachstumsgeschwindigkeiten wären erneut zu diskutieren. Man hat z. B. sogenannte „Geschwindigkeitsflächen des Wachstums“ (BECKE und R. GROSS (128), J. J. VALETON und K. SPANGENBERG (128) u. a.) aufzustellen versucht. Als „Endkörper“ der Wachstumsform eines Kristalls hat man diejenige Kristallgestalt bezeichnet, die beim Weiterwachsen die Begrenzungsart nicht mehr ändert (F. GILLE und K. SPANGENBERG (125)). Ein anderer Weg zur empirischen Charakterisierung der Idealmorphologie einer Kristallart ergibt sich aus der statistischen Bearbeitung der gesamten Beobachtungsmaterialien. Es kann sich hierbei um die statistische Ableitung eines Idealhabitus (P. NIGGLI (22)) aus den naturgegebenen Habitus- und Kombinationstypen der einzelnen Kristallarten handeln.

Im Jahre 1949 sind die Diskussionen in der Faraday Society über das Kristallwachstum (Crystal Growth, Discussions of the Faraday Society, No. 5, 1949, Gurney and Jackson, London (109)) erschienen. Im Teil I und II dieses Buches ist von verschiedenen Forschern (insbesondere N. F. MOTT, I. N. STRANSKI, K. MOLIÈRE, W. RATJE, W. K. BURTON, N. CABRERA, F. C. FRANK, R. BECKER, P. H. EGLI, S. ZERFOSS, W. J. DUNNING, S. H. BRANSOM, B. MILLARD, C. W. DAVIES, A. L. JONES, A. VAN HOOK, A. J. BRUNO, S. P. F. HUMPHREYS-OWEN, N. H. HARTSHORNE, W. C. McCRONE, S. FORDHAM, H. EMMETT, C. W. BUNN, G. E. OWEN, J. F. CORWIN, A. R. UBBELOHDE) die Theorie des Kristallwachstums und der Keimbildung recht ausführlich behandelt worden, so dass hier darauf verzichtet werden kann, die neueren Anschauungen zusammenzufassen.

Will man sich über die speziellen morphologischen Verhältnisse einer natürlichen Mineralparagenese ein Bild machen, so sind eher die im Teil III des genannten Buches (Abnormal and Modified Crystal Growth) vorliegenden Arbeiten von A. F. WELLS, B. RAISTRICK, H. E. BUCKLEY, A. BUTCHART und J. WHETSTONE, C. W. CORRENS, F. SEITZ zu berücksichtigen, während andere Arbeiten dieses Teils (von J. H. VAN DER MERWE, T. N. RHODIN, R. HOCART usw.) das in unserer Arbeit nur zu streifende Problem der orientierten Verwachsungen betreffen und der IV. Teil von der Mineralsynthese und technischen Aspekten handelt.

Wir aber begnügen uns, vorwiegend vom Stand älterer Literatur, zu skizzieren, auf was für äussere Faktoren beim Kristallwachstum besonders zu achten ist, wenn man über die Habitusbeeinflussung Aussagen machen will.

2. DIE VARIABLEN AUSSENBEDINGUNGEN DES KRISTALLWACHSTUMS

Es darf nicht übersehen werden, dass zwischen der Behandlung der Morphogenese eines natürlichen und künstlichen Kristallaggregates ein grundsätzlicher Unterschied besteht. Dort haben wir in der Gestaltung nur das Ergebnis der Einflüsse der

verschiedenartigen äusseren Wachstumseinflüsse, die uns nicht ohne weiteres bekannt sind. Hier lassen sich die Entstehungsbedingungen von vornherein genau festlegen, überwachen und regeln. Das Resultat beruht auf beobachtbaren Reaktionen ausgewählter Einzelfaktoren, zumeist unter peinlicher Ausschaltung anderer Einflüsse. Es versteht sich von selbst, dass angesichts der oben geschilderten Verflechtung der Aussenbedingungen mit dem Aufbauprozess des Wachstumskörpers ein zuverlässiger Vergleich zwischen den geregelten, an konstante Bedingungen gebundenen Wachstumsformen des Laboratoriumsproduktes und den einem ständigen Wechsel seiner formenden Kräfte unterworfenen natürlichen Kristallgebilden noch kaum gezogen werden kann, ganz abgesehen davon, dass oft auch der zeitliche Ablauf des Entstehens auf künstlichem und natürlichem Wege Unterschiede aufweist, die weit über menschliches Erfassungsvermögen hinausgehen. Dass die Verhältnisse im Laboratorium allein noch keine schlüssige Übertragung der Resultate auf die natürlichen Vorkommen zulassen, ist denn auch z. B. von A. ARZRUNI (91), H. VATER (197), H. TERTSCH (191) betont worden. Man wird deshalb den umständlichen, Geduld erheischenden Weg statistischer Erfassung der Äusserungen natürlicher Bildungsbedingungen und der Wachstumsformen ihrer Kristalle nicht ausser acht lassen dürfen, um aus der Fülle von Vergleichsmaterial das heute noch sehr rätselhafte natürliche Kristallwachstum zum erhofften Hilfsmittel der subtileren Lagerstättenforschung zu machen. Deshalb sind Vorkommen rezenter Mineralbildungen, bei denen die Entstehungsbedingungen mehr oder weniger weitgehend feststellbar sind, ausserordentliche Glücksfälle auf dem Wege zu diesem Ziele. Sie stellen die Verbindung her zwischen der unter bekannten Bedingungen erfolgenden künstlichen Kristallzüchtung und den Effekten, die unter variablen, nur zum Teil erforschbaren natürlichen Aussenbedingungen des Kristallwachstums auftreten müssen. In diesem Sinne sollte vorerst keine Mühe gescheut werden, alle erfassbaren Umstände solcher Lagerstätten anzugeben und entsprechend zu verwerten. Insbesondere sind Bergwerke prädestiniert für derartige Funde.

In der Hauptsache äussert sich der Einfluss der äusseren Faktoren des Kristallwachstums in verschiedenartigen Veränderungen der Formenkombinationen und des Habitus¹⁾ der Kristalle einer Mineralart. Das bedeutet, dass dieser Einfluss eine Änderung der relativen Wachstumsgeschwindigkeiten der am wachsenden Kristall auftretenden Flächen erwirkt. Dabei ist oft gar keine sehr tiefgreifende Wirkung des Einflusses äusserer Wachstumsfaktoren notwendig, denn eine Habitus- und Kombinationsveränderung kann schon zustande kommen, wenn die Reihenfolge der minimalen Wachstumsrichtungen sich relativ wenig ändert. Ein sensibler Verschiebungsmechanismus beginnt bereits bei relativ schwacher Einflussnahme von Störungen zu spielen.

Vorgängig der Einzelbeschreibung der wirksamen Faktoren der Aussenbedingungen des Kristallwachstums sei darauf hingewiesen, dass deren Bewertung hinsichtlich ihres Einflusses noch sehr umstritten ist. Die im folgenden gewählte Reihenfolge der verschiedenen Faktoren stellt daher kein Werturteil über den Grad ihrer Wirkungskraft bei der Morphogenese eines Kristalles dar.

a) Der Bewegungszustand der Lösung

Wenn in einer absolut ruhenden, gesättigten Lösung ein Kristall zu wachsen beginnt, so entsteht in der Lösung eine Reaktionszone, innerhalb welcher der Wachstumskörper

¹⁾ Hinsichtlich des Geltungsbereiches der Begriffe „Habitus“ und „Tracht“ sind noch verschiedene Definitionen im Gebrauch. In dieser Arbeit wird ohne weitere Präzisierung besonders der Begriff „Habitus“ verwendet. F. RAAZ und F. K. CHUBODA haben sich nach F. BECKE, P. NIGGLI, W. NOWACKI und W. KLEBER bemüht, Abklärung zu schaffen (147).

durch die Entnahme von Baupartikeln ein Konzentrationsgefälle erzeugt, das zunächst auch die Anisotropie der Wachstumsrichtungen widerspiegelt (J. J. VALETON (195)). Schon O. LEHMANN (153) und F. KLOCKE (148) haben von „Wachstumshöfen“ und „Lösungshöfen“ gesprochen, und die durch das erzeugte Konzentrationsgefälle entstehende „Konzentrationsströmung“ ist z. B. von G. WULFF (212) und P. GAUBERT (115) als ein besonders einflussreicher Wachstumsfaktor angesehen worden. Nach K. SPANGENBERG (183) schirmt die Haftschrift der Flüssigkeit an der Kristalloberfläche, in der der Stofftransport oft fast völlig unabhängig von jeder äusseren Flüssigkeitsbewegung durch die Diffusion erfolgt, eigentliche differenzierte Störungen ab. Wohl können auch in ruhendem Medium verschiedene Eigenströmungen eine ungleichförmige Stoffzufuhr und damit Verzerrungen am Wachstumskörper hervorrufen. Lamillare oder gar turbulente Bewegungen des Kristallisationsmediums können andererseits wieder ausgleichend wirken.

Schon aus der oben erwähnten Rolle der Haftschrift der Flüssigkeit am Wachstumskörper kann geschlossen werden, dass der Bewegungszustand des Kristallisationsmediums auf die Habitus- und Kombinationsgestaltung eines wachsenden Kristalls oft keinen besonderen Einfluss ausübt. So geht aus den Untersuchungen von K. SPANGENBERG (181) und H. O. BUCKLEY (100) an K-Al-Alaun hervor, dass die Reihenfolge der Flächen, geordnet nach ihren spezifischen Wachstumsgeschwindigkeiten, die gleiche geblieben ist. In anderen Fällen wird dies nicht zutreffen, und auch sonst verbleiben dem Bewegungszustand der Mutterlauge eines wachsenden Kristalls als Faktor des äusseren Stofftransportes wirkungsvolle Einflussmöglichkeiten. Man wird dies besonders beim natürlichen Kristallwachstum anzunehmen haben, wenn man nicht nur Verzerrungen und unregelmässige Flächenentwicklungen daraufhin prüft, sondern auch die Orientierung der Kristallaufwachsung in Betracht zieht. Bei der Beschreibung der rezenten Barytbildungen bei Stolberg im Harz weist F. BUSCHENDORF (103) auf die Aufwachsung der Kristalle in stagnierendem Wasser hin, wobei die tafeligen Kristalle der Mutterlauge die grösste Oberfläche zukehren. Das erinnert an die „Drusenregel“, die J. HOLZNER (131) abgeleitet hat. In diesem Zusammenhang mag auch noch die in schwierig lesbarer Sprache gehaltene Arbeit von M. MAUCHER (157) erwähnt werden, die überaus wertvolle Beobachtungen über das Verhalten wachsender Kristalle an ihren „Sitzen“ enthält.

Ein sehr instruktives Bild über die Wirkung bewegter Lösungen auf die Orientierung von Kristallen vermittelt eine von uns gesammelte Stufe (Fig. 38) mit Gipskristallen aus einer Kluft im Gipsvorkommen von Wehr (Baden). Sie enthält durch Wirbel des zirkulierenden Wassers erzeugte seitliche Auswaschungen der Kluftwand (rundliche Vertiefungen lassen die Einzelwirbelbewegungen erkennen). Grössere, sehr klare, tafelig-linsenförmige Gipskristalle sitzen tangential am Rande dieser Vertiefungen, so dass ihre „Breitseite“ unter günstigstem Winkel der Richtung der Wirbelbewegung des Kluftwassers als des Baustoffzuträgers zugekehrt ist. Hier im Seitenraum der abgebremsten Fliessbewegung war gleichzeitig dem Grösserwerden der Kristalle bessere Möglichkeit gegeben, während an der eigentlichen Kluftwand zwar viele Keime, jedoch nur winzige gleichartige Kriställchen zu beobachten sind.

Wichtiger scheint aber die Möglichkeit indirekter Einwirkung des Bewegungszustandes der Lösungen auf die Morphogenese eines Kristalles, zumal in geschlossenen Kluft- und Drusenräumen. In seinen sehr interessanten Studien über das Wachstum von Brookitkristallen alpiner Zerrklüfte im Maderanertal führt F. SIGRIST (177) die verschiedene Entwicklung und Adsorptionsintensität von Kristallen derselben Stufe, jedoch

in getrennten Vertiefungen, auf den Umstand zurück, dass während des Wachstums des Brookits keine nennenswerte ausgleichende Zirkulation der Flüssigkeit im Klufttraum stattgefunden habe.

b) Die Gestaltung des Kristallisationsraumes

Ähnlich wie der Bewegungszustand der Lösung wird auch die Raumgestaltung, in der die Auskristallisation vor sich geht, u. U. gewichtige Einflüsse auf die Stoffzufuhr geltend machen können. Die „Versorgung“ des wachsenden Kristalls aus dem „Nährraum“ wird in bezug auf seine Aufwachsung eine „gerichtete“ oder eine gleichmässig allseitige sein, je nachdem der Wachstumskörper z. B. ein Glied des Kristallrasens einer Druse oder ein frei wachsendes Einzelindividuum, etwa nach Art des modellartigen Beispiels der Figur 14 (Tafel III) ist. Eine ausgezeichnete Folge der Raumanpassung sind die Schichtfugenkristalle von Gips, von denen der Verf. in jüngster Zeit im Gipsbergwerk Felsenau im Aargau schöne Stufen gefunden hat. Diese sind als radial- oder infolge Zwillingsbildung fiederblattartige Aggregate zwischen den Gipsschichtplatten eingebettet (Fig. 39, Tafel VIII).

c) Die Konzentration bzw. Übersättigung

A. JOHNSEN (133) und A. SCHUBNIKOW (173) sind der Meinung, dass jeder Übersättigung eine eigene Kristalltracht entspreche, und SCHUBNIKOW führt weiter aus, dass in einer stark übersättigten Lösung meist inhomogene, einschlussreiche Kristalle von sehr regelmässiger Form entstehen, während bei nur gesättigten Lösungen sehr homogene, von Mutterlauge nicht erfüllte, klar durchsichtige, oft aber unsymmetrisch gewachsene Kristalle bilden.

Jedenfalls bestehen zwischen dem Konzentrationszustand des Mediums und der geometrischen Wachstumsgeschwindigkeit (g. W. G.) selbst für die gleichwertigen Flächen der gleichen Form keine einfachen und eindeutig bestimmten Abhängigkeitsbeziehungen (SCHUBNIKOW, J. J. VALETON (194)). A. NEUHAUS (161) wie auch K. SPANGENBERG (181) haben gefunden, dass der Abstieg der g. W. G. für jede einzelne Kristallform verschieden und auch stärker als der Anstieg der Konzentration ist, dass also die g. W. G. nicht einfach proportional der Übersättigung sein können. Beachtlich scheint auch die Feststellung von K. SPANGENBERG (183), dass der Unterschied der g. W. G. der einzelnen Flächenarten einer Kristallart um so geringer wird, je grösser die Konzentration der Lösung ist. Sollte nun die g. W. G. langsam wachsender Flächen rascher mit der Übersättigung anwachsen als die der schnelleren Flächen, würde folgen, dass aus konzentrierten Lösungen flächenreichere Kombinationen und isometrischer Habitus resultieren kann. Das steht mit den eben erwähnten Schlussfolgerungen von SCHUBNIKOW im Einklang.

H. MIERS (158) teilt den Zustand übersättigter Lösungen oder unterkühlter Schmelzen in zwei Stufen ein: in einen „metastabilen“ und „labilen“ Zustand und findet damit interessante Erklärungen für das Entstehen nadelförmiger Kristalle, selbst solcher mit hoher Symmetrieklassenzugehörigkeit. Das dendritische und skelettartige Wachstum ist übrigens besonders häufig untersucht und auf relativ rasch erfolgende Ausscheidung zurückgeführt worden. Über Dendritenbildung siehe auch die Zusammenstellung bei W. KLEBER (147). Es wird hierbei oft an Oberflächenwanderung von Partikeln gedacht. W. SCHMIDT (147) glaubt bei Wolframkristallen folgendes nachweisen zu können:

„Bei hohen Überschreitungen ist die Oberflächendiffusion, die in der Nähe des Gleichgewichtszustandes ordnend in den Wachstumsprozess eingreift, nicht mehr hinreichend wirksam. Dabei kommt es an den diffusionsmässig bevorzugten Stellen des wachsenden Kristalls (Kanten, Ecken) zu extremer Materialanhäufung. Jetzt erst tritt die „Spitzenwirkung“ durch Diffusion in Erscheinung, indem sie nach Art eines autokatalytischen Prozesses den Substanztransport zu den Ecken bzw. Kanten zunehmend steigert“.

Bei all diesen geschilderten Abhängigkeiten der g. W. G. der am Wachstumskörper auftretenden Flächen vom Konzentrationsgrad seiner Mutterlauge ist indessen zumeist die entscheidende Hauptfrage nicht deutlich beantwortet worden: ob nämlich die Reihenfolge der g. W. G. der am wachsenden Kristall beteiligten Flächen mit der Änderung der Lösungskonzentration ebenfalls geändert wird. Die Untersuchungen von A. NEUHAUS (161) am NaCl und diejenigen von K. SPANGENBERG (181) am Alaun haben in bestimmten Bereichen zur Verneinung dieser Frage geführt. Auch H. VATER (193) kommt bei seinen klassischen Studien über die Kristallbildung des CaCO_3 zur Überzeugung, dass der Konzentrationsgrad der Mutterlauge keine bestimmende Wirkung auf den „Krystallflächenkomplex des Calciumcarbonates“ ausübe. Die Rolle der Konzentration beim Kristallwachstum scheint also noch keineswegs eindeutig erklärbar zu sein. Möglicherweise ist ihre Wirkungsfähigkeit recht empfindsam gegenüber anderen Faktoren und Nebenumständen, wie aus dem Hinweis von K. SPANGENBERG (181) geschlossen werden kann, dass für die Ausbildung der Einzelkristalle die Zahl und Art der Wachstumsteilnehmer, die in verschiedenen Entwicklungsstadien keinesfalls identische Kombinationen aufweisen, deshalb besonders wichtig sind, weil davon die „wirksame“ Übersättigung abhängig ist.

Allgemeine Schlussfolgerungen über den Einfluss des Grades der Übersättigung auf die Ausbildung natürlicher Kristalle sind deshalb zur Zeit noch mit grosser Zurückhaltung zu ziehen, doch wird jede Beobachtung dieser Art als statistischer Beitrag wertvoll sein, so z. B. wenn M. FLETCHER (111) linsenartige und säulige Ausbildungen künstlicher Gipskristalle auf den unterschiedlichen Konzentrationsgrad ihrer Mutterlauge zurückführt. Von dem bereits erwähnten rezenten Vorkommen von Barytkristallen bei Stolberg berichtet F. BUSCHENDORF (103), dass die Tropfwässer mit 0,0007 g/l Ba in Lösung gegenüber 0,0033 g/l der Gesenkässer deutlich Ba-ärmer sind, und dass das Ausfallen von BaSO_4 durch den CO_2 -Gehalt der Lösung (0,0031 g CO_2 im Liter Lösung im Tropfwasser und 0,0383 g/l im Gesenk) beeinflusst wird. Beachtlich ist dabei die Konzentrationszunahme im Sammelbecken. BUSCHENDORF führt nun die Bildung der älteren, dünntafeligen Einzelkristalle auf die anfänglich geringe Lösungskonzentration zurück und erst die Erhöhung des Sättigungsgrades hat einen gesteigerten Barytabsatz und damit auch die Neigung zur Aggregatbildung eingeleitet. Die hauptsächlichen Flächenelemente sind aber bei beiden Ausbildungen gleich.

d) Die Zeit als Wachstumsfaktor

Erfolgt die Kristallausbildung infolge Temperaturveränderungen, so wird, wie R. L. PARKER betonte, auch die Grösse des Temperaturgefälles während der Kristallisation einen nicht unwesentlichen Einfluss auf das Wachstum der Kristalle ausüben können. Einmal ist aber dieses Temperaturgefälle eine Funktion der Zeit, zum andern steht die Konzentration einer Lösung in engster Wechselbeziehung zur jeweils herrschenden Temperatur. Auch das Druckgefälle kann mitbestimmend wirken. Unter den Zeitbegriff fallen also wichtige physikalische Zustandsänderungen des Kristallisationsmediums.

Das Wachstumstempo kann meist mit verschiedenen Faktoren gekoppelt sein und wird dann auf den Habitus einwirken.

In der Literatur fehlen Hinweise darauf keineswegs. Nach F. M. JAEGER, P. TERPSTRA und H. S. K. WESTENBRINK (132) bildet geschmolzenes Gallium bei langsamem Wachstum tafelige, flächenarme Kristalle, bei schnellem Wachstum bipyramidale Individuen. Schnellwachsende Kaliumpermanganatkristalle werden prismatisch und flächenärmer (H. O. BUCKLEY (101)). Langsam wachsende Kristalle von Kaliumsulfat sind bipyramidal, schnell entstandene stellen flächenärmere, nach der a-Achse gestreckte Individuen dar (H. O. BUCKLEY (102)).

Die zitierten Beispiele scheinen die oben gestellte Frage in positivem Sinne zu beantworten, wenngleich das Verhalten von Kristallart zu Kristallart Unterschiede erkennen lässt. Man wird dies auch aus der wesentlichen Abhängigkeit der g.W.G. vom jeweiligen Konzentrationsgrad der Mutterlauge erwarten müssen. Schliesslich spielt infolge der Wachstumskinematik (K. SPANGENBERG und O. GUENTHER (181)) auch der Zeitpunkt, in welchem eine Kristallisation beobachtet wird oder zum Stillstand kommt, eine Rolle. K. SPANGENBERG und G. NITSCHMANN (185) untersuchten die Substanzanlagerung und Übersättigung bei verschiedenen Stadien an NaCl-Wachstumskörpern. Bei „echten“ oder vollständigen Kristallflächen, wie der Würfelflächen von Steinsalz, scheint der Bereich „unwirksamer Übersättigung“ (Schwellenwert für den Neubeginn einer (100)-Netzebene) relativ hoch zu sein.

Für die Verfolgung des natürlichen Kristallwachstums ist jedenfalls der Faktor des Wachstumstempo nicht minder wichtig als die Beeinflussungskraft von Konzentration und Temperatur für sich allein. Hinsichtlich Vizinalbildungen und Akzessorien an Aragonit wurden von W. KLEBER (147) folgende Regeln aufgestellt:

Regel 1: Je grösser die Kristalle, desto intensiver ist die Akzessorienbildung.

Regel 2: Je grösser eine Fläche am gleichen Kristall ausgebildet ist, desto intensiver ist die Akzessorienbildung.

Regel 3: Die Lage der vizinalen Begrenzungselemente sind nicht konstant, sondern zeigen eine spezifisch statistische Verteilung um die zugehörige Hauptform.

Regel 4: Im allgemeinen liegen die vizinalen Begrenzungselemente um so weiter vom idealen Flächenpol entfernt, je grösser die Entfernung der Flächenstücke vom „Kristallisationszentrum“ ist.

e) Die Temperatur

Die soeben betrachtete innige Wechselbeziehung von Konzentration und Temperatur eines Kristallisationsmediums veranlasst K. SPANGENBERG (177) zu bemerken, dass manche Erscheinungen, die auf Temperaturunterschiede zurückgeführt werden, im Grunde im verschiedenen Konzentrationszustand der Lösung ihre Ursache haben.

Besonders eindrucksvolle Verschiebung der relativen g.W.G. zeigen die Kristalle von Salol, die H. MOELLER (159) aus Salolschmelzen gezüchtet hat. Ähnlich empfindlich verhält sich Kaliumjodat (A. S. EAKLE (108)), während das isomorphe Rubidiumjodat deutlich träger auf Temperaturveränderung reagiert und Silberjodat überhaupt kaum anzusprechen scheint. Nach A. L. WALCOT (207) sind auch die Kristalle der Nitate von Ba, Sr und Pb habitusempfindlich gegenüber Temperaturveränderungen, so wie das Kaliumperchlorat bei gewöhnlicher Temperatur in rhombenförmigen Kristallen, bei Siedehitze briefcouvertförmig ausfällt. Dagegen beobachtete H. O. BUCKLEY (100) beim K-Al-Alaun nur einen geringen Temperatureffekt.

Für das natürliche Kristallwachstum ist der erfolgreiche Versuch von W. WETZEL (208), Fluorit-Oktaeder auch bei Zimmertemperatur zu gewinnen, ein Beispiel von

besonderer Bedeutung, da es die Ansicht widerlegt, dass der Fluorit bei Zimmertemperatur nur fähig sei, in Würfeln zu kristallisieren. Vor etwa drei Dezennien vertraten nämlich H. SEIFERT (176) und G. KALB (134) die Meinung, dass der Temperatureinfluss auf die Kristallgestaltung weit grösser sei, als allgemein angenommen werde. In der Folgezeit haben nun G. KALB und seine Schüler H. KLOTSCH und L. KOCH unter dem Hinweis auf die Grundgedanken von M. MAUCHER, dass der Kristallhabitus ein Mittel zur relativen Altersbestimmung der Minerogenese sei, eine ganze Reihe wichtiger Mineralien (Feldspat (135), Calcit (137), Apophyllit (138), Hochquarz (139), Olivin und Chrysoberyll (140), Apatit und Beryll (141), Fluorit und Bleiglanz (142), Zinkblende (143) und Baryt (144)) auf die morphogenetische Abhängigkeit ihrer Kristallgestalten von den natürlichen Bildungstemperaturen eingehend untersucht. Zwar ergeben sich daraus statistisch recht wertvolle Zusammenhänge zwischen dem Kristallhabitus und der geomineralogischen Bildungsstufe, die Deutung aber, die man diesen Zusammenhängen in der „minerogenetischen“ Betrachtungsweise der Morphogenese gibt, und die durch die extreme Betonung des Temperaturfaktors sogar zur Schematisierung einer „relativen Alterssukzession“ der Habistypen einer Kristallart bei Abkühlungskristallisation führt, muss deshalb verwirren, weil ein solches Vorgehen die fundamentalen Wachstumsgesetze der Kristalle in der Natur allzu sehr simplifiziert und dazu neigt, lokale Eigenheiten von Lagerstätten zu verallgemeinern. Es kann niemals der Temperaturzustand allein sein, der die Bildungsphase einer Minerallagerstätte charakterisiert. In einem pneumato-hydatogenen Bildungsraum wird nicht nur die hohe Temperatur, nicht nur die Konzentration, sondern auch vor allem der stoffliche Gehalt der Mutterlauge beim Gestaltungsprozess der in ihr wachsenden Kristalle mitbeteiligt sein und ihre Kräfte werden sicherlich in einem ganz anderen Verhältnis zur Geltung kommen als in dem temperaturgemilderten hydrothermalen Bildungsbereich oder gar in der hydrischen Phase, wo nicht nur die Intensität etwa der Konzentration, sondern auch der stoffliche Gehalt ein grundsätzlich anderer sein kann. Auf dieser fundamentalen umfassenden Differenziation baut sich auch die Lagerstättensystematik auf (z. B. W. LINDGREN (6) und P. NIGGLI (7)). Wenn selbst das Temperaturgefälle in niederen Bereichen einen steigenden Einfluss ausüben kann (M. HENGLEIN (130)), so darf mit dem Abgleiten der Temperatur die gleichzeitig erfolgende Änderung der Lösungsgenossen im Bildungsraum nicht übersehen werden. Zu der „minerogenetischen“ Betrachtungsweise der natürlichen Morphogenese der Kristalle ist daher bald auch die „paragenetische“ getreten. Damit ist wenigstens das Untersuchungskonzept des Wachstums natürlicher Kristalle auf einen Faktor ausgedehnt worden, der im folgenden Abschnitt als einer der wichtigsten diskutiert werden soll.

f) Die Lösungsgenossen

Seit HAUY den Habituswechsel der NaCl-Kristalle in Harnstofflösungen beobachtet hat, ist das Wesen des Einflusses der Lösungsgenossen auf die Kristallausbildung Gegenstand ernsthafter Forschung geworden. Aber je mehr sich die Erkenntnisse vertiefen, desto verwirrender wird die Fülle von Tatsachen, die noch keine allgemeine Regeln, keine Möglichkeiten der Zusammenfassung der Einflüsse der Lösungsgenossen zeigen (A. KOERBS (150)). Man kann zur Erklärung solchen ausserordentlich variablen, ja individuellen Verhaltens der Lösungsgenossen gegenüber einem Kristallwachstumskörper naheliegenderweise komplexe gegenseitige Wechselwirkungen zweier oder mehrerer Aussenbedingungen annehmen (F. GILLE und K. SPANGENBERG (125)), aber darüber hinaus kommt es offensichtlich auch auf die Natur der Lösungsgenossen an, aus der sich die Art

der Wachstumsbeeinflussung ergibt. Nach K. SPANGENBERG gibt es drei extrem verschiedene Arten von Lösungsgenossen, solche, die die Reaktionsgeschwindigkeit, solche, die nur die Diffusionsgeschwindigkeit, und schliesslich solche, die beide zusammen beeinflussen. Zwischen allen dreien gibt es alle Grade von Übergängen. F. GRIESING (127) kommt statistisch zu dem Resultat, dass etwa die Hälfte aller den Kristallhabitus beeinflussenden Lösungsgenossen Komplexionen in der Lösung hervorrufen. Vor allem Farbstoffe und andere kolloide Substanzen wirken durch ihre Adsorption auf verschiedene Flächen in verschiedenem Grade wachstumshemmend (J. DEDEK u. J. NOVAJEK (105) und E. LASH u. W. G. FRANCE (152)). Eine dritte Möglichkeit morphologischer Einflussnahme ist nach GRIESING gegeben, wenn Lösungsgenosse und Kristallsubstanz das Kation oder das Anion gemeinsam haben. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich bei Doppelsalzen (H. GERHART (123, 124)). Auch Hydratation der Ionen wird angenommen und die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass selbst das reine Kristallisationsmedium die Rolle eines Lösungsgenossen übernehmen kann (CH. H. SAYLOR (171)).

Dass der wachsende Kristall selbst strukturbedingtes verschiedenes Verhalten der Wachstumsfläche darbietet, dass Komplexionen oft auf uneigentliche Wachstumsflächen stärker zu wirken vermögen, hat P. NIGGLI (162) schon im Jahre 1920 gezeigt. Seine Untersuchungen zwischen Wachstumsformen und Struktur der Kristalle, zunächst an einfachen Strukturtypen ausgeführt, führten zu der Schlussfolgerung, dass das Kausalproblem des Kristallwachstums ein valenz- oder kombinationschemisches ist. Auch die spezifische Natur der Adsorption glauben F. G. KEENEN und W. G. FRANCE (146) auf Grund ihrer Untersuchungen mit kolloiden Lösungsgenossen auf die valenzchemischen Eigenschaften der Kristallflächen zurückführen zu können, da sich nur Adsorptionserscheinungen auf gleichatomigen Grenzebenen zeigen. Den verschiedenen Habitus isomorpher Substanzen aus reiner Lösung erklärt SAYLOR (s. o.) mit der Adsorption von Molekülen der Mutterlauge. H^+ und $(OH)^-$ werden im allgemeinen stärker aufgenommen als andere Ionen, wobei den Kristallisationen aus sauren und alkalischen Medien ein entscheidendes Verhalten für die gesamte Adsorption an Kristallgrenzebenen zugesprochen wird.

Eine auffallende Verschiedenheit der Wirkung bei allem ursächlichen Zusammenhang zwischen Komplexionenbildung in der Lösung und der Veränderung der relativen g. W. G. der Kristallflächen von NaCl wird von K. SPANGENBERG (178) auf den Umstand zurückgeführt, dass einmal das Kation der kristallisierenden Verbindung (also Na^+) als Koordinationszentrum der Komplexverbindung figuriert, bei andersartigen Lösungsgenossen aber das Anion (Cl^-) lediglich einem fremden Koordinationszentrum angehört. Lösungsgenossen der I. Art sind z. B. Formamid, Harnstoff, Alkohol u. a., solche II. Art Schwermetallchloride (s. auch P. P. ORLOW (165) und A. KOERBS (150)).

Für die Beeinflussung der Wachstumsformen der Alaunkristalle ist es nach P. ZEMJATSCHENSKY (214) entscheidend, ob mit der Gegenwart eines Lösungsgenossen auch eine chemische Reaktion mit der Alaunsubstanz verbunden ist. Wahrscheinlich seien labile basische Aluminiumsulfatverbindungen für die hexaedrische Entwicklung von Alaunkristallen verantwortlich. Die gleiche Reaktionswirkung ergebe sich, wenn met. Kupfer, aber auch Zn, Mg, Al in gesättigter Alaunlösung aufgelöst werde. Der Habituswechsel gehe vom Oktaeder über das Kubooktaeder bis zur reinen Würfelform. H. O. BUCKLEY (100) bestätigt die Beobachtungen über die spezifisch alkalische Beeinflussungskraft und findet ferner, dass ein Zusatz von bestimmten organischen Verbindungen (z. B. auch Harnstoff) die Ausbreitung von Rhombendodekaederflächen fördert, während Chloride und Säuren den gegenteiligen Effekt erzeugen.

In ähnlicher Weise werden nach P. GAUBERT (119) auch die Kristalle der Meconsäure durch Lösungsgenossen nach zwei Arten beeinflusst. Der gleiche Autor (117 und 120) berichtet über die Wirkung verschiedener Lösungsgenossen auf Kristalle von Bleinitrat. Harnstoffnitrat wird durch Farbstoffe in seinem Kristallhabitus verändert. Schliesslich gibt GAUBERT (121) noch ein interessantes Beispiel für den Einfluss von Lösungsgenossen auf die Zwillingsbildung durch seine Untersuchungen mit Harnstoffoxalat bekannt, das in reinen Lösungen niemals Zwillinge bildet.

Die klassischen Untersuchungen von H. VATER über die Beeinflussung der Wachstumsformen der Calcitkristalle (197—204) haben bestätigt, dass das Einheitsrhomboider oft den Habitus des aus kohlensaurer Lösung bei niedriger Temperatur auskristallisierenden Calcits verkörpert. Sie haben aber auch zu den gerade für die natürlichen Vorkommen überaus wichtigen Feststellungen geführt, dass ein bestimmter Habitus sich unter verschiedenen Entstehungsbedingungen bilden kann und dass die einzelnen Lösungsgenossen je nach der Menge, in der sie in der Lösung enthalten sind, verschiedene Einflüsse auf die Kristallgestaltung ausüben. Der Erkenntnis, dass gemeinsam anwesende Lösungsgenossen sich wenigstens teilweise gegenseitig in der Wirkung kompensieren können, stellt sich die Beobachtung von P. GAUBERT (119) zur Seite, dass diese sich in ihren Einzelwirkungen addieren können. Ein schönes Beispiel bietet nach K. MAHL (155) das Verhalten boraxhaltiger Lösung auf die Kristalle von Bittersalz. Ein Zusatz von Schwefelsäure neutralisiert deren Wirkung wieder vollständig.

Schon VATER hat erkannt, dass isomorph und nicht isomorph beimischbare Lösungsgenossen verschiedene Effekte an den Wachstumsformen des Calcits hervorrufen.

H. VATER, P. GAUBERT (117) und O. MASCHKE (156) betrachten die Gipskristalle der einfachen Kombination $\langle 010 \rangle \cdot \langle 110 \rangle \cdot \langle 101 \rangle$, von langprismatischem Habitus, als die in zusatzfreier Lösung und von Lösungsgenossen unbeeinflusst gewachsene Kristallgestalt. Wie schon VATER (205) experimentell herausgefunden hatte, konnte H. BUCHRUCKER (99) an den Gipskristallen aus Salzsolebehältern der Salzsaline Dürheim (Süddeutschland) bestätigen, dass Gips in NaCl-haltiger Mutterlauge einen säulenförmigen Habitus mit der Kombination $\langle 010 \rangle \cdot \langle 110 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$ annehmen kann. Durch die Freundlichkeit von Herrn Direktor H. BLATTMANN, Zürich, gelangte ich vor kurzer Zeit in den Besitz völlig analoger Gipskristalle aus der waadtländischen Salzmine Bex. G. HAEFELE (34) berichtet über formgleiche Gipskristalle aus basaltischem Andesit vom Stromboli, deren Entstehung allenfalls mit der Gegenwart von Chloriden in Verbindung steht. Wohl auf einen Wechsel in der Zusammensetzung der Mutterlauge sind die verschieden gefärbten drei Habustypen von Gipskristallen aus den Salzgärten der alluvialen Küstenebene in Peru zurückzuführen (H. SUTER (44)).

Der „Salztyp“ mit der Kombination $\langle 010 \rangle \cdot \langle 110 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$ findet sich bekanntlich auch an den ausserordentlich schönen, wasserhellen Gipskristallen aus dem graublau geflammten, mitteloligocänen Septarien von Wiesloch (Baden) (WAGNER-KLETT (5)). Zeitlich legt H. HIMMEL (35) 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 (A. GELLER (122)). Die Frage liegt deshalb nahe, ob in diesem Zeitpunkt der Entstehung nicht doch die mitsedimentierten, noch nicht weggeführten Meeressalze die Rolle eines wirkungsvollen Wachstumsfaktors gespielt haben könnten. — Aus Gipshöhlen in kretazischem Kalk von Mexiko beschreibt W. F. FOSHAG (29) zwei verschiedene Typen riesiger Kristalle.

G. SPEZIA (187) bestätigt durch Versuche am Quarz, dass die Anwesenheit von NaCl

einerseits wasserhelle Kristalle erzeugt und andererseits die Bildung von Trapezoederflächen begünstigt. Auch W. A. TARR und J. N. LONSDALE (46) sehen im pseudokubischen Habitus der Quarzkristalle von Artesia (New Mexico) die Wirkung von alkali- oder Mg-reichen Lösungen.

K. OBENAUER (164) macht in erster Linie Lösungsgeossen für den Habitus der Galenitkristalle verantwortlich. Er weist darauf hin, dass die strukturelle Eigenheit des Bleiglanzes einerseits und des Fluorits andererseits in der Beziehung zur Paragenese sich gegenteilig auszuwirken scheint. In carbonatischer Lösung kristallisiert nämlich Galenit oktaedrisch, Fluorit hexaedrisch, um nur ein Beispiel zu nennen, das aber vom kristallchemischen Standpunkt aus durchaus begreiflich ist. — P. GAUBERT (117) und J. KÖNIGSBERGER (149) sehen im wechselnden Bild des Habitus des Pyrits die Wirkung von Lösungsgeossen. — Von eindrucklicher Deutlichkeit zeigt sich die Abhängigkeit von der Paragenese bei Azuritkristallen der Tsumeb-Mine in Südwestafrika (O. ZEDLITZ (213)). Auch der Kassiterit ist mehrfach auf die Beeinflussung seiner Kristalle durch Lösungsgeossen untersucht worden (künstlich: A. ARZRUNI (92), J. H. L. VOGT (206), H. HIMMEL und MARY PORTER (36); natürlich: H. TERTSCH (190)). Dagegen hält F. AHLFELD (89) die Abhängigkeit der Kristalltypen des Zinnsteins von der Bildungstemperatur für wahrscheinlicher.

Nach J. KÖNIGSBERGER (149) zeigt Anatas gleichzeitig mit der Farbänderung recht deutliche Änderungen seines Habitus und seiner Formenkombinationen. Im Referatenteil der *Ztschr. f. Kris.*, Bd. V, 1935, R 246, deutet jedoch H. SEIFERT unter Hinweis auf die Arbeit von R. L. PARKER die Habitusausbildung des Anatas minerogenetisch in Abhängigkeit von der Bildungstemperatur — J. KÖNIGSBERGER führt ferner gewisse Variationen alpiner Hämatitkristalle auf wechselnden Ti-Gehalt zurück. Andererseits aber wird auch Rutil von Hämatit als Lösungsgeossen beeinflusst, wie auch Carbonate als Begleiter ihre besondere Wirkung an der Gestaltung der Rutilkristalle zeigen (z. B. Rutil vom Lengenbach im Wallis). — F. SIGRIST (177) hat die ausgezeichnet differenziert gefärbten „Wachstumsbereiche“ der Flächen der Kristalle des Brookits vom Maderanertal und ihre Ausgestaltung zu verschiedenen Formentypen zum Anlass genommen, die Wachstumsgeschichte der Brookite zu verfolgen. Zur Veränderung der Formentypen war auch eine Änderung der relativen g.W.G. der einzelnen Flächen notwendig, die wiederum ihre Ursache in der reellen Veränderung des Chemismus der Lösung hatte, wodurch der Kristallhabitus ausschlaggebend beeinflusst worden ist. Da die einfachsten Wachstumsbereichformen in den Brookiten auch am häufigsten auftreten, wird normalerweise die relative Konzentration der aktiven Lösungsgeossen in der Kluftlösung während der Wachstumsperiode des Brookits kaum eine wesentliche Änderung erfahren haben. Dass weniger mehrfache Druck- und Temperaturveränderungen als tatsächliches Variieren der Zusammensetzung der Mutterlauge während der Brookitbildung anzunehmen ist, schliesst SIGRIST aus der verschieden starken Färbung und Adsorption der Wachstumsbereiche bestimmter Flächen an Brookiten, vor allem solcher, die einen Habituswechsel durchgemacht haben.

Baryt leitet durch seine kristallographische Verwandtschaft über zu dem im nächsten Abschnitt zu betrachtenden Verhalten der Kristalle des Coelestins gegenüber den Wachstumsfaktoren. Von der Barytgruppe hat der Baryt den grössten Formenreichtum und auch in bezug auf die Habitusvariabilität steht er an erster Stelle. In seiner Monographie über die Erscheinungsformen der Barytkristalle unterscheidet F. BRAUN (97) 7 Haupttypen der Wachstumsformen des Schwerspathes. Im Gegensatz zu G. KALB und L. KOCH (144) gibt BRAUN den paragenetischen Gesichtspunkten den Vorzug. Der Autor weist auf die

Vermutung von TERTSCH hin, die in dessen Buch „Trachten der Kristalle“ (Berlin 1926) ausgesprochen ist, dass gewisse Baryte von Przibram einen Habituswechsel durch Veränderung der Zusammensetzung der Mutterlauge erfahren haben und beschreibt einen gleichartigen Fund, der einen markanten Habitus- und Kombinationsunterschied beim Übergang von kieselsaurer zur sulfidischen (Chalkopyrit-)Paragenese erkennen lässt, und der ihn zur Überzeugung führt, dass Morphogenese und Paragenese in einer bestimmten Beziehung zu einander stehen, „so dass man geradezu mit wechselnder Paragenese eine wechselnde Tracht beobachten kann“. BRAUN stellt seine sieben Habustypen in den gesamten Bildungsbereich des Baryts von der hydrothermalen bis zur hydrischen Phase und ordnet in groben Zügen nach drei Ausscheidungsperioden. Es ergeben sich in der ersten Kristallisationsphase charakteristische „Erztypen“, in der zweiten sind Gangminerale, wie Carbonate, Quarz etc. Begleiter bestimmter Kristallausbildungen. Schliesslich wird in der hydrischen Bildungsphase jener nach der c-Achse säulig gestreckte Baryttyp eingereiht, der wegen seiner abweichenden Ausbildung ursprünglich als besondere Mineralart gehalten und Wolnyn benannt wurde. Die Bildung des Wolnyns unter hydrischen Bedingungen bei niedriger Temperatur wird u. a. auch von M. HENGLEIN (130) und von G. KALB und L. KOCH (144) bestätigt. S. KORITNING (38) gibt mit der Beschreibung der Barytkristalle vom Magdalenenberg in Kärnten ergänzende Beispiele zur Typisierung durch F. BRAUN.

Wenn man nun aber den von F. BUSCHENDORF (103) beschriebenen rezenten Baryt von Stolberg, dessen hydrische Bildung exakt genug beobachtbar war, diesem Typenschema einzufügen sucht, wird man auf Schwierigkeiten stossen und sich fragen müssen, ob diese Schematisierung nicht doch allzu sehr an besonders günstige Beispiele ausgereifener Lokalitäten gebunden ist. Es fehlt ihr nicht nur die Universalität für die Mineralart Baryt, sondern auch noch eine umfassende statistische Unterlage. Sind daher angesichts der heute noch ausserordentlich schwierigen Deutungsmöglichkeiten des natürlichen Kristallwachstums solche Schematisierungsversuche der Morphogenese der Mineralkristalle nicht doch noch recht verfrüht?

Zur weiteren Abklärung ist es besonders erwünscht, in Einzelfällen der vermutlichen Ursache dieser Habitusbeeinflussung durch Lösungsgenossen oder adsorbierbaren Färbemitteln nachzugehen. Dabei werden stereochemische Überlegungen eine wichtige Rolle spielen müssen. In dem pg. 98 zitierten Diskussionsbeitrag der *Faraday Society* hat z. B. B. RAISTRICK die Stabilisierung der Übersättigung von CaCO_3 -Lösungen durch kettenartige Phosphatmoleküle untersucht. H. E. BUCKLEY hat den strukturbedingten Einfluss verschiedener als Vermengungen bezeichnete Lösungsgenossen erneut behandelt und auch auf die Parallelverwachsungen und die innere dendritische Struktur aufmerksam gemacht. A. BUTCHART und J. WHETSTONE benutzten besonders organische Farbstoffe zur Erzeugung von Habitusveränderungen einer Ammoniumnitratmodifikation. Auf die Möglichkeit der das Wachstum beeinflussenden Baufehler durch eingeschlossene Fremdkörper machte A. JULIARD aufmerksam. Wie durch Bestrahlungen eine Unordnung im Kristall erzeugt werden kann, untersuchte FR. SEITZ.

g) Der Druck

Im allgemeinen wird der Druck als Faktor der Kristallwachstumsbeeinflussung selten berücksichtigt (E. BRANDENBERGER (95), K. SPANGENBERG (181)), „da sein Einfluss auf das Gleichgewicht fest-flüssig verschwindend gering ist“ (J. J. VALETON (195)). P. PAVLOW (162) stellt sich allerdings dazu in Gegensatz und spricht der allseitigen wie

der einseitigen Druckwirkung gewisse Einflussmöglichkeiten zu. Experimentelle Untersuchungen sind noch recht spärlich. G. SPEZIA (186) kommt bei Versuchen an Quarzplatten zum Schluss, dass der allseitige Druck bei deren Auflösbarkeit nur eine untergeordnete Rolle spielt. Wesentlich wichtiger wird der einseitige Druck sein. Auch bei den natürlichen Vorkommen werden die Möglichkeiten der Druckeinwirkung auf die Kristallgestaltung zurückhaltend diskutiert und im allgemeinen mit dem Faktor Temperatur in Verbindung gebracht.

Schlussendlich seien noch der Vollständigkeit halber die Untersuchungen über die Einflussmöglichkeiten des Lichtes (M. TRAUTZ und A. ANSCHÜTZ (192)), des Radiums (L. FRISCHAUER (114)) und des Magnetfeldes (G. RASIO (170)) auf die Morphogenese der Kristalle erwähnt, deren Ergebnisse zumal für das natürliche Kristallwachstum im allgemeinen unwesentlich sind. Dagegen sei hervorgehoben, dass möglicherweise die Lumineszenzerscheinungen als ein zukünftiges Hilfsmittel des Nachweises der Aussenbedingungen des Wachstums der Mineralkristalle Beachtung verdienen. Die Diskussionen über dieses Problem (z. B. A. POCHETTINO (27), W. WITTEBORG (211)) führen über minerogenetische Gesichtspunkte erwartungsgemäss zu Erkenntnissen paragenetischer Beziehungen zwischen Lumineszenz und Kristall (F. HEGEMANN und H. STEINMETZ (129)), und A. KÖHLER und H. LEITMEIER (37) schliessen daraus, dass sowohl Habitus wie Lumineszenz von Mineralkristallen von der Zusammensetzung der Ausgangslösungen abhängig zu sein scheinen.

Kehren wir nach diesen skizzenhaften Bemerkungen über die Frage der Habitusbeeinflussung der Kristalle wieder zur mehr statistischen Behandlung einer Mineralart zurück, da derartige Bearbeitungen zunächst am notwendigsten erscheinen.

3. DIE MORPHOGENESE DES COELESTINS

Wie schon im I. Teil dieser Arbeit (pg. 127—134) erwähnt ist, stellt W. SCHILLY (77) in grober Einteilung für den Coelestin folgende drei Hauptausbildungstypen fest: den tafeligen, den säuligen und den Übergangstyp. Sieht man von dem Versuch ab, diese Typen nach der „minerogenetischen“ Alterssukzession zu ordnen, so ist der Arbeit von SCHILLY zu entnehmen, dass sowohl der tafelige wie der Übergangstyp ebenso auf Erzlagerstätten wie in Sedimenten angetroffen werden kann und selbst der säulige Habitus kommt mit Sedimentmineralien und mit Sulfiden (jedoch bezeichnenderweise auf Schwefel- und auch Salzlagerstätten) vor. Fast immer ist dabei Coelestin das jüngste Mineral. Im Zusammenhang mit dem relativ engen natürlichen Bildungsbereich des Coelestins sind die Paragenesen, in denen das Strontiummineral auftritt, im allgemeinen recht mineralarm. Im Vergleich mit den von F. BRAUN (s. pg. 108) aufgestellten Kristalltypen des Baryts stellt SCHILLY fest, dass der tafelige Coelestintyp den „minerogenetisch älteren“ tafeligen Baryttypen entspreche, und dass der säulige Coelestin genau wie der säulige Baryt das Resultat „minerogenetisch jüngerer“ Bildungsstände sei. Wenn säulige Coelestinkristalle neben tafeligen auftreten, sei dies auf mehrfache Wiederauflösung und Wiederausfällung des SrSO_4 zurückzuführen.

Wie SCHILLY die Morphogenese des Coelestins sieht, wird es somit schwer halten, die Einteilung der Kristallgestaltung des Coelestins den genetisch verschiedenen Naturvorkommen in Parallele zu setzen, da (ausser für den säuligen Typ) bei der recht summarischen Betrachtungsweise keine charakteristischen Beziehungen zum Muttergestein oder

Tabelle 21. *Die Morphogenese des Coelestins*
Eine tabellarische Zusammenstellung nach der Literatur

Lit. Nr.	Lokalität	Habitus	Hauptformen	Zonen	„Lokalformen“	Begleitmineralien (Paragenese)
In magmatischen Bildungen:						
51	Kaiserstuhl (Baden)	{ tafelig säulig (a-Achse)	{ 001, 210 011, 001, 100 }	—	—	Auf Zeolithen
52 } 71 }	Montecchio Maggiore	{ tafelig säulig (b-Achse) u. prismatisch	{ 001, 101, 011 210, 011 }	010, 100, 011	0.1.12, 010, 314, 121	
Auf Erzlagerstätten und im Bereich hydrothermaler Bildungen:						
54	Leogang (Österreich)	{ tafelig prismatisch (c-Achse) säulig (a-Achse)	{ 001, 101, 011, 210 210, 312, 001, 011 011, 210, 001, 122, 100 155, 122 }	010, 100 — — 111	0.1.10, 0.1.20 100 122 155, 122, 312	Dolomit und Sulfide Dolomit und Sulfide Dolomit, sulfidfrei Dolomit, sulfidfrei
83	Scharfenberg (Sachsen)	{ säulig (blau) pseudopyramidal (braun)	{ 001, 011, 101, 211 011, 101, 255, 001 }	010	100, 255, 512, 904	(Fe)
79	Baltschiederthal (Schweiz)	{ tafelig säulig (a-Achse)	{ 001, 210, 211 011, 100, 101 }	—	100	{ Dolomit, Quarz, Fluorit, Calcit, Adular, Anatas }
Auf Schwefellagerstätten:						
69	Strongoli (Calabrien)	nach der a-Achse gestreckt	011, 101, 100	011	311	S, Gips, Calcit
80	Modane	nach der a-Achse gestreckt	011, 210, 001, 101	—	—	S
49	Conil	langprismatisch (a-Achse)	011, 210, 001, 100	—	100, 010	S
49	Moron	dicksäulig (a-Achse)	210, 011, 001, 101	—	112	S
70	Cà Bernardi	tafelig, nach der a-Achse gestreckt	001, 210, 102, 101	100, 010	0.1.12	S, Gips
86	Grottacalda	tafelig	001, 011, 102	100, 010, 111	017, 019, 100, 213, 314	S
86	Tumminelli	säulig (a-Achse)	011	010	1.0.17	S
68	Poggio Orlando	prismatisch (a-Achse)	011, 101, 210, 001	100	019, 627	S, Calcit, Gips, Aragonit
78	La Perticara	tafelig bis prismatisch (a-Achse)	011, 001, 102, 101	120, 010, 100	4.0.11; 407; 477; 212; 213; 312; 121; 110	Coelestin jünger als Calcit, älter als S, Gips, Asph.
47	Romagna		001, 210, 011, 101, 102	010, 100, 001, 011, 120, 111	430; 110; 407; 213; 112; 312; 414; 0.1.12	S, Calcit, Gips, Aragonit, Asphalt
Auf Gipslagerstätten:						
40	Pariser Becken	{ pyramidal isometrisch	{ 011, 233 233 210, 101 }	—	233, 100	Primärer Gips, Calcit, FeS ₂
33	Günsberg (Schweiz)	? tafelig	001, 210, 101, 102, 211	100	0kl	Calcit, Quarz

Auf Klüften und Hohlräumen von Sedimenten:

59	Cluj (auf Klüften) Cluj (in Drusen) (Rumänien)	tafelig bis fast isometrisch säulig (a-Achse) bis dicktafelig	001, 101, 011 011, 001, 210, 101	010 010	111 —	Calcit, Pyrit ($\langle 111 \rangle$), Gips Calcit, Pyrit ($\langle 100 \rangle$), Gips, Sphalerit
33	Reuchenette (Schweiz)	säulig (a-Achse)	011, 001, 101, 210	—	—	Calcit
33	Hauenstein-Basis- tunnel (Schweiz)	dicktafelig bis säulig (a-Achse)	001, 210, 011, 101, 102	010	—	Calcit
48	Girshagen	prismatisch (c-Achse)	210, 011, 101	—	100, 212, 421, 632, 122	Gips
87	Mineral County (U.S.A.)	pyramidal	122, 100, 101	—	122	Gips, Calcit ($\langle 10\bar{1}0 \rangle \cdot \langle 01\bar{1}2 \rangle$)
76	Kasan	prismatisch (a-Achse)	011, 001, 210, 101	010, 100	100, 112, 021	Gips, Quarz, Calcit, Chalcedon, Quarzin
53	Monte Viale	prismat. (b-Achse) bis tafelig	101, 001, 210, 011	010, 100, 120	0.1.16, 217, 219, 414	
56	Mokattam (Ägypten)	prismatisch (a-Achse)	011, 210, 101	—	276, 475	
57	Abou-Roach (Ägypten)	nach der b-Achse gestreckt	102, 101	010, 100	0.1.14	
63	Häring (Tirol)	{ säulig (a-Achse) pyramidal bis tafelig }	{ 011, 100, 001, 210 001, 211, 14.5.0 }	001	14.5.0	Calcit, Quarz
85	Marienstein in Bayern	{ prismatisch (c-Achse) säulig (a-Achse) }	{ 310, 210, 312, 211 011, 100, 101 }	001, 011 —	312, 310 100	In Drusen eines Mergels mit Calcitskalenodern
81	Brousseval (Frankreich)	{ säulig (a-Achse) tafelig (nach der a-Achse gestreckt) }	{ 011, 122, 155 001, 011, 101, 211 }	011	155, 122	
82	Ville-sur-Saulx (Frankreich)	{ säulig-spiessig (a-Achse) prismatisch (a-Achse) }	{ 155, 101, 122 011, 122, 001 }	011	155, 122	
62 67	Lüneburg (Nord- deutschland)	{ tafelig säulig (a-Achse) säulig (b-Achse) }	{ 011, 101, 210, 011 011, 001, 210 101, 001, 011 }	100	155, 122 235, 475	
49	Coimbra	tafelig bis säulig	001, 101, 210, 011	010	111	Calcit
84	Saratow (Russland)	nach der a-Achse gestreckt	011, 277	—	277	
65	Württemberg	tafelig bis säulig	001, 011, 210	—	—	
33	Nieder-Schönthal (Schweiz)	{ dicktafelig bis isometrisch rhombische Tafeln }	{ 001, 210, 011, 101, 102 001, 210, 011, 101 }	010, 011 —	111 —	Calcit (Skalenoeder), Dolo- mit, Pyrit ($\langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$; $\langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$; $\langle 210 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$)

zu Begleitmineralien erkannt werden können. Schwierig wird es, SCHILLY zu folgen, wenn er auf dem verwirrenden Wege der „minerogenetischen“ Deutung versucht, die Hauptausbildungstypen der Baryt- und Coelestinkristalle in ihrer Alterssukzession schematisch gleichzusetzen, obwohl die Bildungsbereiche beider Mineralien keineswegs immer übereinstimmen. Schon angesichts des verschwenderischen Reichtums der Habitusvariationen des Herznacher Coelestins, wie er sich nach der Beschreibung im I. Teil dieser Arbeit präsentiert hat, wird man es als nicht ungefährlich einschätzen, der von G. KALB (s. pg. 104) eingeführten minerogenetischen Simplifizierung des Kristallwachstums in der Natur nach dem Beispiel von SCHILLY speziell für den Coelestin eine bestimmende Beweiskraft zuzuerkennen.

Es schien daher geboten, selbst eine Auswahl von Coelestinlagerstätten auf die Eigenheit des Kristallwachstums des Coelestins zu prüfen und in Tabelle 21 (pg. 110/111) übersichtlich zusammenzustellen. Schon rein statistisch erhält man den Eindruck, dass selbst auf einer einzigen Lagerstätte eine ausserordentliche Typenmannigfaltigkeit des Coelestins auftreten kann (s. z. B. Tab. Lit.-Nr. 52, 71, 54, 85, 81, 82, 62). Diese Vielheit der Kristallgestaltung entwirrt sich jedoch keineswegs, wenn sie nach morphogenetischen Gesichtspunkten untersucht wird. Dabei scheint die Schwefel- (und in gewissem Sinne auch die Gips-)Paragenese diejenige zu sein, die in der säuligen Ausbildung des Coelestins noch am offensichtlichsten eine gewisse Habituskonstanz verrät. Ein ungleich bunteres Bild der Coelestinmorphogenese zeigt die Gesamtaufstellung nach hydrothermalen und hydrischen Bildungsarten. Zwar ist festzustellen, dass analoge Habitus- und Formenkombinationen in den Tabellenreihen sehr oft wiederkehren. Doch fällt diese repetierende Gleichartigkeit nicht mit den genetisch einigermaßen definierten Lagerstättengruppen zusammen, sondern verteilt sich scheinbar regellos auf das ganze Existenzfeld des Coelestins. Die Grundtypen finden sich nicht nur unter verschiedensten Bildungsbedingungen, auch ihre Variationen treten in ähnlicher Art an verschiedenen Fundpunkten wieder auf. Allgemeine Zonenentwicklungstendenzen verraten nach der Tabelle kaum irgendwelche morphogenetische Klassierungsmöglichkeiten. Desgleichen enttäuscht die Prüfung der „Lokalformen“ (Kolonne 5 der Tabelle) auf Zusammenhänge mit der Art des Vorkommens, wenngleich es auffällt, dass z. B. der von der Bipyramide x(122) erzeugte bipyramidale Habitus in Brousseval (81), Ville-sur-Saulx (82), Mineral County (87) und als Typ 3 in Leogang (54) ziemlich übereinstimmend vorkommt, während die Bipyramide <233> für das Pariser Gipsbecken habitusbestimmend erscheint.

Alles in allem vermag das bunte Bild der Kristallgestaltung des Coelestins, das sich in der Tabelle widerspiegelt, noch keine richtunggebenden Schlüsse zu erlauben. Überdies sind ja die gegebenen älteren Daten kaum nach den Gesichtspunkten moderner Kristallwachstumsforschung natürlicher Lagerstätten gewonnen worden. Dagegen lässt die sich wirr überschneidende Habitusvariabilität eine hohe Reaktionsempfindlichkeit des Kristallwachstums des Coelestins erahnen, die deshalb eine besondere Bedeutung besitzt, weil ja die Zahl der mit Coelestin vergesellschafteten Mineralien recht gering und der natürliche Bildungsbereich des SrSO_4 verhältnismässig eng auf niedere Temperaturgebiete begrenzt erscheint. Man wird daher gerade beim Coelestin in der Beurteilung der Kristallwachstumsbedingungen besondere Vorsicht walten lassen müssen. Jede übereilte, oberflächliche Schematisierung wird eher vom Ziel wegführen, und es wird des gedulden Zusammentragens statistisch brauchbaren Materials bedürfen, um aus einer Grosszahl von Detailbeobachtungen eine Vergleichsbasis für die jedenfalls sehr subtilen Wachstumsreaktionen der Coelestinkristalle zu schaffen.

Zum Schlusse seien noch einige Experimente zur Herstellung künstlicher Coelestin-

und auch Barytkristalle kurz erwähnt, obwohl die dabei zugrundegelegten Bildungsbedingungen kaum jemals in der Natur verwirklicht sein werden (A. DE SCHULTEN (175), P. GAUBERT (118), A. GORGEU (125), L. BOURGEOIS (94)). An den Versuchen von GAUBERT ist die Beobachtung interessant, dass bei langsamer Entstehung der Coelestin- und Barytkristalle das Pinakoid $a\langle 100 \rangle$ auftritt und eine gewisse Bedeutung erlangen kann. Auch die Entstehung des prismatischen Habitus nach $d\langle 101 \rangle$ aus Cl-haltigen Medien (A. GORGEU) scheint belegt zu sein. Bemerkenswert ist in diesem Falle das hierbei zutagegetretene ähnliche Wachstumsverhalten der Kristalle von SrSO_4 und BaSO_4 .

4. ZUSAMMENFASSUNG

Im vorstehenden Kapitel des II. Teiles dieser Arbeit wird das Problem des Kristallwachstums unter spezieller Berücksichtigung natürlicher Verhältnisse vornehmlich an Hand von Literaturangaben skizziert. Mit Rücksicht auf die Herznacher Minerallagerstätte wird der Morphogenese der Kristalle des Coelestins besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Das Resultat dieser Untersuchungen kann in folgenden Sätzen zusammengefasst werden:

1. Bei allen Fortschritten, die die Erforschung des Kristallwachstumsprozesses in den letzten Jahrzehnten zu verzeichnen hat, bleibt das Kausalproblem des variablen Kristallwachstums noch ungelöst. Auch die strukturgebundenen, elementaren Aufbauprozesse erweisen sich als Komplexe von sich überschneidenden und sich gegenseitig beeinflussenden Einzelvorgängen, deren Ablauf zudem ausserordentlich empfindlich auf die Einflussfaktoren der äusseren Wachstumsbedingungen reagiert.

2. Diese Aussenbedingungen des Kristallwachstumsprozesses sind zumal für das natürliche Kristallwachstum von besonderer Wichtigkeit. Ihre sichtbaren Einflüsse auf Habitus und Formenkombinationen der Kristallarten, Indizien der Entstehungsbedingungen der Minerallagerstätten, sind gleicherweise wie die Aufbauvorgänge der inneren Sphäre von grösster Mannigfaltigkeit. Die Einzelfaktoren wirken aber offensichtlich sehr ungleichartig. Konzentration und Temperatur, Lösungsgenossen, Kristallstrukturfaktor und oft damit verbundenes Kristallisationstempo scheinen eine besondere Tiefenwirkung auf die Wachstumskörper auszuüben. Im einzelnen ist ihre Bedeutung aber auch heute noch weitgehend ungeklärt und in Einzelfällen umstritten.

3. Für die Mineralparagenese muss die Aufstellung minerogenetischer Reihen und Altersfolgen allein auf Grund der Bildungstemperatur abgelehnt werden. Aber auch kombiniert minerogenetische und paragenetische Klassifizierungsversuche der Typen einer Kristallart enthalten die Gefahr einer starren Schematisierung in sich, solange nicht alle Kausalprobleme des Kristallwachstums geklärt sind. Für die Forschung der natürlichen Morphogenese erscheint es vorteilhaft, die geduldige Detailarbeit einer statistischen Erfassung der Beobachtungen fortzusetzen. Dabei sollte insbesondere rezenten, in ihrer Bildung überblickbaren Lagerstätten grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden. Stets müssen die einzelnen Vorkommen ergänzend auf ihre mineralgeologischen und geochemischen Entstehungsbedingungen geprüft werden.

4. Die Coelestinkristalle erweisen sich trotz ihres relativ engen natürlichen Bildungsbereiches als ausserordentlich habitussensibel und setzen morphogenetischen Deutungsversuchen besondere Schwierigkeiten entgegen.

5. Unter diesen Umständen erscheint es geboten, die Betrachtung der Herznacher Minerallagerstätte lediglich als einen statistischen Beitrag zur Erkenntnis natürlicher Kristallogene aufzufassen.

C. Die Bildungsumstände der Herznacher Minerallagerstätte im Spiegel der Kristallausbildung

α) Mineralgeologische und geochemische Vorausbetrachtungen

1. DIE BILDUNGSPHASE

Als ich mir im Verlaufe meiner Beobachtungen die Frage stellte, welche Bildungsumstände die Entstehung der Herznacher Minerallagerstätte bestimmt haben könnten, führten alle, mehrfach der Nachprüfung unterzogenen Anzeichen zur Feststellung, dass nicht aszendente Wässer oder gar hydrothermale Vorgänge eine Rolle gespielt haben, sondern dass der Bildungsprozess ein rein hydrischer war, aus deszendierenden wässrigen Lösungen. Der Eintritt des Bildungsraumes in die hydrische Reaktionszone lässt vermuten, dass die Überdeckung bis zur Erdoberfläche in der Entstehungszeit keine aussergewöhnliche Höhe mehr aufgewiesen hat. Selbst wenn man eine für das engere Gebiet des Aargauer Juras sicherlich überreichliche Überlagerungsmächtigkeit von maximal 500 m vom unteren Malm bis in zeitweilig noch zum Absatz gekommene tertiäre Sedimente annehmen würde, dürften nach der geothermischen Tiefenstufe (selbst wenn diese geringere Abstandswerte besessen haben dürfte als in der Gegenwart) im Bildungsraum kaum höhere Temperaturen als 30—40°C in Rechnung zu setzen sein. Dazu kommt, dass die Schichtenüberlagerung im Laufe der ganzen Bildungsperiode der epigenetischen Lagerstätte durch die Erosion stetig herabgemindert, durch Talbildung in ihrer Wirkung auf die geothermische Tiefenstufe immer mehr beeinflusst worden ist, so dass die Temperatur in dauerndem Absinken auf den heute im Bereich des Eisenbergwerks Herznach (bei höchstens 60 m-mächtiger Überlagerung) normalen Stand von ca. 12°C begriffen war. Das würde also heissen, dass die ersten Mineral- und Kristallbildungen unter relativ wärmeren, jedoch sicherlich 30 bis 40° nicht übersteigenden Bedingungen entstanden sind, die „minerogenetisch jüngeren“ bei noch tieferen Temperaturen. Ob nicht auch die Perioden der Eiszeit Temperatureinflüsse geltend gemacht haben, bleibe dahingestellt. Zusammenfassend aber wird man sagen können, dass die Bildungstemperatur der Lagerstätte im grossen und ganzen den Wärmegraden „nahe der Erdoberfläche“ entsprochen hat.

Ausser mechanischen Einwirkungen bei tektonischen Vorgängen wird auch erhöhter Druck für die zirkulierenden Minerallösungen nicht nennenswert in Betracht zu ziehen sein. Dies bekundet sich zudem in den ausserordentlich gut erhaltenen Fossilien, speziell den intakten Kammerhohlräumen mineralführender Ammoniten in verhältnismässig weichen Schichten. Allerdings fehlen Hinweise nicht, dass die Mineralabscheidung bereits in einer Zeit noch merklicher tektonischer Aktivität eingesetzt hat. Spannungen, welche die Pressung des nahen Faltenjuras von Süden her erzeugten, waren noch vorhanden. Die Klüfte 1 und vor allem 7 zeigen in der Tat interessante Störungen in der Mineralabscheidung, die es erlauben, den Abscheidungsverlauf in beschränktem Masse zu verfolgen und damit auch das tektonische Geschehen zu zerlegen. Auf den Wänden der beiden — doch immerhin 500 m voneinander entfernten — Klüfte sind stellenweise intensive, heute derbkristalline, blaue bis weisse Coelestinmassen ausgeschieden, deren Auftreten in beiden Fällen jedoch ziemlich lokalisiert bleibt. In Kluft 1 ist ein Teil dieses derben Coelestins in eine weisse Pulvermasse zerrieben worden und bildet gemeinsam mit dem Auftreten von Kluftharnischen den Nachweis eines nach dem Absatz des derben

Coelestins wiederholten Schichtenbruches. Da der derbe Coelestin nur sehr lokal derartig verändert wurde, scheint diese tektonische Bewegung weder langdauernd noch intensiv gewesen zu sein (vgl. Fig. 3, Tafel I). — Im Kluftraum des derben Coelestins der Kluft 7 sind gleichgeartete Folgen tektonischer Tätigkeit nicht zu beobachten. Doch lässt sich aus den bereits pg. 28 erwähnten Einschaltungen dünner Erzhäutchen oder -krusten die Vermutung ableiten, dass diese bedeutend reichlichere Coelestinmasse führende Kluft unter Bildung eines neuen Klufttraumes später erneut aufgerissen wurde. Erst in dieser Zeit hat sich ein dichter Rasen sehr kleiner Calcitskalenoeder angesiedelt, auf dem die schönen Coelestinkristalle der „offenen“ Kluft sitzen.

Im Grunde zeigen sich also in beiden Klüften verwandte Vorgänge. In beiden tritt zuerst ein intensiver Absatz derber Coelestinmassen als älteste Bildung hervor. Während aber in Kluft 7 die der grossen Verwerfung zugekehrte Kluftwand bei der folgenden tektonischen Bewegung auf natürliche Art wegsackte, sich also vom Coelestinbelag entfernte (und ihn somit vor dem Zerriebenwerden verschonte), scheinen die Vorgänge in Kluft 1 in dem Sinne verlaufen zu sein, dass dort die Kluftwände gegeneinander bewegt wurden. Man wird annehmen dürfen, dass die ersten Coelestinbildungen hier wie dort von ungefähr gleichem Alter sind und somit überhaupt als älteste epigenetische Mineralabscheidungen zu gelten haben: Coelestin I. Die Bildung von Calcit I folgt unmittelbar auf die zweite, vielleicht in beiden Klüften nicht mehr gleichzeitige, grosse Erschütterung. Auf diesen, durch die Calcit-I-Generation angezeigte Unterbrechung der SrSO_4 -Abscheidung folgt eine neue Periode von Coelestinauskristallisationen: Coelestin II. Der Unterschied zwischen beiden Coelestingenerationen besteht darin, dass Coelestin II, im Gegensatz zum ersten SrSO_4 -Niederschlag, in der Regel in mehr oder weniger gut ausgebildeten Kristallen auftritt. Auch die Verteilung dieser Kristalle — deren Ausbildung jetzt nicht zur Diskussion steht — ist auffallend und bezeichnend für den offensichtlich tiefgreifenden Wechsel in der Bildungsgeschichte, der mit dem Auskristallisieren des Calcit I eintrat. Die jüngeren Coelestinkristalle sitzen meist individuell in aufgelöster Ordnung oder auch manchmal ziemlich orientiert, in Nestern und Gruppen in Vertiefungen der Kluftwände, teils ausschliesslich unter sich aggregiert, teils vergesellschaftet mit Calcit I, auch solchem der II. und III. Generation, und mit Pyrit. Der lokal konzentrierten, auffallend intensiven Ausscheidung derben Strontiumsulfats I. Generation ist somit eine räumlich ausgedehntere Kristallisationsperiode gefolgt, die sich jedoch dadurch auszeichnet, dass jeder Eindruck einer „stürmischen Massenausscheidung“ fehlt. Wie Beobachtungen gezeigt haben, führen stark bewegte Kluftzirkulationen relativ konzentrierter Lösungen vornehmlich zu derben, kristallinen Absonderungen.

Ein Versuch zur Koordination der Ausscheidungsfolgen in den Klüften und Fossilhohlräumen ist ausserordentlich schwierig, da sich Zusammenhänge nicht zwanglos erkennen lassen. Jedenfalls wird die eindrucksvolle Massenabscheidung derben Coelestins in die Anfangszeit der Epigenese fallen, als Resultat der Sammeltransporttätigkeit angereicherter Sickerwässer, die in einzelnen wenigen Klüften, von sehr reaktionsbereiten und Sr-reichen Schichtpaketen herkommend, in grössere Tiefen abgeflossen sind.

Diese Kluftabflüsse — wenn man sie so nennen darf — sind also die Vorläufer der mit dem Absinken des Grundwasserspiegels vordringenden gleichmässigen Durchtränkung der Schichtpakete durch die Oberflächenfeuchtigkeit. Damit ist die ruhigere, dafür allumfassende Aktivierung der Stoffgehalte erst eingeleitet, und es scheint zweifellos zu sein, dass in der nachfolgenden Zeit die Klüfte eine bedeutend geringere Menge Wasser in der Zeiteinheit durchgelassen haben. Die langsame Bewegung hat die Bildung von schönen Einzelkristallen erst erlaubt. Die Art des Vorkommens der Kristalle, ihr An-

schmiegen an die Unebenheiten der Kluftwände zeigt unzweideutig, dass in diesen Epochen die Wasserzirkulation ein ruhiges Abfliessen oder Absinken war, und dass relativ geringe, aber gleichmässig verteilte Wassermengen wohl auf dem Umweg durch die Schichten ihren Weg in die Kluft gefunden haben. Beim Aufbrechen solcher Klüfte, sehr schön in Kluft 1, war eine äusserst schwache Befeuchtung der Kluftwände zu beobachten, die mit dem Zutritt der Luft die Zersetzung des Pyrits sehr beschleunigte. Dass die Menge des in dünner Schicht abfliessenden Wassers sowohl zeitlich wie örtlich — infolge Fehlens deutlicher Generationen der Coelesinkristalle ist nicht sicher festzustellen, was der Tatsache mehr entspricht — recht variabel sein konnte, zeigt das schöne Beispiel der Coelestinkristalle III. Art in Kluft 1 (Fig. 6, Tafel I), das auf ein spärliches Abrieseln hindeutet.

Für die im untersten Teil des Grubengebietes gelegenen Mineralklüfte, zumal für Kluft 7, mit dem freien Hineinragen von Kristallen in die Kluft, mag die später zu besprechende Stauung des deszendierenden Wassers eine Rolle gespielt haben. In die Bildungsphase der Durchtränkung der Schichten durch Minerallösungen fallen zweifellos auch das Entstehen der Kristallbildungen in den Kammerhöhlräumen der Ammoniten (seltener auch anderer Fossilien) und die schönen Erscheinungen der Verdrängung von oolithischem Eisenerz durch Coelestinsubstanz (pg. 52 ff.). Fürs erste dürfte es belanglos sein, ob die infiltrierten Minerallösungen durch die Zirkulation der Wässer oder durch deren Stauung zum Ort der Kristallbildung gebracht worden sind. In dem praktisch allseitig geschlossenen Bildungsraum vor allem der Ammonitenhöhlkammern erfolgte die Entstehung der Mineralkristalle sicherlich gemäss den darin herrschenden Bedingungen ruhig. Wie aber die Hohlraumkristallisationen, die wir einerseits in den *Cordatusammoniten* (pg. 38 ff.), andererseits in den *Macrocephalen* im Liegenden des Erzlagers (pg. 54 ff.) gefunden haben, nur zu deutlich erkennen lassen, sind auch die ausserhalb des Hohlraumes in den Gesteinsschichten bestimmenden Umstände von grösster Wichtigkeit für die Entstehungsbedingungen im Hohlraum selbst. Es ist nicht nur die Konzentration der Mutterlauge, sondern auch die Paragenese davon abhängig, welchen Weg die Wässer genommen haben und in welchem Bewegungszustand diese sich im engeren Bildungsraum befanden. In dieser Beziehung darf die Frage, ob man es mit zirkulierenden Wässern oder mit deren Stauung zu tun hat, nicht übersehen werden. Ohne Zweifel ist jedoch die schon mehrfach erwähnte Stauung der zirkulierenden Schichtwässer nur ein lokal bedingter Sondervorgang der vermutlich zweiten grossen Bildungsphase der Herznacher Lagerstätte. So ist es gegeben, vorher den Weg der zirkulierenden deszendierenden Wässer und die Art dieser Minerallösungen, also die Geochemie des gesamten Bildungsraumes zu betrachten.

2. DIE GEOCHEMIE DER LAGERSTÄTTE

a) Der Weg der Lösungen

Vorweg darf gesagt werden, dass der Weg der Minerallösungen für die hydrische Phase unseres Bildungsraumes wohl der denkbar natürlichste war: von oben nach unten, quer durch die Schichten und längs dem Schichtengefälle, das im Norden und Osten des Grubengebietes nach Süden, im Westen nach Südosten verläuft und so den Effekt der Stoffanreicherung im Grubentiefsten hervorruft. Damit wird mit zwingender Deutlichkeit die grosse Rolle offensichtlich, welche die geotektonische Situation der Lagerstätte für die Entwicklung der Kristallisationen gespielt hat. Auf pg. 7/8 ist

das Bild der Schichtenlagerung kurz gezeichnet. Die Mulde wird in ihrem tiefsten Teil von der N-S-verlaufenden „Hauptverwerfung“, dem Westflügel des tektonischen Grabens, zu der bekanntlich Kluft 7 gehört, und von dem W-O-gelegenen Bärhaldentälchen regelrecht abgeschnitten. Wie sich bei der Durchfahung des Grabenbruches erwiesen hat, wird damit auch die Mineralführung unterbrochen. Die konzentrisch zulaufenden Lösungen wurden in den Verwerfungsspalten abwärts gelenkt. Die Lagerstätte findet damit eine natürliche scharfe Abgrenzung und die Kluft 7 trennt den am tiefsten erschlossenen Teil der Mulde (s. Fig. 2, Tafel IX) ab.

An diesem Punkt ergibt sich das Bild eines konzentrierten Zusammenfließens des deszendierenden Wassers, von dem aus nach Westen und Norden die Mineralabscheidungen an Grösse, Intensität und Menge abnehmen. Coelestin steht dabei an erster Stelle. Das zeigt sich schon an den Klüften. Der Unterschied in der Absatzmenge des Coelestins zwischen Kluft 1 und 7 ist offensichtlich gross. Die verhältnismässig kleinen Coelestinmassen der Kluft 1 sind in vollständiger Mineralvergesellschaftung nur auf einer Ausdehnung von ca. 30 m fündig. Beidseitig davon klingt die Kluftfüllung mit Calcit aus. Die Klüfte 4/5 (pg. 25) zeigen nur im Süden, also im Muldentiefen, Coelestin. Im oberen Grubengebiet fehlt dieser ganz und nur Calcit ist zu finden. Am südlichen Ende der Kluft 6 (pg. 26 ff.) zeigen sich grosse weisse Calcitkristalle mit sowohl derbem als auch kristallisiertem Coelestin als jüngere Bildung. Wenig weiter nördlich finden sich bereits die auf pg. 26 beschriebenen braunen Coelestinkristalle, die, satt in die kleinen Vertiefungen des Kluftharnischs gedrückt, ausgezeichnet ihre Entstehung aus dünn die Kluftwand herabsickernden Lösungen dokumentieren. Kluft 7 hat nur im südlichsten und tiefsten Teil reichlich Coelestin. Schon 20 m weiter nördlich tritt einzig und allein Calcit, und sogar dieser nur in spärlichen Mengen, auf. Weitere 100 m nach Norden fehlt jede Mineralführung und die Kluft ist nurmehr mit feinem (Moränen?-)Letten gefüllt.

Innerhalb der Gesteinsschichten ist der abwärts gerichtete Wanderweg der epigenetischen Mineralsubstanzen nicht minder deutlich zu verfolgen. Mit dem Wechsel der Sedimentschichten wechseln auch mehr oder weniger wasserdurchlässige und wasserundurchlässige Gesteine miteinander ab. Der Widerstand, mit dem undurchlässige Zonen die natürliche Wanderung der Minerallösungen durch die Gesteinsbänke hemmen konnten, ist augenscheinlich für die Mineralbildung von grosser Bedeutung gewesen. Ihm verdanken wir erstens einmal die mineralogische Mannigfaltigkeit der Cordatuskalke, deren Liegendes sich als sehr wasserundurchlässig erwiesen hat. Dieses Hindernis erzeugte wohl eine leichte Stauung oder zum mindesten eine grosse Verlangsamung der Wanderung und bewirkte, dass die Lösungen die Richtung ihres Fortschreitens — nach dem Gesetz des geringsten Widerstandes wohl längs dem Gefälle der Schichtfugen — änderten. Schwerlösliche und damit gelöst kaum wanderungsfähige Mineralien wie Quarz werden hier eher zum bleibenden Absatz kommen, was die Tatsache verständlich macht, dass Quarzkristalle im Liegenden der Cordatuskalke nicht mehr zu beobachten sind. Die leichte Stauwirkung, wohl verbunden mit einer minimalen Erhöhung des Druckes, ist mit einem notgedrungenen Zusammenfließen der nachdrängenden Wässer auf der Basis der undurchlässigen Schicht verkettet, wodurch eine Vermehrung der substantziellen Gehalte der Lösungen eintreten konnte. In der Tat erweisen sich solche Zonen auffallend reicher an mineralischen Ausscheidungen. Man kann sich vorstellen, dass die Stärke solcher Effekte überhaupt abhängig ist von der unterschiedlichen Durchlässigkeit der Sedimente.

Unter etwas anders gearteten Voraussetzungen dürften die schönen Verdrängungserscheinungen des Erzes durch Coelestin im oberen, rotbraunen Lager entstanden sein. Schon ihr beschränktes Vorkommen im südlichen tieferen Grubenteil und besonders in.

tensiv in der Nähe der Verwerfungen veranlasst zur Annahme, dass diese Bildungen, wie auch die reiche Coelestinlagerstätte in der Macrocephalenzzone, unter dem entscheidenden Einfluss jener Stauung erzeugt wurden, die im Nachfolgenden eingehender zu besprechen ist. Dabei werden von den Klüften her gestaute, SrSO_4 -reiche Lösungen längs den Schichtfugen ins Erz eingedrungen sein und sich mit dem Zufluss aus dem Hangenden zu einem besonders wirkungsvollen Reagenz vereinigt haben. Auch die Lagerstätte im Liegenden des Erzlagers ist wenigstens zum Teil auf den Wechsel des Schichtencharakters zwischen dem sandigen Macrocephalenoolith und des unbedingt wasserundurchlässigen, dichten Kornbergsandsteins im Liegenden zurückzuführen²⁾).

Der mehrfache Wechsel von wasserdurchlässigen und -undurchlässigen Schichten und Bänken im Verein mit der mulden- oder besser trichterförmigen Gestaltung des Bildungsraumes der Herznacher Lagerstätte sind ohne Zweifel die Hauptursachen der grossartigen Coelestinanreicherung im Grubentiefsten. Man kann sich unschwer vorstellen, dass bei gleichmässiger Wasserdurchlässigkeit des ganzen aufgeschlossenen Schichtenpaketes die Lösungen mehr oder weniger senkrecht von oben nach unten gewandert wären, ohne dass die Schichtenneigung und damit auch die Trichterwirkung der Mulde im Sinne eines sammelnden Beckens entscheidend zum Einfluss gekommen wäre. Naturgemäss bilden also die „fliessenden Schichtwässer“, sofern man bei der ungeheuer langsamen Durchsetzungsgeschwindigkeit der Feuchtigkeit im Gesteinsinnern von „Fliesen“ sprechen kann, selbst die besten Zeugen ihres Weges. Auch wenn man bedenkt, dass die Abscheidungen kaum je gleichzeitig erfolgten, bleibt doch die Vermutung bestehen, dass die dauernde Wanderung dieser Wässer mit einem Wechsel ihres Charakters verbunden sein konnte.

b) Die Herkunft der Mineralsubstanzen

Während Calcit zumal in den Klüften von den Birmensdorfer Schichten bis hinunter ins Liegende des Erzes sozusagen lückenlos durchläuft, hören die Abscheidungsspuren des Coelestins, wenn man sein Auftreten von unten nach oben verfolgt, im Hangenden recht unvermittelt in den unteren Lagen des Argovien, ungefähr auf der Höhe von G 2 der Birmensdorfer Schichten (s. Fig. 1) auf. Es konnten an vielen, weit auseinander gelegenen Plätzen die Birmensdorfer Schichten infolge von Einbrüchen oft mehr als 5 m aufwärts untersucht werden. Im ganzen Grubengebiet aber wurden nirgends Spuren von Strontiumsulfat entdeckt, weder in den Klüften noch in Hohlkammern von Fossilien. Dagegen sei daran erinnert (pg. 37), dass Calcit, Pyrit und spärlich Zinkblende die wenigen Mineralien sind, die in abweichender, eigentümlicher Paragenese in diesem Gesteinshorizont zu finden sind. Auffallend ist das reichliche Vorkommen von Pyrit. Wir finden ihn nicht nur häufig in den Hohlraumdrusen in der Form $\langle 111 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$ auf Calcit, sondern auch im Kalkstein selbst in centimetergrossen Kristallaggregaten eingeschlossen. Nimmt man noch die Tatsache hinzu, dass in alten Abbaukammern des Bergwerks durch Tropfwasser am Boden Gips in Nadeln auskristallisiert, so kann die Rolle der Schwefelsäure in der mutmasslichen Reaktionszone der Herznacher Lagerstätte nicht übersehen werden.

Noch ein weiteres Mineral lässt seine Entstehung aus den Birmensdorfer Schichten ableiten: der Quarz. Bekanntlich ist der graue Mergel G 2 ausserordentlich reich an Kieselspongien, die wohl nicht nur die schönen Quarzkriställchen in den Ammoniten-

²⁾ Dieser auf dem Kornberg in einem offenen Steinbruch gewonnene „Kornbergsandstein“ ist dort durch Verwitterung gelb (anstatt grau) und wasserdurchlässig geworden.

kammern der Cordatuskalke geliefert, sondern auch die gebietsweise Verkieselung dieser Kalke vor allem in höheren Revieren der Grube bewirkt haben mögen. Der Weg des SiO_2 war allerdings kein grosser, nirgends konnten dessen Lösungen sichtbar in die untere Cordatusschicht F 1 vordringen. Man wird nicht ganz zu Unrecht vermuten, die besondere Reichhaltigkeit der Mineralarten in den Hohlkammern der Cordatuskalkammoniten sei auf die stoffliche Zusammensetzung der Mergel und Kalke der Birmensdorfer Schichten zurückzuführen.

Von speziellem Interesse ist die Verfolgung der Entstehungsmöglichkeiten des Coelestins. NOLL (19) bestätigte, dass Strontium in den Ca-Mineralien Aragonit, Anhydrit, Calcit und Gips zwar nur in relativ geringer und schwankender Menge (bedingt durch die grosse Differenz der Ionenradien von Sr und Ca), jedoch in beachtlicher Konstanz in den Sedimenten als Ganzes anzutreffen ist. Die geringe Einlagerungsfähigkeit des Strontiums in die Calciummineralien lässt vermuten, dass daneben Sr in selbständigen Mineralverbindungen einzelnen Sedimenten eigen sein kann. Dies würde die Häufigkeit des Coelestins in den Schichten unseres Juras im allgemeinen und im Bereich des Bergwerks Herznach verstehen lassen, denn angesichts der grossen Menge des hier auf engem Raum auftretenden SrSO_4 und angesichts der grossen Wahrscheinlichkeit, dass die Herkunft des Strontiumsulfats in seiner überwiegenden Mehrheit in den überlagernden Birmensdorfer Schichten zu suchen ist, kann, wenn auch in feinsten Verteilung der Gehalte, die Anwesenheit von Sr nicht ganz unwesentlich gewesen sein.

Welche Sr-Verbindung aber wäre als primäre Einlagerung in der Meeresablagerung anzunehmen? Diese Frage ist schwer zu beantworten. Berücksichtigt man, dass die Sulfatkomponente offensichtlich eine recht bestimmende Rolle in den Birmensdorfer Schichten spielt, wird man zu der Annahme neigen, dass ein kleiner Originalgehalt von Strontiumsulfat für diesen Teil des Argovien durchaus im Bereich der Möglichkeit liegt. Demgegenüber aber darf nicht übersehen werden, dass das Vorkommen makro- bis mikroskopischer Coelestinkristalle in den Birmensdorfer Schichten (mit Ausnahme der Kluftzonen im untersten Teil) nicht nachgewiesen werden konnte. Wäre Coelestin als Sedimentbestandteil vorhanden gewesen, so ist nicht einzusehen, dass sich dieser anders verhalten hätte wie in den Liegendschichten. Man hätte doch mindestens Reste davon in Klüften und Ammonitenhohlkammern erwarten dürfen, so wie dies an Stellen starker Auflösung einige Meter tiefer beobachtet werden kann. — Ein weiterer Faktor weist wenigstens indirekt auf die Möglichkeit hin, dass die Urverbindung nicht — oder wenigstens nicht vorherrschend — Coelestin gewesen sein kann: die überaus deutliche Horizontgrenze des Auftretens des SrSO_4 an der Basis der Birmensdorfer Schichten, die sich — erwiesenermassen (Fig. 1, Tafel I) — als Reaktionsfront $\text{Sr}^{2+}:\text{SO}_4^{2-}$ präsentiert. Es müssen demnach freie Sr-Ionen in den aus dem Argovien zufließenden Lösungen vorhanden gewesen sein, die in der Lage waren, mit den Sulfationen des oxydierten und zerfallenden Pyrits spontan Coelestin zu bilden. So lässt diese als Reaktionsfront anzusprechende Horizontgrenze des Coelestinvorkommens an der Basis des Argovien vermuten, dass der Zusammentritt freier Sr-Ionen mit zerfallendem Pyrit der primäre Bildungsanlass des Coelestins wenigstens für den grössten Teil des Strontiumsulfats im Bereich der Herznacher Lagerstätte darstellt. Das aber führt zu der weiteren Annahme, dass ursprünglich Sr eher in Form von Strontianit in den als Lieferanten in Betracht kommenden Schichten auftritt. Die wässrigen Lösungen hätten dazu erst SrCO_3 dissoziiert enthalten, bevor sie auf Pyrit aufgetroffen sind.

Nach O. GRUETTER (33) sind jedoch Funde von erkennbaren Strontianitkristallen im Schweizer Jura problematisch und niemals eindeutig nachgewiesen worden. Muss nun

obige Annahme als im Widerspruch damit stehend betrachtet werden? Ich glaube, diese Frage verneinen zu dürfen. Man kann sogar einen Schritt weiter gehen und die Möglichkeit erwägen, ob nicht ein grosser Teil unserer Coelestinvorkommen im Jura auf die Reaktion von Carbonatlösungen mit Pyrit und seinen Zersetzungsprodukten zurückzuführen ist. O. GRUETTER nennt verschiedene Coelestinvorkommen im Schweizer Jura, die verschiedenen stratigraphischen Horizonten angehören, aber sich ganz auf Lias und Dogger beschränken. In allen Fällen sind pyritreiche Gesteine in der Nähe nicht ausgeschlossen. Das Coelestinvorkommen von Günsberg in Keuperschichten kann möglicherweise auf Infiltration von SrSO_4 -Substanz zurückgeführt werden, die im darüberliegenden Lias entstanden sein mag, wenn hier nicht, wegen der Gegenwart des Keupergipses, die andere Möglichkeit einer ursprünglichen Coelestinsedimentation zur Erklärung der Herkunft in Betracht zu ziehen ist. Doch vermute ich nach eigenen Erfahrungen aus neuerer Zeit, dass unsere Gipslager im Jura, sowohl die des Keupers als auch die der Anhydritformation des Muschelkalkes, recht arm an SrSO_4 sind. Es wäre jedenfalls interessant, die übrigen Juravorkommen des Coelestins auf ihre Abhängigkeit vom Auftreten des Pyrits zu untersuchen. Der Sr-Gehalt der Lösungen kann selbstverständlich auch aus völlig pyritfreien Schichten stammen und wie in Herznach erst auf seinem Wanderweg abwärts in die Reaktionszone gelangen.

Über die Lage und Art der Reaktionsfront $\text{Sr}:\text{SO}_4$ fehlen zusammenhängende Beobachtungen. In der südlichen (unteren) Hälfte des Bergbauareals fehlt jedenfalls Coelestin oberhalb der Basis der Birmensdorfer Schichten und im höher gelegenen Revier ist die Abwesenheit des Strontiumsulfats bis tief in das Erzlager hinein eine auffallende Erscheinung. Es lässt sich denken, dass die Umsetzungsprozesse im Gefolge der Oxydation des Pyrits über dem jeweiligen Grundwasserspiegel stattgefunden haben und mit ihm allmählich tiefer abgesunken sind. Dass auch der Pyrit wie der Coelestin allmählich tiefer abwärts wanderte, zeigte sich z. B. in der Kluft 3 sehr schön (s. pg. 25). Es haben also nicht nur sauerstoffreiche Lösungen zirkuliert, denn Wiederausscheidung von FeS_2 setzt Reduktionsprozesse oder lokal sauerstofffreie oder -arme Sickerwässer voraus. Im einzelnen lassen sich diese Prozesse nicht verfolgen, doch ist die regelmässige Vergesellschaftung des Pyrits mit Coelestin, von der bereits auf pg. 11 gesagt ist: „Wo Pyrit auftritt, kann stets auch Coelestin erwartet werden“, jedenfalls für das coelestinfündige Herznacher Bergbauggebiet typisch.

Bei der offensichtlichen Wanderungsfreudigkeit der Sr-Ionen muss es als feststehend gelten — und die allgemeinen Beobachtungen bestätigten dies auch immer wieder —, dass einmal gebildete Coelestinkristalle mehrfach Wiederauflösungen und Neuausscheidungen erfahren haben, wobei gleichzeitig auch ein sukzessives Abwandern in die tieferen Schichten erfolgte. Auch für das Liegende — Oxfordien und Callovien — darf ein primärer Sr-Gehalt vorausgesetzt oder wenigstens vermutet werden.

Unter den geschilderten Entstehungsverhältnissen der Lagerstätte ist es verwunderlich, dass Gips nur sehr spärlich, d. h. einzig und allein in Ammonitenkammern des Cordatuskalkes, also im Liegenden der Birmensdorfer Schichten, als Begleiter der übrigen Mineralien gefunden werden konnte. Der Grund seiner Seltenheit dürfte in der grösseren Löslichkeit dieses Calciumsulfats zu suchen sein. Die Art des Vorkommens lässt eine Entstehung vermuten, die derjenigen des Coelestins unter besonders günstigen Voraussetzungen ähnlich ist.

Das Vorkommen von grösseren Goethitkristallen in den Ammonitenkammern der Cordatuskalke ist einzigartig, nicht nur in der auffälligen Beschränkung auf diesen Horizont des Oxfordiens, sondern auch innerhalb der Paragenese. Neben einer Vergesell-

schaftung mit Coelestin, die sich zudem durch die Ausbildung der Calcitkristalle unterscheidet, ist die viel häufigere und ausserordentlich eindrucksvolle, weil sehr konstante Paragenese mit Quarz bei gleichzeitig sehr merkwürdigem Calcithabitus für die Entstehungsbedingungen des speziellen Eisenhydroxyds bezeichnend. Wie schon auf pg. 45 ff. erwähnt, ist die Entstehung der schönen Goethitkristalle aus zersetztem Pyrit als sehr naheliegend anzunehmen, und die gleichzeitige Bildung von Quarz und Goethit als durch zahlreiche Funde als erwiesen zu betrachten. Man darf daher vermuten, dass die Kieselsäure als agent minéralisateur für Goethit gewirkt hat und sein Kristallwachstum jedenfalls in kieselaurer Lösung erfolgt ist. Es ist ein merkwürdiges Zusammentreffen, dass man beiden hier so eng vergesellschafteten Mineralien Goethit und Quarz manchmal kaum Bildungstemperaturen unter 100°C zugetraut hat (z. B. H. LEITMEIER und M. GOLDSCHLAG (41), C. DOELTER (28)). Doch liegt heute kein Grund mehr vor, deshalb die eingangs dieses Abschnittes für die Entstehung der Herznacher Lagerstätte angenommenen Maximaltemperaturen anzuzweifeln. Es mag zutreffen, dass diese Paragenese zu den ältesten Bildungen der Cordatusmineralien gehört, die unter den noch höheren Wärmegraden zur Kristallisation gekommen sind; doch wird man diese Annahme für die Entstehung des Quarzes auf der Herznacher Lagerstätte nicht einmal unbedingt benötigen. — Als jüngstes Mineral erscheint der Coelestin in der Paragenese manchmal in besonderer Farbe und Habitusausbildung (s. pg. 46, Paragenese 3b). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass im gleichen Ammoniten die besondere Paragenese 3b neben Kammern mit normalen Paragenesen vorkommen kann. Ich glaube daher, die Goethit-Quarz-Bildung dem speziellen Charakter der Mutterlauge und nicht allgemein wirkenden, besonderen Aussenbedingungen zuschreiben zu müssen.

Von Dolomit ist zu sagen, dass er in beachtlicher Menge in den Dolomitparagenesen der Cordatuskalke aufzutreten pflegt, dass er in ähnlichen Vorkommen eher noch reichlicher in den Lambertiknollen zu finden ist. Schliesslich kann er in den Macrocephalenammoniten in einer weiter unten noch zu besprechenden Bildungszone gefunden werden. Zu einem Massenmineral ist das Ca-Mg-Carbonat in den Herznacher Lagerstätten nicht geworden. Seine Paragenesen aber besitzen stets einen eigenen Charakter. — Die auf pg. 36 beschriebene Nebenparagenese Dolomit + Coelestin der Kluftmineralisation, die den Coelestin gewöhnlich nur als Relikte der Auflösung zeigen, sind — wie sehr ähnliche Funde in völlig zerfressenen Ammonitenkammern der Macrocephalenzone des höher gelegenen Bergwerkteiles vermuten lassen — vielleicht jüngere „Nachzüglerbildungen“.

c) Die Art der Lösungen

Gehen wir von der Voraussetzung aus, die im vorigen Kapitel über die Herkunft der Lösungen entwickelt wurden, so dürfen wir die Vorkommen in den Ammoniten der Cordatuskalke als Zeugen einer ersten Auffangstation der den Gesteinsverband von den Birmensdorfer Schichten her durchdringenden Lösungen betrachten. Hier finden sich die verschiedenartigsten Paragenesen und hier sind die Mineralvergesellschaftungen noch nicht mengenmässig durch den Effekt einer Sammelkristallisation beeinflusst. Andererseits lässt sich hier auch die Auswirkung einer Differenziation der Minerallösungen erkennen, indem Lösungsgeossen teils definitiv zurückbleiben, teils in die unteren Schichten weiterwandern. Aus den oft unmittelbar wechselnden Paragenesen der Kammerkristallisationen, häufig sogar innerhalb desselben Ammonitenexemplars ist erkennbar, dass sich nach einer ersten generellen und sehr einheitlichen Abscheidungsphase von

primärem Calcit der Charakter der Lösungen in verschiedener Weise änderte, und dass diese augenscheinlich stark differenten Wässer entweder eng benachbart zirkuliert haben oder zeitlich aufeinanderfolgten. Wahrscheinlich haben beides, Weg und Zeit, zu dem bunten Bild der Paragenesen im Cordatushorizont beigetragen, und so erlaubt, den Artenwechsel der Lösungen zu verfolgen. Allerdings kann die zeitliche Abfolge der differenzierten Wässer keine grosse gewesen sein, sonst liessen sich kaum grundverschiedene Paragenesen in unmittelbarer Kammernachbarschaft beobachten.

In den Klüften konnte sich die Vielheit der Minerallösungen schon deshalb nicht in gleicher Weise auswirken, weil dort die Durchflussgeschwindigkeit grösser und die Möglichkeit einer mehr oder weniger gründlichen Durchmischung immer vorhanden war. Damit ist aber auch anzunehmen, dass dann nur reichlicher mitgeführte Substanzen mittlerer Löslichkeit zu dominierender Abscheidung kommen. Schwer lösliche Stoffe, wie der Quarz z. B., werden schon wegen ihrer geringen Wanderungsfähigkeit kaum in genügender Konzentration vorhanden gewesen sein. Leichtlösliche Mineralien bleiben wegen der Natur der Wässer nahe der Erdoberfläche kaum erhalten. Darum ist es nicht verwunderlich, dass in den Klüften fast ausschliesslich Calcit, Coelestin und Pyrit anzutreffen sind, Mineralien also, die bei aller offensichtlichen Wanderungsfähigkeit in gelöstem Zustand einen genügend starken Lösungswiderstand unter den in Herznach gebotenen Bedingungen besitzen.

Zusammengefasst ergibt sich: Die Mineralvorkommen der Ammonitenhohlräume der Cordatuskalke zeigen, aufgebaut auf der allgemeinen Calcitunterlage, folgende

Hauptparagenesen:

1. die Quarz-Goethit-Paragenese,
2. die Dolomit-Paragenese und
3. die Coelestin-Pyrit-Paragenese.

Die Quarz-Goethit-Paragenese bleibt bereits in den Cordatuskalcken stecken; von ihr findet man in den tieferen Schichten keine Spuren mehr. Ihr dürften Lösungen mit kieselsaurem Einschlag zugrunde liegen.

Die Dolomit-Paragenese lässt sich über die Lambertiknollen bis zur „Leitschicht“ im Erzlager verfolgen und klingt schliesslich in den Macrocephalenschichten aus.

Die Coelestin-Pyrit-Paragenese ist nicht nur gleichzeitig auch diejenige der Klüfte, sondern sie mischt sich mit gewisser Regelmässigkeit unter die beiden anderen Hauptparagenesen und bleibt zuletzt als Durchläufer-Paragenese allein übrig.

Wenn wir uns nun der Frage nach dem stofflichen Gehalt der verschiedenen Lösungen zuwenden wollen, so sei zu allererst die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass ausser den abgeschiedenen Mineralien noch Ionen in den Mutterlaugen enthalten waren, die nicht in die Kristallisation eingingen. Angenommen, dass diese Ionen Mineralstoffen zugehören, deren Löslichkeit so gross ist, dass sie unter den gegebenen Umständen weder auskristallisieren noch erhalten bleiben konnten, werden sie normalerweise ja keine Spuren hinterlassen haben, und die Wahrscheinlichkeit ihrer Existenz muss auf Grund von Indizien nachzuweisen versucht werden.

Es ist naheliegend, für die Meeresablagerungen des in Herznach aufgeschlossenen Schichtenpaketes einen mehr oder weniger nennenswerten Gehalt an Natriumchlorid durch den Adsorptionsvorgang während der Ablagerung anzunehmen. Gleichweise ist es nicht abwegig, zu vermuten, dass das, trotz möglichen Umlagerungsprozessen, in den Schichten erhalten gebliebene NaCl erst entscheidend angegriffen wurde, als diese Ab-

lagerungen in den Bereich der Sickerwässer geraten sind, in einer Periode also, da unsere Minerallagerstätte in die aktivste Bildungsphase eintrat. Logischerweise bedeutet dies, dass wahrscheinlich die im Raume des Bergwerks Herznach zirkulierenden produktiven Minerallösungen einen mit der Zeit abnehmenden NaCl-Gehalt besessen haben werden. NaCl lässt sich heute noch in natürlichen Wässern nachweisen, und E. KAYSER (3) sagt im I. Band seines Lehrbuches, pg. 442, dass NaCl „in kleinen Mengen kaum irgendeinem natürlichen Wasser fehlt“. Aus einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. H. SCHMASSMANN, Liestal, ist zu entnehmen, dass einige Analysen von Quellwässern der Jura-Formation des Basler Juras folgende Gehalte ergeben haben: $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 0—0,65, Cl^- 0,1—0,2 mg/Äquivalente im Liter. Zum Vergleich seien angeführt: Ca^{++} 4,3—5,6, HCO_3^- 3,9—6,15 mg/Liter. Der Gehalt der Jura-Quellen an NaCl ist also auch heute noch beachtlich.

Welche Erscheinungen lassen sich vermutungsweise auf die Gegenwart von NaCl während der Bildungsphase der Minerallagerstätte zurückführen? Wie bereits auf pg. 121 darauf hingewiesen worden ist, nimmt C. DOELTER (28) an, dass SiO_2 bei niedriger Temperatur und geringem Druck als Opal zur Ausscheidung kommt und die Quarzkristalle in den Ammonitenkammern bei höheren Wärmegraden entstanden sein müssen. Meines Erachtens sind solche Bildungsbedingungen für Quarzkristalle nicht nötig (s. pg. 121). An der konstanten Vergesellschaftung von Quarz mit Goethit fällt zudem auf, dass beide Stoffe kristallisierte Mineralien von Substanzen sind, die sichtlich ebenso gern bei niedrigeren Temperaturen Verwitterungshydrogele (Opal, Limonit) bilden. Dass die wohlausgebildeten Kristalleinzelindividuen nicht etwa durch Umkristallisation gelartiger Niederschläge, sondern frei gewachsen sind, steht wohl ausser jedem Zweifel. Für die Entstehung des $\alpha = \text{FeO}(\text{OH})$ und die Abscheidung von wasserfreiem SiO_2 brauchen keine Ausnahmen der besonderen Zusammensetzung der CO_2 -haltigen Sickerwässer von vornherein angenommen zu werden, zumal auch Quarz bekanntlich relativ merklich in CO_2 -haltigem Wasser „löslich“ ist. Dennoch scheint es, dass damit die Frage, warum z. B. Quarz und nicht Opal entstand, nicht mit der gleichen Selbstverständlichkeit beantwortet werden kann. Die Versuche von SPEZIA (s. pg. 106) weisen auf die mögliche Rolle hin, die NaCl — oder vielleicht auch nur das Kation Na^+ — für das Zustandekommen von Quarzkristallen zu spielen scheint. Meine jüngsten Beobachtungen im Gipsbergwerk Felsenau (Kt. Aargau) lassen die Möglichkeit des Hereinspiels eines derartigen Lösungsgegnossen bei der Quarzkristallbildung unter niedrigeren Temperaturzuständen noch wahrscheinlicher werden. Nahe einer Kluft im Anhydrit des Muschelkalkes fanden sich kleine braune Quarzkriställchen als idiomorphe Einschlüsse im Gestein in unmittelbarer Nachbarschaft der schönen, wasserklaren Kristalltafeln von Mirabilit (Glaubersalz), dem im Jahre 1949 erstmals im Schweizer Jura gemachten Fund. Aber auch im sekundär entstandenen Gips finden sich dort horizontweise schwimmend allseitig ausgebildete, braune Quarzkristalle. In den in der Anhydritformation eingeschalteten Mergeln sind Einlagerungen von Fasersteinsalz, mit mehr oder weniger Fasergips verunreinigt, aufgefahren worden. Dagegen finden sich im ganzen Bergwerksareal nirgends Anhaltspunkte, dass besondere CO_2 -haltige Wässer die Quarzkristallisation begünstigt haben, während andererseits der Annahme eines Einflusses stark gesättigter Na_2SO_4 -NaCl-Lösungen nichts im Wege steht. Da man sich erst in jüngerer Zeit mit dem Gedanken vertraut gemacht hat, dass Quarzkristalle auch bei sehr niedriger Bildungstemperatur entstehen können, hat die Frage der Existenz solcher Zusammenhänge bisher noch keine grosse Beachtung gefunden.

Die Kalk- und Mergelablagerungen unseres Schweizer Juras aber sind wie die Anhydritmassen des Muschelkalkes Meeressedimente. Wenn man die Möglichkeit in Betracht zieht, dass ihr allfälliger Urgehalt an NaCl mit der sekundären Bildung von Quarz-

kristallen in diesen Sedimenten — ihre Entstehung ist sowohl im Gesteinsverband als auch in Fossilhohlräumen epigenetisch — in Zusammenhang gebracht werden könnte, dann steht die Tatsache der ziemlich allgemeinen Verbreitung epigenetischer Quarzvorkommen in unserm Juragebirge damit in keinem Widerspruch. O. GRUETTER (33) erwähnt Funde im Muschelkalk bis hinauf in die Purbeckgipsschichten des oberen Malms. Auf dem Staffeleggpass fanden sich Quarzkristalle in der bekannten Ausbildung in Arietenkammern des Lias.

In einem späteren Kapitel wird gezeigt, dass die Quarz-Goethit-Paragenese den ältesten Mineralbildungen der Cordatuszone zugerechnet werden kann. Gleichermassen könnte nun angenommen werden, dass in dieser Frühzeit der Epigenese noch ein beachtlicher NaCl-Gehalt in den Lösungen vorhanden war. Da bekanntlich NaCl aber auch die Löslichkeit des SrSO_4 wesentlich beeinflusst (C. DOELTER (58)), würde sich die Frage stellen, ob unterschiedlicher Gehalt der Lösungen an NaCl nicht auch an der grossen Neigung des Strontiumsulfats zum Immer-wieder-in-Lösung-gehen mitverantwortlich ist.

Die Fragen sind erst gestellt und, so problematisch daher die Anwesenheit des unsichtbaren und in Herznach nirgends direkt nachweisbaren Lösungsgegnossen NaCl einstweilen zu gelten hat, bilden doch die vielen Zeichen wechselnder Lösungsbereitschaft des Coelestins auf der Herznacher Lagerstätte — und nicht allein nur dort — eine der eindrucksvollsten Tatsachen des Verhaltens unseres Mineralbestandes. In den weitaus meisten Fällen, sowohl in den Klüften als auch in den Drusen der Fossilkammern vom Hangenden bis ins Liegende, sind die (011)-Flächen des Coelestins, vornehmlich wohl der älteren Kristallisationen, trüb, matt oder stark zerfressen, so dass sie höchst selten messbar geblieben sind. Es ist aber überraschend, dass Ätzfiguren an unseren Coelestinen selten anzutreffen sind. Die Ätzfiguren eines Kristalls der Drusen der Kluft 1 sind auf pg. 34 ausführlich beschrieben und in Fig. 7 abgebildet.

Ätzfiguren dieser Art auf Coelestinkristallen sind in der Literatur mehrfach erwähnt worden, doch ist das verwertbare Beobachtungsmaterial leider sehr spärlich. PRENDEL (73) ätzte Coelestinkristalle von Dorobány (Bessarabien) mit H_2SO_4 und K_2CO_3 -Lösung und erhielt in beiden Fällen dreieckige Figuren auf o(001) (und übrigens auch auf d(101)), deren Spitzen gegen die c-Achse gerichtet waren. J. SAMOJLOFF (75) hat diesen Ätzdreiecken auf o(011) seine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Er behandelte Coelestine verschiedener Vorkommen (Racalmuto, Bristol) mit heissen konzentrierten Reagenzien (H_2SO_4 , HCl, Alkalicarbonat) und stellte schliesslich fest, dass die o-Flächen nicht indifferent gegen verschiedene Ätzmittel seien: Alkalicarbonat erzeugen auf o Ätzdreiecke mit der Spitze gegen c(001), während saure Ätzlösungen umgekehrt Dreiecke mit der Spitze gegen die b-Achse hervorrufen. Beim Baryt zeigen sich ähnliche Erscheinungen. SAMOJLOFF glaubt nun, aus der Orientierung natürlicher Ätzfiguren auf den o-Flächen von Coelestin (und Baryt) auf die Natur des Ätzmittels schliessen zu können. — Man wird schwerlich die mit blossem Auge sichtbaren, scharfen Ätzdreiecke auf unserm Kristall mit der Spitze gegen die c-Achse sich aus heisser konzentrierter Alkalicarbonatlösung entstanden denken können, ganz abgesehen davon, dass zwischen PRENDEL und SAMOJLOFF ein Widerspruch besteht. — Es ist vielleicht möglich, dass die Angreifbarkeit der Prismen I., II. oder III. Stellung oder auch anderer Formen von vielen Faktoren abhängig ist. Der Erscheinung ist bisher nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt worden. Sie sollte nicht übersehen werden, denn schliesslich hat auch die Kristallauflösung, wie das Kristallwachstum, zum Problem der Lagerstättenbildung etwas zu sagen.

Das Problem der Ätzfiguren kann uns heute also noch keineswegs die Frage nach dem tatsächlichen Charakter und Wechsel der Minerallösungen beantworten,

und wir sind veranlasst, diesen Charakter auf Grund der vorstehend geschilderten Verhältnisse in seinen wichtigsten Gehalten teils empirisch, teils hypothetisch anzunehmen:

Kationen: Ca^{++} , Sr^{++} , Mg^{++} , $\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$, $\text{Na}^+ (+\text{K}^+)$, H^+ ;

Anionen: HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl^- , S^{--} bzw. Komplexe,

ferner: O_2 , CO_2 , SiO_2 .

Die Vorstellung über die Verhältnisse der zirkulierenden Minerallösungen im Raume des Bergwerks Herznach, wie sie oben angenommen wurden, genügt jedoch nicht zum Verständnis der Gesamtlagerstätte. Die Coelestinvorkommen in der Macrocephalenzonen zeigen eine derartige Häufung von Mineralsubstanz, fast ausschliesslich SrSO_4 , und eine so auffällige Ausbildung seiner Kristalle, dass man annehmen muss, dass derartige optimale Bildungsbedingungen durch besondere Umstände bestimmt wurden. Wie wir schon für die Entstehung der metasomatischen Erscheinung der Coelestinkristalle im oolithischen Eisenerz eine Stauung der Lösungen in den Bereich der Möglichkeit gezogen haben, so deutet vieles darauf hin, dass dieser Umstand für die Mineralisation im Liegenden des Erzlagers in eher noch stärkerem Masse verantwortlich ist.

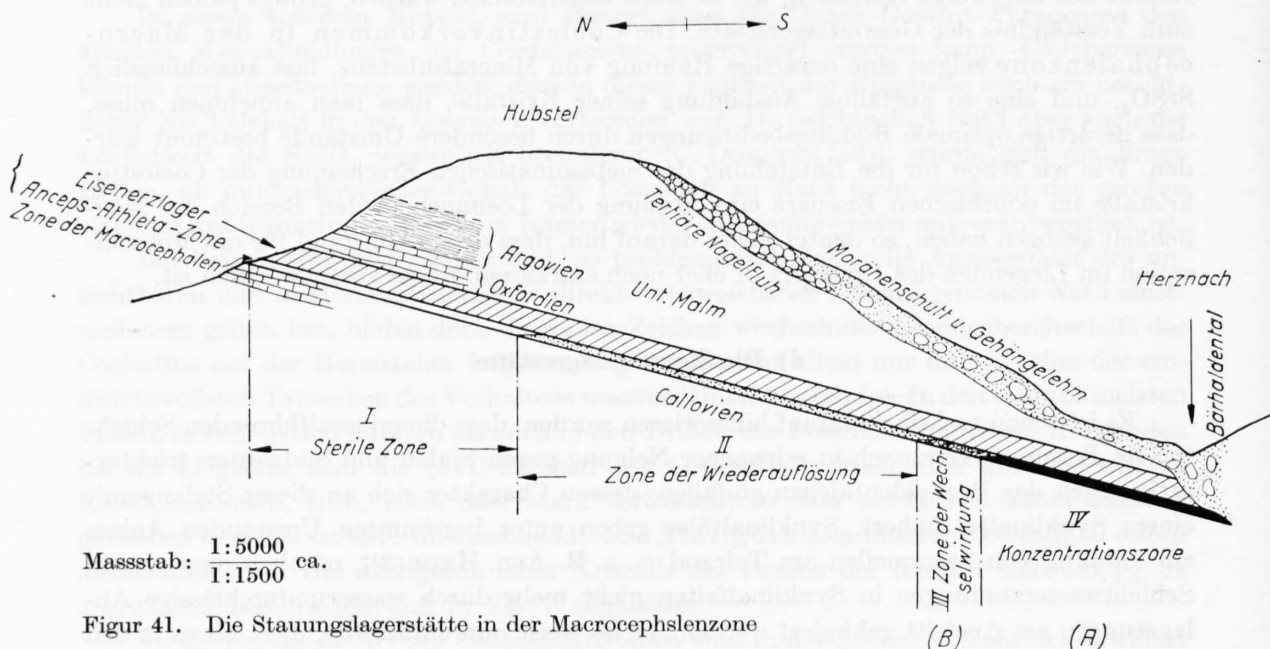
d) Die Stauungslagerstätte

Es ist schon mehrfach darauf hingewiesen worden, dass die mineralführenden Schichten im Bergwerk Herznach in schwacher Neigung gegen Süden und Südwesten trichterartig gegen das Bärhaldentälchen einfallen, dessen Charakter sich an dieser Stelle somit einem Synklinaltal nähert. Synklinaltäler geben unter bestimmten Umständen Anlass zur Bildung von Stauquellen am Talrand (s. z. B. ALB. HEIM (2)), nämlich dann, wenn Schichtwasserstauungen in Synklinalfalten nicht mehr durch wasserundurchlässige Ablagerungen am Austritt gehindert werden. Vieles weist nun darauf hin, dass wir es in den tieferen Teilen des Bergwerks mit einer schwachen Abart einer schichtwasserstauenden Wirkung des Synklinaltales zu tun haben, die sich in interessanter Mineralbildung äussert. Das Stauniveau ist durch die Tiefe des Erosionstales bedingt. Die unterschiedliche Mineralführung, die sowohl qualitativ als auch — und dies ganz besonders — quantitativ auffällt, ist auf pg. 54ff. eingehend beschrieben worden. Die Zunahme der Mineralführung in der auf einer absolut wasserundurchlässigen Kalksandsteinschicht aufliegenden, oolithischen Macrocephalenzonen im Liegenden des Erzlagers äussert sich aber nicht allmählich, sondern recht unvermittelt in Grenzlinien, die sich scharf an eine bestimmte Horizontale zu halten scheinen und ungefähr Isohypsen der Mulde darstellen. Darnach lassen sich im Bereich dieser ja nur etwa 30 cm-mächtigen, grosse Fossilien führenden Schicht im Fallen von oben nach unten im Bergwerksraum heute vier Zonen erkennen, die minerogenetisch voneinander verschieden sind (s. Fig. 41):

Zone I: „Sterile Zone“. Im obersten Drittel der geneigten Lagerung fehlt im Macrocephalenhorizont (wie auch in den darüber liegenden Schichten) der Coelestin völlig. Die Ammoniten-Steinkerne sind unbeeinflusst und ohne Hohlräume. In diesem Gebiet sind überhaupt Mineralbildungen sehr spärlich und beschränken sich auf carbonatische Ausscheidungen (Calcit und Dolomit).

Zone II: „Zone der Wiederauflösung“. Bereits unter dem Südhang des Hübstels folgt weiter abwärts ein sehr breiter Streifen der Sohle, in dem die Macrocephalen zwar recht häufig Hohlräume aufweisen, die, sofern die Auslaugung nicht bereits völlig damit aufgeräumt hat, noch stark zerfressene Reste von rötlichem Coelestin, kümmerlichen Calcitgestalten und kleinen Dolomitrhomboederchen enthalten.

Zone III: „Zone der Wechselwirkung“. In Fig. 2 ist diese Zone bereits als „Zone B“ hervorgehoben worden. Ihre obere Grenze fällt ungefähr mit der gegenwärtigen Oberfläche des Bärhaldentälchens zusammen, und ihre Breite erreicht kaum 4 m Vertikaldistanz. Die Macrocephalen enthalten Hohlräume mit oft schwach gelblichroten bis farblosen Coelestinkristallen, die von Calcit und Dolomit begleitet sind. Die Flächen der Coelestine sind oft geätzt, gestört und verzerrt.



Figur 41. Die Stauungslagerstätte in der Macrocephalenzone

Zone IV oder „Zone A“ der Figur 2: „Konzentrationszone“. Mit dem überraschenden Reichtum an prächtig kristallisiertem Coelestin in nicht selten grossen Hohlräumen von Macrocephalen u. a. Ammoniten beherrscht diese deutlich parallel dem Bärenhaldentälchen verlaufende Zone das tiefste Viertel des Vorkommens. Es sei nochmals unterstreichend auf die ausführliche Beschreibung der recht frisch erhaltenen Mineralien, auf den auffallenden Habitusreichtum der Coelestinkristalle und auf die metasomatischen Erscheinungsformen im ersten Teil dieser Arbeit, pg. 54ff., hingewiesen. Wir finden in dieser Zone nur noch die „Endparagenese“: Calcit + Coelestin + Pyrit, die auch die Paragenese der Klüfte ist. Im Gegensatz zur Zone B (Zone III) fehlt der Dolomit praktisch ganz. Bemerkt sei noch, dass — ganz abgesehen vom Habituswechsel der Coelestinkristalle — die einzelnen Vorkommen der Coelestindrüsen einen durchaus gleichartigen Eindruck hinterlassen, der auf eine im grossen und ganzen genetische Übereinstimmung schliessen lässt.

Zur Erklärung dieser eigenartigen Lagerstätte, die kurzweg als „Stauungslagerstätte“ mit den Verhältnissen eines Synklinaltales in Verbindung gebracht wurde, ist es unerlässlich, das Phänomen eines sehr differenzierten Mineralbestandes in einer Schicht als Ganzes zu betrachten. Da ist nun ersichtlich, dass zwischen den vier Zonen ein ursächlicher Zusammenhang bestehen muss. Der Mineralhorizont der „Konzentrationszone“ muss früher mit mehr oder weniger ähnlicher Intensität 10—30 m höher, in der heutigen Zone II, der „Zone der Wiederauflösung“, gelegen haben. Das führt zu der Annahme, dass dieses Absinken des minerogenetischen Horizontes ein Spiegelbild der Talbildung

und somit eine Funktion der langsam fortschreitenden Erosion ist. Dabei dürfte der Stauwasserspiegel nicht nur durch die Erosionstiefe, sondern auch durch die Lage mehr oder weniger durchlässiger Schichten in seiner Einwirkung bestimmt gewesen sein. Mit dem Absinken der Staugrenze wäre die heutige Zone II allmählich in die dauernde Auflösungsarbeit der absteigenden Sickerwässer gelangt, die einerseits den Zustand der offensichtlichen Wiederauflösung der abgesetzten Mineralien zur Folge hatte, andererseits ermöglichte, dass diese gelösten Substanzen in der Stauzone wieder auskristallisieren konnten. Durch neuen Stoffzutransport halfen diese Phänomene mit, die Lagerstätte langsam quantitativ zu mehren. Dass nachdringende Sickerwässer in der teilweise ausgelaugten Zone wieder Mineralien absetzen konnten, ist natürlich möglich. Es scheint, dass die kleinen Dolomithomboeder in den ausgelaugten Ammonitensteinkernen solche Neubildungen sind, was auch die Dolomitparagenese in der Zone B, der „Zone der Wechselwirkung“, erklärlich machen würde.

Nach dieser grundlegenden Annahme einer absinkenden Staugrenze der Schichtwässer lässt sich das Wesen der „Zone der Wechselwirkung“ in dem Sinne deuten, dass diese in späterer Zeit besonders den Schwankungen, des gestauten Wasserspiegels ausgesetzt war. Heben und Senken des Wasserspiegels im Staubereich bewirkte, dass die bereits abgeschiedenen Kristalle abwechselnd in den Einfluss auflösender Sickerwässer und aktiver, ausscheidungsfähiger Staulösungen geraten sind. Die oft gestörte Ausbildung der Coelestinkristalle, die sich auch sonst von den Individuen der „Konzentrationszone“, eindrucklich unterscheiden, wird damit verständlich. Figur 26, Tafel IV, zeigt ein Handstück aus dieser Zone.

Das Wesen der „sterilen“ Zone I, in der eine nennenswerte Mineralausscheidung fehlt, ist bereits im Rahmen der Betrachtungen über die Entstehungsmöglichkeiten des Coelestins auf pg. 120 besprochen worden. Es fragt sich, ob überhaupt in dieser Zone irgendwelche Stauungen stattgefunden haben. Sichere Anzeichen sind jedenfalls nicht zu beobachten. — Andererseits dürfen wir nicht vergessen, dass einst nicht nur die dünne Schicht im Liegenden des Erzlagers im Bereich der Stauwässer gelegen war, sondern dass die darüber lagernden Schichten, vom Erz bis vielleicht hinauf in die Cordatuskalke vorübergehend ebenfalls einer Stauwirkung ausgesetzt waren. In Anbetracht der durch die Stauinflüsse zum Ausdruck kommenden Intensität der Mineralbildung, der metasomatischen Verdrängungserscheinungen ist es gegeben, dort nach ähnlichen Äusserungen dieser speziellen Lagerstättenbildung zu suchen, die durch die Tätigkeit zirkulierender Sickerwässer nicht einfach erklärt werden können. So findet man auf der Höhe der Zone II sehr oft metasomatische Coelestinisierungen von Ammoniten im rotbraunen Erz, wie dies z. B. Fig. 25, Tafel VI, wiedergibt. Auch die Coelestinisierung der Holzreste im Erz der Zone A (Fig. 24, Tafel VI) wird durch eine frühere Stauwirkung gefördert worden sein. Die im tiefer gelegenen Revier des Bergwerks häufig anzutreffenden Verdrängungen von Eisenerz durch Coelestin, die auf pg. 52 ff. ausführlicher besprochen werden, können nun zwanglos erklärt werden. — Dagegen scheint es unwahrscheinlich, dass die Mineralzone C der Cordatuskalke (Fig. 2) mit den eben besprochenen Stauungsmineralisationen in Zusammenhang zu bringen ist. Die relativ hohe Lage der Lokalität (in bezug auf die heute sichtbaren Spuren der Stauung) spricht dagegen. Bezeichnenderweise fehlen auch irgendwelche Verdrängungserscheinungen.

Die Tätigkeit normaler deszendierender Kluft- und Sickerwässer und die Stauungswirkungen ergänzen sich gegenseitig und die Synklinal-Stauungslagerstätte wäre ohne das Vorhandensein zirkulierender Lösungen nicht denkbar. Beide zusammen sind verantwortlich zu machen für die vielen, sich nicht selten sehr widersprechenden Einzel-

erscheinungen der epigenetischen Lagerstätte in Herznach. Es lässt sich denken, dass im Zeitraum der Stauung auch Absätze zirkulierender Lösungen zustandegekommen sind, dass solche Ausscheidungen der zusickernden Wässer vor und nach der Stauperiode innerhalb ihres Wirkungsraumes alle Wechselfälle überdauert haben. Es gibt solche Erscheinungen. Die Kluftcoelestine (pg. 26), die sich als Ausscheidung von spärlichem Rieselwasser satt an die Kluftwände (Kluft 6) schmiegen, finden sich in unmittelbarer Nachbarschaft von Verdrängungen des Erzes durch Coelestin. Das allmähliche Absinken des wirksamen Stauwasserspiegels lässt sich verfolgen, aber es bleibt die merkwürdige Erscheinung bestehen, dass alle Spuren der Stauung von einer bestimmten Höhe der Bergwerks an aufwärts heute nicht mehr gefunden werden können. Diese Grenze ist ebenso auffällig wie die Bildungsgrenze des Coelestins, oberhalb welcher bislang keine Spur dieses Minerals zu finden war. Der sichtliche Zusammenhang der Stauung mit der Bildung des Bärhaldentälchens gibt zur Annahme Anlass, dass die stauungsepigenetischen Rückstände, wie sie sich zuletzt in den Zonen III und IV resp. B und A im Horizont der Macrocephalen in den schönen Coelestinparagenesen finden, als jüngste grosse epigenetische Bildungen der Herznacher Lagerstätte anzusehen sind.

In den Drusen der Macrocephalen zeigt der charakteristische, oft innerhalb des gleichen Kristallkörpers auftretende Farbwechsel (s. pg. 66), dass der Charakter der Lösungen in der Konzentrationszone (A) einem zeitlichen Einfluss unterworfen war. Die Farbe wechselt von Himbeerrot nach Weiss bis zur Farblosigkeit und bis zu einem schönen Blau und ist bereits als Ausdruck einer Sukzession zu deuten versucht worden (pg. 59 und 66). Der erst mit der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit von Herrn Dr. H. GROSSGLAUSER durchgeführte Nachweis von Fe in den roten (in kleinen Mengen auch in den bläulichen Varietäten) lässt die Vermutung zu, dass die Existenz des roten Farbstoffes nicht allein nur durch die blosse Anwesenheit des Eisens, sondern auch durch den Oxydationsgrad bedingt war. Das führt zu der Annahme, dass in der ersten Bildungszeit der Drusen in der Macrocephalenzone die Minerallösungen sauerstoffreich, später eher arm daran gewesen waren. Es würde sich das Erlöschen der Färbekraft des Fe in den späteren Kristallbildungen so zwanglos erklären lassen, selbst wenn vermutet wird, dass der Fe-Gehalt der blauen Coelestine auf Einschlüsse winzigster Pyrite zurückzuführen ist. In diesem Zusammenhang gesehen, gewinnt die auf pg. 66 dargestellte Habituswandlung der Coelestinkristalle der Macrocephalenschicht in Verbindung mit dem Verlauf der Färbung eine gewisse morphogenetische Bedeutung.

β) Entstehungsbedingungen und Kristallausbildung der Mineralien der Herznacher Minerallagerstätte

1. EINLEITUNG

Das Resultat der Betrachtungen über Kristallhabitusbeeinflussungen auf natürlichen Lagerstätten endigte auf pg. 113 mit der Feststellung, dass die morphogenetischen Untersuchungen der Herznacher Kristalle sicherlich nur als ein Beitrag zum Problem zu werten sind, ohne der ureigenen Aufgabe exakter Ursachenforschung genügen zu können. Das rechtfertigt somit die eingangs des II. Teiles dieser Arbeit dargelegten Gründe, das besondere Studium des mineralgeologischen und geochemischen Bildungsverlaufes unserer Lagerstätte allfälligen Deutungsversuchen der Kristallbildung voranzustellen. Zudem zeigt die Beschreibung der Lagerstätte, dass sogar auf dem verhältnismässig engen Raum „nahe der Erdoberfläche“ sehr differenzierte Bedingungen herrschen

konnten, die sich zweifellos in der Vielheit der Habitusausbildungen spiegeln werden. Ob es aber gelingen kann, bestimmte Aussagen über die Ursachen der verschiedenen Habitusentwicklungen zu machen, schien von Anbeginn fraglich. Trotzdem soll der Versuch unternommen werden, ob wenigstens in Einzelfällen Diskussionen möglich sind.

Nun darf als selbstverständlich vorausgesetzt werden, dass nicht alle acht Mineralien, die sich bekanntlich im Raume des Bergwerks Herznach gefunden haben, zur morphogenetischen Untersuchung gleich geeignet sein werden. Zwar treten alle im kristallisierten Zustand auf. Von entscheidender Bedeutung für ihre Eignung ist jedoch das Auftreten, sowohl in quantitativer wie qualitativer Beziehung, ihre allgemeine Verbreitung und die Habitusempfindlichkeit ihrer Kristalle. Dieser Prüfung halten die wenigsten Mineralien stand. Wir haben gefunden:

1. Mineralien von ausserordentlich spärlichem Auftreten:

Sphalerit, Gips.

2. Mineralien, die charakteristisch auftreten, aber ihren Habitus im allgemeinen wenig ändern:

Quarz, Goethit, Dolomit.

3. „Durchläufermineralien“, die bei gleichem Habitus nur geringe Variationen in ihrer Kristallbildung zeigen:

Calcit.

4. „Durchläufermineralien“ mit mehr oder weniger grosser Habitusempfindlichkeit:

Pyrit und Coelestin.

Diese letzten zwei Mineralien werden wir zu unseren Studien besonders heranziehen müssen.

Wie die Beschreibung der Mineralien gezeigt hat, weist der Pyrit trotz seines mengenmässigen Zurücktretens gegenüber Calcit einen bedeutend ausgeprägteren Habituswechsel als jener auf. Übrigens ist dies angesichts des Habitusreichtums der Calcitkristalle eine für unsere Lagerstätte ebenso bezeichnende wie merkwürdige Erscheinung. Man könnte geneigt sein, dies als eine Bestätigung einer im grossen und ganzen einheitlichen Bildungsweise für die Lagerstätte aufzufassen. Während nun der Pyrit nur mit drei oder vier Kristallgestalten aufwarten kann, die indessen nicht nur in ihren Formen, sondern auch in ihren Fundstellen eine charakteristische, sehr bestimmte Differenzierung verraten, stellt sich der Coelestin in einem so verwirrenden Formen- und Habitusreichtum vor, dass er die wichtigste und vielversprechendste Rolle bei der morphogenetischen Untersuchung der Herznacher Kristalle zu spielen hat. — Die durchwegs gleichartig sattelförmig gekrümmten, meist mehr oder weniger aggregierten Einheitsrhomboeder des Dolomits sind für den ganzen Schweizer Jura die typische Ausbildungsweise, wie auch der Goethit — ausser seiner ganz ausnahmsweise schönen Kristallisation — gestaltlich von den anderen Juravorkommen nicht wesentlich verschieden sein dürfte. Vollends der Quarz zeigt den für die hydrische Bildungsphase bezeichnenden, scheinbar „holohexagonalen, kurzprismatisch-bipyramidalen“ Habitus, der als epigenetische Bildung in den Sedimenten weitverbreitet ist (s. G. KALB (133)). Die Skalenoederausbildung des Calcits ist höchstens etwas beeinflusst durch das mehr oder weniger stärkere Hervortreten untergeordneter Flächen anderer Formen. Deshalb tritt auch er hinter Pyrit und Coelestin zurück, solange es sich darum handelt, das Grundsätzliche der variablen Morphogenese im Herznacher Raum zu finden. Es wird daher der Calcit in der Hauptsache nur da zur Mitbestimmung heranzuziehen sein, wo eine etwas schärfere Betonung der Ausbildungsabweichung mithelfen kann, die Besonderheit eines Fundpunktes zu unterstreichen. Es

ist nebenbei interessant, dass nach meinen Beobachtungen im Schweizer Jura $v\langle 21\bar{1}1 \rangle$ als habitusbestimmendes Skalenoeeder vor allem östlich der Linie Basel-Olten zu finden ist, während westlich davon rhomboedrische Gestalten auffallend häufiger sind.

Dieser kurze Überblick über das morphogenetische Verhalten der Mineralien unserer Lagerstätte beweist eindrucklich, dass von vornherein nicht alle Mineralien eines Vorkommens — sicher oft nur die allerwenigsten — für die Deutung der Morphogenese geeignet sind. Man wird sich denken können, dass daher je nach dem lokalen Auftreten eines oder mehrerer habitusempfindlicher Mineralarten das Studium der Kristallwachstumseinflüsse auf einer Fundstelle erleichtert oder erschwert werden kann. Für unsere Aufgabe steht ohne Zweifel der Coelestin an erster Stelle, der als einzigartiges Leitmineral am ehesten berufen ist, einen Weg zur Lösung des Problems zu bahnen.

Aus den Kombinationstabellen der Coelestinkristalle der Klüfte (pg. 71) und der Fossilhohlräume (pg. 78/79) ersehen wir, dass in beiden Fällen die gleichen charakteristischen Leitformen und charakteristischen Nebenleitformen auftreten. Diese Übereinstimmung soll nicht übersehen werden, tritt damit uns doch zum zweiten Male der weiter oben in Verbindung mit der auffallenden Eintönigkeit der Calcithabitausbildung festgestellte Eindruck entgegen, dass wir es in der Herznacher Lagerstätte im Grossen gesehen, mit einer einheitlichen Genese zu tun haben. Diese Feststellung wird aber rasch eingeeengt, sobald wir die Leitformen der Grundparagenese auf die Reihenfolge ihrer Kombinationspersistenzwerte und auf ihre Grössenentwicklung prüfen. Da wird ersichtlich, dass die Coelestinkristalle schon in ihren Hauptformen, in der Habitusausbildung, zwei Hauptentwicklungstendenzen anzeigen, je nachdem, ob die Kristalle in Klüften oder in Fossilhohlräumen gewachsen sind. Dieser grundsätzliche Unterschied, der auch in den Habitusdiagrammen der Figuren 33 und 35 sehr deutlich zum Ausdruck kommt, lässt sich dahin zusammenfassen, dass die Kristalle der Klüfte tafelig nach der Basis und vornehmlich nach der a -Achse gestreckt, diejenigen der Fossilhohlräume dicktafelig bis isometrisch ausgebildet sind. Die Unterscheidung der Coelestine in Kluft- und Schichtkristalle ist ausgeprägt genug, um zu vermuten, sie sei in irgend einer Weise ein Spiegelbild verschiedener Einflüsse auf das Kristallwachstum. Dass wir es tatsächlich mit zwei scharf und grundsätzlich getrennten Wachstumsräumen und ebenso unterschiedlichen Wachstumsverhältnissen zu tun haben, bestätigt auch die Ausbildung des Pyrits. Dieses Schwefeleisen zeigt in den Klüften scharfe Oktaeder, während es in den Hohlräumen der Cordatuskalke hexaedrisch, in der Macrocephalenzone undefinierbar „kugelig“ ausgebildet ist. Aus der mineralgeologischen Betrachtung wissen wir, dass die durch die gegensätzliche Entwicklung der Kristallausbildung zum Ausdruck gebrachten verschiedenen Entstehungsbedingungen schon rein äusserlich durch die Raumzustände, dann aber auch durch die in den Klüften und Schichthohlräumen zwangsläufig beeinflussten Voraussetzungen für das Verhalten der Lösungen bestätigt werden. Dazu kommen die Differenzierungen der Ausscheidungsprozesse, die in den im vorigen Abschnitt festgestellten Zeugen zirkulierenden und gestauten Wassers. In den Kristallisationen der Klüfte und Schichthohlräume haben wir also die zwei Hauptausbildungsgruppen unserer Kristalle zu sehen.

2. DIE KRISTALLISATIONEN DER KLÜFTE

Im Kapitel „Die Kluftmineralien“, pg. 11 ff., hat es sich gezeigt, dass nicht nur die extrem gelegenen Klüfte 1 und 7 eine überraschende Übereinstimmung der Kristallausbildung des Coelestins zeigen, dass nicht nur eine analoge Zweiteilung der Habitusgestal-

tung und des Vorkommens innerhalb beider Klüfte festzustellen ist, sondern dass auch die Paragenese die gleiche ist. Daneben aber sind die feineren Unterschiede nicht zu übersehen, die sich in den Bildungen dieser und anderer Klüfte äussern, und die weitere Zusammenhänge im Rahmen einer kontinuierlichen Entwicklungstendenz im gemeinsamen Raume verraten, wie dies auch auf pg. 35 zum Ausdruck kommt. Mit der morphogenetischen Diskussion der Kristalle der „offenen Klüfte“ und der „Kluftdrusen“ sei begonnen.

a) Das Kristallbild der „offenen“ Klüfte

Kluft 1. Wenn wir die winzigen Kriställchen des primären Calcitrasens auf den Kluftwänden und die höchst selten mehr als 5 mm messenden Coelestintäfelchen betrachten, die sich ausnahmslos entweder flach an ihre Unterlage anschmiegen oder in grösseren Gruppen in kleinen Vertiefungen der Kluftwand eher aufgerichtet vorfinden, führt dies zur Feststellung, dass die Kluftwässer in dünner Rieselschicht die Wände benetzt haben werden. Wie das Vorkommen des Kristalltypus III des Coelestins zeigt, hat stellenweise sogar nur tropfenmässige Bewegung des Wassers stattgefunden. Der allgemeine Eindruck, den das Bild der Lagerstätte in dieser Beziehung vermittelt, führt überhaupt zu der Annahme, dass die Menge der Minerallösungen in der Zeiteinheit recht gering und ihre Bewegung abwärts allein schon durch die Reibung verhältnismässig langsam war. In diesem Zusammenhang sei an die Betrachtungen im vorigen Kapitel erinnert.

Nun weist die ausgeprägte Wandlung der Kristallausbildung des Coelestins sowohl in den Formenkombinationen wie auch im Habitus auf eine kontinuierliche Änderung von oben nach unten hin (vgl. pg. 15ff. und Fig. 5). Wohl geht diese Entwicklung parallel mit der Fliessbewegung der Lösungen, doch wird man diesen oben abgeleiteten Faktoren des äusseren Zustandes der Lösungen keine derartige Einflusswirkung auf die Morphogenese des Coelestins, wie sie in der Änderung der Formenkombination und des Habitus so augenfällig zum Ausdruck kommt, zusprechen dürfen. Höchstens könnte eine gewisse Orientierung der Kristallaufwachsung darauf zurückgeführt werden, indem die Individuen mehr oder weniger deutlich ihre „Breitseiten“, d. h. ihre grösstentwickelten Flächen, der Fliessrichtung der Minerallösungen zuwenden. Auf den Wegspuren der Lösungstropfen, die den Coelestin-Kristalltypus III (Fig. 6, Tafel I) hervorgebracht haben, ist eine solche Neigung zur Orientierung zu beobachten. Das entspricht der Beschreibung des Barytvorkommens von Stolberg (F. BUSCHENDORF, pg. 144) und den eigenen Funden von Gips in Wehr (pg. 100 und Fig. 38).

Die Frage der verschiedenartigen Wachstumsbeeinflussung der Coelestinkristalle in dieser Kluft, von oben nach unten, wird also durch die beobachteten äusseren Lösungszustände nicht beantwortet, und es muss nach Faktoren gesucht werden, die heute schwerlich auf eine andere Art als eben durch diese Kristallgestaltung nachweisbar sind, d. h. man ist auf mehr oder weniger hypothetische Annahmen angewiesen, die sich aus den mineralgeologischen und geochemischen Vorbetrachtungen ableiten lassen. Zunächst erscheint es dabei wichtig, das Vorkommen auf Anzeichen von Altersfolgen der Coelestinkristalle zu untersuchen. Ein direkter Nachweis der Sukzession aber ist unmöglich, da wohl die kontinuierlich gewandelten Kristallgestalten in der gehörigen Reihenfolge in der Kluft abwärts fein säuberlich aufeinanderfolgen, aber eine Aufwachsung von Typ II auf Typ I, von Typ III auf II und I niemals gefunden werden konnte. Andererseits ist es schwer denkbar, dass bei den geschilderten Verhältnissen die drei Typen gleichzeitig entstehen konnten. Erinnern wir uns an die Bewegungsrichtung der Wässer, an

die Wanderfreudigkeit des SrSO_4 in unserm Raume und an die primäre Bildungsfront des Coelestins in den Birmensdorferschichten, so führt dies zur Annahme, dass die drei Typen nicht nur eine räumliche, sondern auch eine zeitliche Sukzession darstellen, m. a. W., dass Typ I älter als Typ II, Typ III jünger als Typ II sein wird.

Welches mögen nun die entscheidenden Beeinflussungsfaktoren dieser Coelestinkristalle sein, die eine allmähliche Abstumpfung des Kopfbildes nach der a-Achse, bei gleichzeitiger Zunahme der Entwicklung der (100)-Fläche, die Wandlung von der ganz dünntafeligen über die tafelige, nach der a-Achse gestreckten, zur pinakoidal-prismatischen (nach der b-Achse) und säuligen Ausbildung mit Streckungstendenz nach der a-Achse erzeugten? Figur 3, Tafel I (s. pg. 13 und 15ff.) zeigt sehr schön die Entstehung der Coelestinkristalle des Typs I im Kontakt mit Pyrit „im status nascendi“. Typische Kristalle der Variante II sitzen am Rande „zuckerkörnigen“ derben Coelestins und stellen allem Anschein nach Wiederauskristallisationen aufgelösten Strontiumsulfats dar. Das wesentliche genetische Merkmal des Bildes der Kristalle III ist die offensichtliche Spärlichkeit ihrer Ausscheidung. Wie auf pg. 21 bemerkt, ändert sich mit den Coelestinkristalltypen auch die Vergesellschaftung mit Pyrit derart, dass der genetische Zusammenhang beider Mineralien, der für Typ I anzunehmen ist, bereits für Typ II nicht mehr nachgewiesen werden kann und für Typ III überhaupt nicht in Betracht zu ziehen ist, da in dessen Bildungsbereich Pyrit nie zu finden war. Typus II und III der Coelestinkristalle wären demnach als Produkte der Wiederauflösung und des Wiederabsatzes von SrSO_4 aufzufassen, während Typ I — vornehmlich — ein primäres Reaktionsprodukt oxydierfähiger, Sr-haltiger Lösungen mit bereits auskristallisiertem Pyrit sein könnte. Ein Gehalt an CaCO_3 hat ausserdem auf der Höhe des Coelestintypus I auch zur Abscheidung von Calcit II. Generation Anlass gegeben. Es hat den Anschein, dass Coelestin das jüngste Glied der Kluftparagenese ist.

Nun wird man es aber als unwahrscheinlich anzusehen haben, dass — ausgehend vom Coelestintyp I — die Typen II und III einfach nur durch Wiederauflösung und Weitertransport ihrer Substanzen, d. h. durch wiederholte Rekristallisation, nacheinander zu ihrer Ausbildung gekommen sind, wie dies W. SCHILLY (77) in gewissem Sinne für andere Vorkommen annimmt. Andererseits muss man sich vor der Voreiligkeit hüten, die Abwesenheit oder Gegenwart von Pyrit, also die Paragenese, als ausschlaggebenden Faktor der Habituswandlung anzusehen. Schliesslich ist Pyrit ein überaus häufiger Begleiter des Coelestins der meisten Fundpunkte mit seinen wechselvollen Kristallgestalten. Auf pg. 113 sind Coelestin- und Barytkristalle beschrieben, die P. GAUBERT durch Verdampfen konzentrierter SrSO_4 - und BaSO_4 -Lösungen in H_2SO_4 erhalten hat. An Stelle von rasch entstandenen $\langle 101 \rangle \cdot \langle 011 \rangle$ -Kristallen bildeten sich bei langsamer Auskristallisation Individuen beider Substanzen, die eine auffallende Entwicklung des Pinakoids $\langle 100 \rangle$ auf Kosten des Prismas II $\langle 101 \rangle$ erkennen lassen, also gerade das, was wir in der Kristallreihe der offenen Kluft 1 in allmählichem Übergang verfolgen konnten. Selbstverständlich dürfen wir die Versuche von P. GAUBERT schon wegen den unnatürlichen Bildungsumständen nur mit grösstem Vorbehalt zum Erklärungsversuch des besonderen Kristallwachstums unseres Kluftcoelestins heranziehen, doch werden wir angesichts der geschilderten Verhältnisse, unter denen die Minerallösungen an den Kluftwänden abwärtsgerieselt sind, es als durchaus naturgegeben ansehen können, dass die Auskristallisation der Typen II und III recht langsam erfolgen mussten. Wenn wir nun aber zusätzlich annehmen wollten, es sei die Mengenabnahme des deszendierenden Kluftwassers, die sich gerade im Bereich der Coelestintypen III speziell zu erkennen gibt, mit einer Änderung des Übersättigungsgrades der SrSO_4 -Lösungen in den Bildungsperioden

der Typen II und III verbunden gewesen, so lässt sich dies unmöglich nachweisen. A. SCHUBNIKOW (s. pg. 101) stellte die Regel auf, dass in einer stark übersättigten Lösung einschliessreiche Kristalle von sehr regelmässiger Form entstehen, während verdünntere Medien klar durchsichtige, aber unsymmetrisch gewachsene Individuen hervorbringen. Unsere Kluftkristalle, und zwar vom Typ I bis zum Typ III, folgen aber praktisch mit ihren Einschlüssen und symmetrischen Gestalten den SCHUBNIKOW'schen Bedingungen für konzentrierte Mutterlaugen. Auch GAUBERT gibt an, schöne SrSO_4 -Kristalle aus konzentrierten Lösungen erhalten zu haben.

Ist aber überhaupt die Konzentration allein für die Typenwandlung verantwortlich zu machen? Temperatur und Druck dürften bei dieser Lagerstätte als stark variable Faktoren von vornherein ausscheiden. Dann bleibt nur noch die Frage der Lösungsgenossen, die — das darf ohne weiteres vorausgeschickt werden — sehr schwer zu beantworten ist. Die Umstände legen es nahe, anzunehmen, dass die Anwesenheit solcher variabler Lösungsgenossen Veränderungen im Habitus erzeugen konnten, was sich aber im allgemeinen Kluftbild durch nichts zu erkennen gibt. Es wird nicht das einzige Beispiel der Schwierigkeiten bleiben, die sich dem Versuch, den Lösungsgenossen natürlicher Mineralösungen nachzuspüren, entgegenstellen, solange wir noch nicht die individuelle Wirkungsweise von Lösungsgenossen auf bestimmte Mineralien einwandfrei kennen.

Es ist interessant, dass unser Typ III seinerzeit von P. v. SUSTSCHINSKY (85) auch im Zementbergwerk Marienstein (Bayern) in der gleichen geringen Grösse (maximal 1 mm) und in der gleichen grossen Seltenheit gefunden worden ist, die ihn auf der Herznacher Lagerstätte auszeichnen.

Kluft 6. In der mehr als 400 m von Kluft 1 entfernten Kluft 6 haben sich bekanntlich (pg. 26) braunrot durchscheinende Kristalle gefunden, die gewisse Ähnlichkeiten mit dem Vorkommen in Kluft 1 zeigen. Morphologisch stehen sie zwischen Typ II und III. Der nach der Basis dicktafelige Habitus lässt die Flächen (001), (101), (011), vor allem aber auch (100) in wechselnder Grössenentwicklung hervortreten. Andererseits gibt es deutliche Unterschiede zwischen diesen Kristallen der Kluft 6 und jenen der Kluft 1. Das auffallendste ist eine ausgesprochene Wölbung der Flächen (100), ohne dass dabei die übliche Streifung parallel der c-Achse erkennbar wäre. Auch die Kanten anderer Flächenpaare verlaufen sehr oft unregelmässig geschwungen. Die Ausbildung erweckt den Eindruck des Unvollständigen, als hätten leichte Resorptionen stattgefunden. Darnach wird anzunehmen sein, dass diese rotbraunen Coelestinkristalle der Kluft 6 bei unzureichender und unregelmässiger Stoffzufuhr entstanden sind, wie auch die hier noch viel mehr als in Kluft 1 zum Ausdruck kommende sehr satte, wenig erhabene Anlagerung der Kristalle an die minimalen Vorsprünge des Kluftharnisch darauf hinweist, dass nur feinste Berieselung der Wände durch aktive Lösungen stattgefunden hat. Im Gegensatz zu Kluft 1 sitzen die Kristalle unmittelbar auf Erz ohne Unterlage des Calcitrasens.

Ohne Zweifel dürfen wir ähnliche Variationen der coelestinführenden Lösungen vermuten, wie die entsprechenden Bildungen in Kluft 1 ahnen lassen. Wie dort können diese Ausscheidungen als Zwischenstationen der Stoffwanderung des Coelestins betrachtet werden. Doch scheinen die aktiven Lösungen zeitweilig durch untersättigte Wässer abgelöst worden zu sein, die durch Wiederauflösungen das Kristallwachstum gestört und die auffallenden Rundungen der Kristalle erzeugt haben.

Wie bei der Diskussion der Kristallausbildung in Kluft 1 erhebt sich übrigens wiederum die Frage nach dem Verhalten der Lösungsgenossen, denn nach K. SPANGENBERG (177) ändert sich ja oft die Rangordnung der geometr. W. G. der einzelnen Flächen mit der Lösungskonzentration wenig, weshalb dieser dann auch nicht die Fähigkeit der

Habituswandlung zugesprochen werden kann, wie sie in Kluft 1 so schön zum Ausdruck kommt. Hier fehlen aber sowohl Calcit wie Pyrit vollständig. Der ursprüngliche Charakter der Lösungen ist hier also noch schwerer zu bestimmen. Auch das relative Alter der Kristalle ist darnach nicht festzustellen. Der Kluftzug liegt unmittelbar neben einem solchen, der völlig mit derben Calcit erfüllt ist. Es kann sich also vielleicht um eine jüngste Wiederaufreissung einer alten, „ausgeheilten“ Kluftlinie handeln, und die Coelestinkristalle wären dann ziemlich junge Bildungen der Kluftkristallisationen, Coelestine II. oder III. Generation.

Kluft 7. Die allgemeine Übereinstimmung der Kristallbildungen der Klüfte 1 und 7 haben wir bereits auf pg. 31 als eine nur grundsätzliche bezeichnet und festgestellt, dass im einzelnen die Habitusentwicklung der Coelestinkristalle beider Klüfte besondere Wege geht. Der anfänglichen Schicksalsgemeinschaft, die zur Abscheidung der derben Coelestingeneration I geführt hat, folgten die tektonischen Bewegungen (pg. 114), die im Gegensatz zu Kluft 1 hier eher zur Erweiterung der Kluft Räume Anlass gegeben haben. Zunächst fällt der charakteristische Unterschied der Aufwachsung der Kristalle des Coelestins in beiden Klüften auf. Wenn wir die Figur 4, Tafel II, mit den Figuren 8 und 9, Tafel II, vergleichen, erhalten wir den Eindruck, dass in der „offenen“ Kluft 7 die Lösungen nicht ständig an den Wänden herunterrieselten, dass vielmehr in deren Raum die Abscheidungen wenigstens teilweise aus ruhigeren Lösungen erfolgten. Vielleicht deutet auch die Aufwachsung der tafeligen Kristalle nach der b-Achse auf diesen Zustand hin. Eine gewisse, aber nur schwach angetönte Parallelstellung vor allem der grösseren, tafeligen Individuen lässt immerhin vermuten, dass dennoch eine leichte Bewegung (wenigstens in späteren Perioden des Kristallwachstums) vorhanden gewesen ist. Diese Anzeichen sind aber lediglich den tafeligen Kristallen, die etwa zwischen den Typen I und II der Kluft 1 einzureihen sind, zu entnehmen. Die stets klein gebliebenen Coelestine mit dem prismatischen Habitus des Typ V, die gern versteckt zwischen den grösseren Tafeln sitzen, zeigen diese Erscheinung nicht. Sie sind auf der a-Achse aufgewachsen und überdies im Gegensatz zu den inhomogen erscheinenden tafeligen Individuen von grosser Klarheit. Innerhalb Kluft 7 findet somit ein ausgesprochener Habituswechsel, wenn nicht ein Generationenwechsel, statt. Da zwischen beiden extremen Habitusausbildungen mehr oder weniger ausgeprägte Übergangsgestalten anzutreffen sind, ist es nicht abwegig, anzunehmen, dass die Änderung der Wachstumsbedingungen im Laufe der Bildungsperiode allmählich eintrat. Dabei soll festgehalten sein, dass die an der Formenkombination teilnehmenden Flächen nicht sehr zahlreich sind und für beide Ausbildungsarten ungefähr die gleichen bleiben. Mit den Kristallen der Kluft 1 (es sind dies solche mit tafeliger Tendenz) haben sie die Betonung der Zone $[010]$ gemeinsam. Doch bleibt die Entwicklung des Pinakoids $a\langle 100 \rangle$ von der für den Typ II charakteristischen untergeordneten Bedeutung. Es wird nirgends so wichtig wie an den Kristallen der Klüfte 1 und 6 und tritt nur an den zur tafeligen Ausbildung neigenden Coelestinkristallen auf, niemals an den prismatischen und säuligen Typen, die nach der Grundgestalt V hinstendieren. Zwischen beiden aber macht sich die Erscheinung des vorderen Pinakoids durch die Einkerbungen der Kante $(101/10\bar{1})$ an Übergangsindividuen bemerkbar. Dieser verwandtschaftlichen Neigung zu den Kristallen der „offenen“ Kluft 1 stehen aber die Eigenarten der Kristalle gegenüber, die zu der im folgenden zu besprechenden Coelestinkristallisation der Kluftdrusen hinweisen. Ausser den bereits erwähnten Kennzeichen ist es auch die leicht hervortretende Betonung der Zone $[011]$, die wir an den Kristallen der „offenen“ Kluft 1 nicht kennen, die aber an den Individuen der Drusen beider Klüfte eine gewisse Bedeutung erlangt. Angesichts der Überwucherung der Kristalle mit der „Kluftdrusen-

tendenz“ durch die offensichtlich weitergewachsenen tafeligen Coelestine kommen wir zu der gewiss überraschenden Vermutung, dass der prismatische Typ der Individuen der „offenen“ Kluft 7 der ältere ist, während die tafeligen Kristalle spätere, durch die allmähliche Wandlung der Bildungsbedingungen erzeugte Bildungen darstellen.

Es muss hier vorausgeschickt werden, dass die Kluftdrusen den Eindruck vermitteln, ihre Kristallisationen seien in allseitig geschlossenen Räumen, also in ruhender Lösung entstanden. Auf die Verhältnisse der „offenen“ Kluft 7 übertragen heisst das, dass am Anfang der Bildungsperiode unserer Kristalle der Kluftraum geschlossen und die Kluftwässer gestaut waren, und wenn wir die Regel von SCHUBNIKOW (pg. 101) auch hier anwenden, führt das zu dem Schluss, dass anfänglich wenig übersättigte Lösungen vorgeherrscht haben. Allmählich stieg die Übersättigung, gleichzeitig wird die zuerst abgedichtete Kluft einen neuen schwachen Abfluss der Wässer gestattet haben. Es macht aber Schwierigkeiten, anzunehmen, dass sich bei dieser Entwicklung des Lösungszustandes die physikalische Wachstumsgeschwindigkeit der Kristalle immer mehr verlangsamt haben soll, wie dies nach den Darlegungen auf pg. 132 mit dem zunehmenden Auftreten von $a\langle 100 \rangle$ anzunehmen wäre. Ob solche innere Widersprüche der Deutungsversuche durch mögliche Änderungen physikalischer Zustandsbedingungen, wie etwa eine Temperaturabnahme während der Bildungsperiode, erklärbar würden, ist bei den gebotenen Verhältnissen schwer nachweisbar. Jedenfalls zeigt dies Beispiel aufs neue, wie vorsichtig man mit der schematischen Anwendung von Beobachtungen geänderten Kristallwachstums sein muss. Nach den Erkenntnissen des Kristallwachstums ist als wahrscheinlicher anzunehmen, dass Lösungsgenossen für die Entwicklung des vorderen Pinakoids $a\langle 100 \rangle$ sicherlich einflussreicher gewesen sein werden als die physikalische Geschwindigkeit des Kristallwachstums. Auch hier sind aber keine Anzeichen vorhanden, die zuversichtliche Rückschlüsse auf die Art der Lösungen ermöglichen würden. Mit der Anwesenheit von Calcit I. und II. Generation und von Einschlüssen winziger Pyritpartikel in den Coelestinkristallen ist die allgemeine Kluftparagenese vollständig beschrieben. Es ist möglich, dass das anfänglich gestaute Kluftwasser aus dem anstehenden derben Kluftcoelestin SrSO_4 aufgenommen hat; mit dem Wiederingangkommen einer geringen Kluftzirkulation mögen stärker übersättigte Strontiumsulfatlösungen zugesickert sein. — Zuletzt sind jedenfalls Wässer in den Kristallisationsraum eingedrungen, die eine wirksame Auflösungsfähigkeit für SrSO_4 besessen haben, wie an den starken Ätzungen auf (011)-Flächen ersichtlich ist.

b) Das Kristallbild der „Kluftdrusen“

Kluft 7. Im vorigen Abschnitt ist bei der Betrachtung der Kristalle der „offenen“ Kluft 7 darauf hingewiesen worden, dass die zuerst gebildeten, säulig-prismatischen Coelestine vom Typ V in mehrfacher Beziehung verwandtschaftliche Züge mit den Kristallen der „Drusen“ dieser Kluftlinie aufweisen, woraus bestimmte Folgerungen über die Verhältnisse im Kluftraum und über die Bewegungszustände der Lösungen gezogen wurden. Bei näherem Zusehen aber ergeben sich doch auch Unterschiede. Vor allem sind die Kluftdrusen-Kristalle ungleich flächenreicher und zeigen keine Ätzungen. Paragenetisch aber fällt die Anwesenheit von reichlichem, gleichalterigem Calcit in den Kluftdrusen auf, wogegen in der „offenen“ Kluft die „Kluftdrusentendenz“ der Coelestinkristalle von keiner ähnlich gearteten Calcitbildung begleitet ist.

Über die Art allfälliger Lösungsgenossen ist zunächst aus dem Bild der Kluftdrusenkristallisation wenig herauszulesen. Die für die Klüfte charakteristische Paragenese, Coelestin–Calcit–Pyrit, ist hier ebenso zu finden, wie bei den bereits besprochenen

Kluftvorkommen mit grundsätzlich anderen Habitus- und Formenkombinationsbildern ihrer Kristalle. Neben viel Coelestin tritt der gleichzeitig gewachsene Calcit, wenn auch mengenmässig zurückhaltend, auffallend nur innerhalb der Drusen hervor. Dennoch ist er für die spezifische Coelestinausbildung kaum verantwortlich. In den Hohlräumen der Macrocephalenschicht begleitet Calcit den Coelestin nicht selten unter den genau gleichen Umständen und in der völlig übereinstimmenden subindividuellen Aggregation der weissen Skalenoeder. Trotzdem ist der Coelestinhabitus in beiden Fundpunktkategorien ausserordentlich differenziert. Auch der äusserst spärlich vorkommende Pyrit ist hier wie dort in winzigen kugelförmigen Gestalten in äusseren Partien des Coelestins eingewachsen.

Haben wir darum in den schönen Coelestindrusen des Kluftzuges 7 das Gegenstück zu den Synklinalstauungsbildungen der Fossilhohlräume des Macrocephalenhorizontes zu sehen? Gestalt und Farbe des Kristallisationen stehen mit dem Grossteil der Macrocephalencelestine nicht in Einklang. Es sei aber daran erinnert, dass auch die tiefblaue Farbe des Coelestins in einem Macrocephalen in der Art jüngster Mineralbildung angetroffen worden ist, und dass auch der Habustyp V, wenn auch nicht häufig, in der Reihe der Erscheinungsformen des Coelestins dort figuriert. Übereinstimmend erscheint die Ausscheidungsfolge. Hier wie dort zeigen sich zuerst relativ intensive, derbe Coelestinniederschläge und erst in einem engeren Hohlraum erscheinen die Kristalle mit eingestreutem Calcit. Der auffallend frische Erhaltungszustand der Kluftdrusen-Kristalle trägt mit dazu bei, sie als junge Bildungen im Raume der Stauungslagerstätte zu betrachten.

Das setzt voraus, dass die Kluftdrusen beherbergenden Kluft Räume durch letzte tektonische Erscheinungen entstanden sind. An einem Kluftstück schliessen die Coelestinausscheidungen unmittelbar an einen Harnisch im angrenzenden Erz an, ohne dass dieselben Spuren einer mechanischen Beanspruchung zeigen. Die Drusenkristallisationen sind also bestimmt jünger als die Harnischbildung; sie sind auch viel jünger als die gesamten Kristallisationen der „offenen“ Kluft, die ausnahmslos einen Zeitabschnitt lang merklichen Anätzungen ausgesetzt waren.

Im Spiegel des Wesens der Synklinalstauungsprozesse betrachtet, ist der Bildungsvorgang der Kluftdrusen vielleicht folgendermassen zu schildern: Durch die letzten Aufreissungen sackten die Räume der „offenen“ Kluft nach der jenseitigen Grabenzone im Kluftzug 7 ab und blieben damit ausserhalb des nachfolgenden Lösungsabflusses. Zunächst schieden sich in ihnen unter den gegebenen Umständen aus höheren Sättigungsgraden feinkörnige derbe Coelestinmassen aus. Durch die fortschreitende Verheilung der Kluft bildeten sich kleine bis kleinste Hohlräume in diesen derben Partien. Mittlerweile war auch der CaCO_3 -Gehalt gestiegen, so dass sich wie in den Macrocephalenhohlräumen Calcit aus den Lösungen mit abzusecheiden begann. Die letzten Lösungsrückstände in den Drusen hatten sicherlich ihren Sauerstoffgehalt weitgehend verbraucht, so dass minimale Pyritreste in der erlöschenden Coelestinbildung mit ausfallen konnten. Es ist somit möglich, dass die sich allmählich verändernde Zusammensetzung der Mutterlauge einen entscheidenden Anteil an der Gestaltung der Endformen der in den Drusen gewachsenen Coelestinkristalle gehabt hat.

Kluft 6. In dem etwa 60 m weiter südlich und damit entsprechend tiefer gelegenen Kluftteil der oben besprochenen braunen Coelestinkristalle der „offenen“ Kluft 6 findet man eingeschlossen zwischen teils derbem, teils gross ausgebildeten Skalenoedern von Calcit, blaue Coelestin-Ausscheidungen (s. pg. 26). Ein grösserer, wohl ausgebildeter Kristall ist als Typus IV unserer Coelestine ausgebildet, der auch mit der Betonung der Zone [011] eine Tendenz zum Kluftdrusenhabitus verrät. Andererseits ist aber die Aus-

bildung fast isometrisch, analog derjenigen der Hohlraumkristallisationen der Stauzone im Macrocephalenhorizont. Auch das Aussehen der Calcitkristalle würde nicht dagegen sprechen, die Bildungsumstände und das Alter dieser Kluftausscheidung der Bildungsphase einerseits der Kluftdrusen der Kluft 7, andererseits den Kristallen der Stauungszone im Macrocephalenhorizont gleichzusetzen.

Kluft 1. Genetisch steht das Vorkommen der Kluftdrusenkristalle im Kluftzug 1 im gleichen Verhältnis zu den entsprechenden Bildungen im Kluftbereich 7 wie die Ausscheidungen der „offenen“ Räume beider Klüfte. Die Kluft 1 lag aber sozusagen im „Einzugsgebiet“ der Lösungen, Kluft 7 tief in deren „Sammelbecken“. An Stelle einer grösseren Kristallkeimbildung ist es hier zum Wachstum nur sehr weniger Coelestinkristalle gekommen, und zwar auf einem Calcitrasen, der nicht nur von den Calciten der Kluftdrusen 7 äusserlich verschieden ist, sondern auch — trotz des im grossen und ganzen immer gleichbleibenden Habitus — von den kleinen Kristallen des Calcitrasens I. Generation in der „offenen“ Kluft 1. In der Regel sind die Coelestinkristalle, die in der Richtung der a-Achse bis gegen 2 cm lang werden können, klar durchsichtig, farblos bis blau. Von säuligem Habitus, gestreckt nach der a-Achse, mit etwelcher Betonung der Zonen [010] und [011], sind sie den Individuen der Kluftdrusen 7 sehr nahestehend, jedoch auffallend flächenärmer als jene. Es ist darum besonderer Beachtung wert, dass die Drusenkristalle des Kluftzuges 1 nur die Bildungsbedingungen des geschlossenen Hohlraumes mit denjenigen des Kluftbereiches 7 gemeinsam haben, aber im Grunde doch in jeder anderen Beziehung die für unsere Verhältnisse recht verschiedenen Voraussetzungen ihrer Entstehung besitzen.

Dass neben dem Grade der Übersättigung auch hier die Frage der Lösungsgenossen eine Rolle spielen konnte, ist zu erwarten. Der Coelestin — auch dies im Gegensatz zu den Kluftdrusen 7 — ist praktisch ohne jede Begleitung von gleichaltrigem Calcit. Der Calcitrasen ist stets das älteste Glied der Paragenese. Er trägt mitunter kleine scharfe Oktaeder von Pyrit. Auch dies ist eine bemerkenswerte Erscheinung für den charakteristischen Unterschied der Entstehungsbedingungen beider Kluftdrusenlokalitäten. Andererseits spricht die Habitusübereinstimmung des Pyrits mit dem der „offenen“ Kluft 1 für einen möglicherweise recht engen Zusammenhang zwischen den Kristallisationen der „offenen“ Kluftpartien und ihrer Drusen. Die Paragenese, Calcit–Pyrit–Coelestin, fällt also keineswegs aus dem üblichen Rahmen; doch sei nochmals festgestellt, dass alle drei Mineralien in diesen Kluftdrusen ganz auffallend andere Kristallisationsbilder zeigen als die entsprechenden Drusenbildungen der Kluft 7. Immerhin ist einschränkend darauf hinzuweisen, dass die Coelestinkristalle morphologisch einander noch ziemlich nahestehen. Morphologische Verwandtschaft braucht also nicht notwendigerweise auch morphogene-tische Schicksalsgemeinschaft zu bedeuten.

Weiter sei festgehalten, dass der Kristall mit den Ätzfiguren (pg. 23) aus einer Druse der Kluft 1 stammt. Fügen wir weiter hinzu, dass auch die interessanten Auflösungsreste einer blauen Coelestinausscheidung inmitten guterhaltener Calcit- und Pyritkristalle aus einer ähnlichen Druse herrühren, so erhält man den Eindruck, dass die auskristallisierten Coelestine in der Folgezeit sehr unterschiedlichen Einflüssen unterworfen wurden.

c) Rückblick

Auf Grund der morphologischen Entwicklung der Coelestinkristalle war es gegeben, zwei Hauptarten der Bildung der Herznacher Minerallagerstätte zu unterscheiden: die Kluftkristallisationen einerseits und die Mineralausscheidungen innerhalb der Schichten

andererseits, wobei den Kristallen der Fossilhohlräume besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Deutungsversuche der einzelnen Bildungsumstände unserer Kluftkristallisationen führten nun zur Erkenntnis, dass die reine Unterscheidung von Kluft- und Schichtbildungen den tatsächlichen Verhältnissen nicht ganz gerecht wird. Die genetischen Voraussetzungen waren im „Einzugsgebiet zufließender Sickerlösungen“ etwas anders als in Stauzonen. Morphologisch kommt dies in erster Linie bei unsern Kluftcoelestinen zum Ausdruck, indem die „Bewegungswässer“ eine mehr planare bis pinakoidale Entwicklung (Typen I—III) zu bedingen scheinen, während Stauwirkungen mehr einen säulig-prismatischen Habitus zur Folge hatten. — Auch der Pyrit zeigt in beiden Bildungsgruppen einen Habituswechsel, indem er im „Einzugsgebiet“ scharf oktaedrisch kristallisierte, während er im Staubereich in den winzigen kugeligen Gestalten vorkommt, die sehr wahrscheinlich als pentagondodekaedrisch zu deuten sind. Doch deckt sich der Wechsel des Kristallbildes des Pyrits nicht völlig mit der Habituswandlung des Coelestins. Selbst der Calcit bietet in seinem skelnoedrischen Grundhabitus mehr oder weniger deutliche Abarten seines Aussehens innerhalb der genetischen Gruppen.

Trotzdem wird man sich davor hüten müssen, die im grossen und ganzen übereinstimmenden Reaktionen des Kristallwachstums unserer Kluftmineralien nun einfach der Tatsache zuzuschreiben, dass die einen in bewegten, die anderen in mehr oder weniger gestauten Mutterlaugen entstanden sind. Schon das Wesen des Kristallwachstums lässt dies als sehr unwahrscheinlich erscheinen. Immer wieder führten die Beobachtungen der Kluftbilder zu der Schlussfolgerung, dass die Mengen der zirkulierenden Kluftwässer bedeutend geringer waren, als man dies im allgemeinen anzunehmen pflegt. Der Bewegungszustand der Lösungen wird zwischen beiden Raumbedingungen quantitative Übergänge aufgewiesen haben, und unbekannte Einflüsse von Lösungsgeossen konnten den Habitus weit mehr bestimmt haben.

Zum Schluss sei festgehalten, dass die extrem gelegenen Klüfte 1 und 7 gemäss ihrer verschiedenen Lage ihren eigenen Charakter sowohl für die „offenen“ Räume als auch für die Drusen besitzen. Der Habituswandel des Pyrits bestätigt die Ortsgebundenheit der Kluftkristallisationen. Die Variabilität der Kristallgestalten des Coelestins bringt seinerseits, über die enge Lokalbedingung hinweg, die Eigenart der Kluft Räume zur Geltung. Wenn wir aber die Mineralisation im ganzen Staubereich betrachten, dann bestätigt sich an den Coelestinkristallen die grosse Gegensätzlichkeit der Kluft- und Hohlraumbedingungen.

3. DIE KRISTALLBILDUNGEN IN DEN FOSSILHOHLRÄUMEN

Wenn man das Gesamtbild der Lagerstätte in den Cordatuskalken und im Macrocephalenhorizont betrachtet, so kommt man zu der Schlussfolgerung, dass beide Lokalitäten im gleichen genetischen Verhältnis zueinander stehen wie Kluft 1 und Kluft 7, d. h. man hat die Mineralbildungen der Cordatuskalke noch zu den Bildungsvoraussetzungen des „Einzugsgebietes“ zu rechnen. Dass sich auch in den Schichthohlraumkristallisationen der Gegensatz zwischen „Zufluss“ und „Sammelbecken“ der Lösungen in schöner Weise vorfindet, bietet die Möglichkeit, die Eigenarten des Kristallwachstums unter verschiedenen Voraussetzungen, jedoch unter ähnlichen Raumverhältnissen zu verfolgen. Rein äusserlich zunächst macht sich dieser Unterschied beider Lagerstätten quantitativ in der Masse der Ausscheidungen bemerkbar.

a) Das Kristallbild in den Fossilhohlräumen der Cordatuskalke

Auf pg. 122 sind drei Hauptparagenesen unterschieden worden, die die wesentlichsten Ausscheidungen darstellen. Natürlich können die dafür verantwortlichen Lösungen auf ihren Wegen und in den Hohlräumen untereinander vermischt worden sein und dadurch Anlass zu zahlreicheren Paragenesevarianten gegeben haben. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass uns eigentlich sechs besondere Mineralvergesellschaftungen aufgefallen sind, die sich aus dem Zusammentritt verschiedener Mineralien ableiten liessen (s. pg. 39). Für unsere spezielle Aufgabe wollen wir indessen vorerst an der Unterscheidung der drei Grundparagenesen festhalten, die hier in etwas geänderter Reihenfolge nochmals wiederholt seien:

1. die Calcit-Pyrit-Coelestin-Paragenese,
2. die Calcit-Quarz-Goethit-Paragenese und
3. die Calcit-Dolomit-Paragenese.

Die Calcit-Pyrit-Coelestin-Paragenese. Man wird hier wie auch bei anderen Mineralvergesellschaftungen auf Varianten stossen, in denen das eine oder andere Glied fehlt oder wenigstens nicht sichtbar ist. Pyrit kann z. B. abwesend sein oder sich lediglich in seinem Zersetzungsprodukt, feinsten limonitischer Bestäubung des Calcitrasens, in Erinnerung rufen, wie dies in dem schönen Fund der Fall ist, der in Figur 14 abgebildet ist. Ein genau gleich ausgebildeter Kristall von Coelestin, wasserklar farblos, ausgesprochen tafelig nach der Basis (vgl. Fig. 21A), ist auch in einer anderen Kammer gefunden worden, die aber noch Dolomit enthält.

Halten wir fest, dass der tafelige Habitus, im Gegensatz zu dem rechteckigen Umriss der Kluftcoelestine, einen pseudo-hexagonalen Querschnitt infolge stärkerem Hervortreten der Form $m\langle 210 \rangle$ besitzt (Typ VI). Die Kristalle zeigen in erster Linie die Grundkombination, wobei allerdings $z\langle 211 \rangle$ sehr zurücktreten kann. Beim Kristall der Figur 14, Tafel III, zeigt sich noch klein die Bipyramide $v\langle 312 \rangle$, eine Form, die in den Dolomitparagenesen auch nicht selten ist. Spezielle Zonen treten nicht hervor. Die regelmässig gebauten Kristalle sind einschliesslich und scheinen demgemäss relativ rasch gebildet worden zu sein. Die modellartige Ausbildung des Kristalls der Figur 14 steht aber auch im Einklang mit der idealen Gestaltung des Kristallisationsraumes, in dem ungestörte Diffusion zu dem frei wachsenden Kristall erfolgen konnte.

Eine dritte Stufe, die in Figur 15, Tafel III, abgebildet ist, zeigt ähnliche tafelige Kristalle, die sich aber durch besonders gross entwickeltes $l\langle 102 \rangle$ auszeichnen. Die Limonitisierung des reichlicher vorhandenen Pyrits muss vor dem Wachsen des Coelestins erfolgt sein. Von der rötlichen Bestäubung des Calcitrasens am Boden der Druse ist auf den darüber gewachsenen Coelestintafeln nichts mehr zu bemerken. — Coelestinkristalle mit sehr ähnlicher Ausbildung und stark übereinstimmendem Habitus werden auch in den folgenden Paragenesen angetroffen.

Überleitend zur nächstfolgenden Paragenese sei nochmals die Stufe erwähnt, auf der tafelige Coelestinkristalle vom Typ VI (pg. 40) mit rahmfarbenem Dolomit vereinigt sind. Es scheint, dass dieser Dolomit jünger als der Coelestin ist. Als jüngste Ausscheidungen sitzen Pyritwürfel auf dem dicht kugelig aggregierten Mg-Ca-Carbonat. Der gleiche Ammonit (*Perisphinctes sp.*), der diese Druse enthält, zeigt andererseits Kammern mit der im folgenden zu besprechenden „echten“ Dolomitparagenese.

Die Calcit-Dolomit-Coelestin-Paragenese, kurz „Dolomitparagenese“ genannt, da das Doppelcarbonat darin das charakteristische Glied ist, wurde bereits auf

pg. 40/43 beschrieben. Neben dem nur im Aussehen leicht veränderten Calcit ist es speziell die Habitusausbildung des Coelestins, die als Typ VII (Fig. 21 B) der Paragenese das morphologisch besondere Gepräge verleiht. Hervorgehoben sei nochmals die ausserordentlich starke Betonung der Zone [010] mit dem Schwerpunkt zwischen den Formen $\langle 103 \rangle$ und $\langle 001 \rangle$ (s. pg. 76) und die augenscheinlich stärker zum Ausdruck kommende Streckung nach der c-Achse, wodurch mehr isometrische bis dicktafelige Individuen entstehen. Bezeichnend ist ferner die von Kristall zu Kristall sehr schwankende Wichtigkeit der habitusbestimmenden Formen aus der Reihe der Grundkombination. Dazu kommen oft noch unregelmässige Ausbildungen der Flächen einer Form, Wachstumsstörungen, Vizinalflächen und Verzerrungen. Stets zeigen die Coelestine Ätzungen in der üblichen Weise.

Selten sitzen Coelestin- und Dolomitkristalle derart beisammen, dass ihre Sukzession bestimmbar ist. Dann ist aber zu beobachten, dass Coelestin teils auf Dolomit aufgewachsen ist, teils älter als dieser erscheint. Somit werden beide Mineralien ungefähr gleichzeitig entstanden sein. Nicht vergessen werden darf, dass in der Regel mit dem Auftreten des Dolomits die charakteristische, auf pg. 41 und 50 geschilderte Rotfärbung der Coelestinkristalle einhergeht. Da dies jedoch auch da mit vornehmlich dicktafeliger bis isometrischer Habitusgestaltung der Coelestinkristalle in Verbindung zu stehen scheint, wo Dolomit fehlt, dürften die pg. 128 vermuteten Folgerungen über den Einfluss der Rotfärbung auf den Habitus von Coelestin wichtiger sein als die Mitausscheidung von Dolomit.

Auf Grund des oben beschriebenen Vorkommens von Dolomit mit Coelestin in Paragenese 1 ist anzunehmen, dass letzterer älter als die „Dolomitparagenese“ ist.

Einem merklichen Überschuss an SO_4 -Ionen mag es zuzuschreiben sein, dass Gips, sowohl als Einzelkristalle wie als Kammerfüllungen (Fig. 22, Tafel V), als jüngstes Produkt in Drusen der Paragenese 3 aufzufinden ist (vgl. Paragenese 4a, pg. 47).

Die Calcit-Quarz-Goethit-(Coelestin)-Paragenese, die „Quarzparagenese“, ist häufiger als die vorstehend beschriebenen Mineralvergesellschaftungen. Allein auf den Horizont der Cordatuskalke beschränkt, ist sie nicht so sehr des Quarzes oder des Goethits wegen kristallogenetisch interessant. Der Habitus des Quarzes ist erwartungsgemäss derjenige der hydrischen Bildungsbedingungen, und seine eintönige Ausbildung bleibt ohne Vergleichsmöglichkeiten. Aus ähnlichen Gründen bedeutet die Anwesenheit des prächtig kristallisierten Goethits im Grund nicht mehr als eine sehr charakteristische Erscheinung dieser speziellen Paragenese, die als Paragenese 3 auf pg. 43 ff. beschrieben ist. Wesentlich interessanter und vom Standpunkt des Problems des Kristallwachstums überaus wertvoll sind die für die Art der Mutterlauge sehr bezeichnenden Erscheinungsformen der Begleiter Calcit und Coelestin. Deutlich ist zu erkennen, dass der stets als Boden vorhandene Calcit noch mit dem Quarz gemeinsam gewachsen ist und Goethit überwiegend am Ende der Ausscheidungsphase zur Auskristallisation kam. Daher wird es vielleicht nicht abwegig sein, die schönen „blumenkohlartigen“ Aggregationen kleiner, durchsichtiger, grau erscheinender Skalenoeder der Beeinflussung durch die kiesel-saure Mutterlauge zuzuschreiben (vgl. Fig. 17, Tafel III).

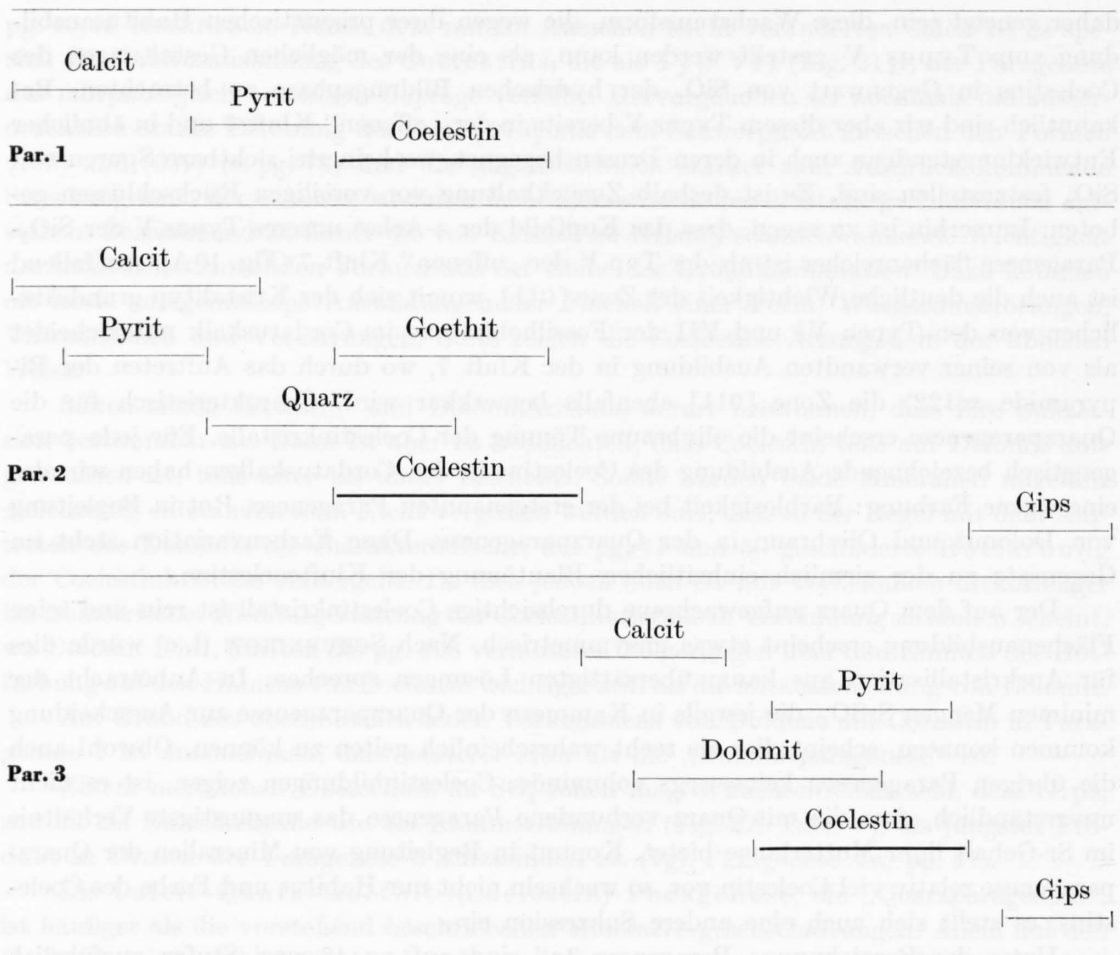
Die Paragenese 3b (pg. 46) zeichnet sich durch jüngeren Coelestin aus, dessen olivbraune Kristallkörper durch Auflösungswirkungen fast formlos zerfressen erscheinen. Ein einziger Fund zeigt in ausserordentlich schöner Weise die unversehrte Mineralvergesellschaftung, die verrät, dass der Coelestin gegen Ende der Calcitausscheidung zu wachsen begonnen hat und die Goethitbildung deutlich überdauerte. Auch für das Strontiumsulfat darf deshalb angenommen werden, dass es in der durch die Anwesenheit des Quarzes gekennzeichneten kiesel-sauren Lösung auskristallisierte (Fig. 21 C). Man wird

daher geneigt sein, diese Wachstumsform, die wegen ihrer prismatischen Habitusausbildung zum Typus V gestellt werden kann, als eine der möglichen Gestaltungen des Coelestins in Gegenwart von SiO_2 der hydrischen Bildungsphase zu betrachten. Bekanntlich sind wir aber diesem Typus V bereits in der „offenen“ Kluft 7 und in ähnlicher Entwicklungstendenz auch in deren Drusen begegnet, wo keinerlei sichtbare Spuren von SiO_2 festzustellen sind. Es ist deshalb Zurückhaltung vor voreiligen Rückschlüssen geboten. Immerhin ist zu sagen, dass das Kopfbild der a-Achse unseres Typus V der SiO_2 -Paragenese flächenreicher ist als der Typ V der „offenen“ Kluft 7 (Fig. 10 A). Auffallend ist auch die deutliche Wichtigkeit der Zone [011], womit sich der Kristalltyp grundsätzlich von den Typen VI und VII der Fossilhöhlräume im Cordatuskalk unterscheidet als von seiner verwandten Ausbildung in der Kluft 7, wo durch das Auftreten der Bipyramide $x\langle 122 \rangle$ die Zone [011] ebenfalls bemerkbar wird. Charakteristisch für die Quarzparagenese erscheint die olivbraune Tönung der Coelestinkristalle. Für jede paragenetisch bezeichnende Ausbildung des Coelestins in den Cordatuskalen haben wir also eine eigene Färbung: Farblosigkeit bei der erstgenannten Paragenese, Rot in Begleitung von Dolomit und Olivbraun in der Quarzparagenese. Diese Farbvariation steht im Gegensatz zu der ziemlich einheitlichen Blautönung der Kluftcoelestine.

Der auf dem Quarz aufgewachsene durchsichtige Coelestinkristall ist rein und seine Flächenausbildung erscheint etwas unsymmetrisch. Nach SCHUBNIKOW (l. c) würde dies für Auskristallisation aus kaum übersättigten Lösungen sprechen. In Anbetracht der minimalen Mengen SrSO_4 , die jeweils in Kammern der Quarzparagenese zur Ausscheidung kommen konnten, scheint dies als recht wahrscheinlich gelten zu können. Obwohl auch die übrigen Paragenesen keineswegs voluminöse Coelestinbildungen zeigen, ist es nicht unverständlich, dass die mit Quarz verbundene Paragenese das ungünstigste Verhältnis im Sr-Gehalt ihrer Mutterlauge bietet. Kommt in Begleitung von Mineralien der Quarzparagenese relativ viel Coelestin vor, so wechseln nicht nur Habitus und Farbe des Coelestins, es stellt sich auch eine andere Sukzession ein.

Unter der Bezeichnung „Paragenese 3a“ sind auf pg. 46 zwei Stufen ausführlich beschrieben worden, die nach dem oben Gesagten leicht erkennen lassen, dass wir es weder bei der ersten noch bei der zweiten mit einer „echten“ Quarz-Goethit-Coelestin-Paragenese zu tun haben. Beide Coelestinkristallisationen sind weiss bis farblos, ausgesprochen tafelig nach der Basis und weisen mit ihrer Umrandung auf die Zugehörigkeit zum Typus IV hin. Dennoch ist die Ausscheidungsfolge bei beiden grundverschieden: die eine Ammonitenkammer zeigt unzweifelhaft als erstes eine Calcit-(Pyrit)-Coelestin-Paragenese, zu der Goethit später als jüngere Ausscheidung hinzukam. Die andere Kammer lässt keinen Zweifel offen, dass die primäre Bildung eine typische, unverfälschte Quarzparagenese darstellt, in der sich sichtlich der primäre Calcit grundsätzlich von den grösseren, klaren Skalenoeder der anderen Kammerparagenese unterscheidet. Wie Figur 20 schön darstellt, scheinen die verhältnismässig mächtigen, rein weissen, fächerförmig aggregierten Tafeln des Coelestins wie Fremdkörper zu wirken. Tatsächlich haben wir es bei der ersten Stufe mit einer Paragenese 1 zu tun mit einer späteren unvollständigen Zufuhr der Paragenese 3; in der zweiten Kammer dagegen mit der Paragenese 3 als primäre Ausscheidung mit einer nachfolgenden unvollständigen Zufuhr der Paragenese 1. Dies berechtigt zu der Annahme, dass die Paragenesen 1 (Coelestin) und 2 (Quarz) der gleichen Bildungsperiode angehören. — Mit der Dolomitparagenese (3) konnten solche Vermischungen niemals beobachtet werden.

Im ganzen mögen folgende Sukzessionsbilder der Sickerwässer im Bereich der Zone C (Figur 2, Tafel IX) im Horizont der Cordatuskalke Geltung haben:



b) Die Kristallisation in den Drusen der Macrocephalen

Auf pg. 125ff. ist der Charakter dieses Vorkommens auf Grund der Beobachtungen als „Stauungslagerstätte“ eingehend beschrieben worden. Im Gegensatz zur Mineralisation der Cordatuskalke haben wir hier alle Bildungsvoraussetzungen eines „Sammelbeckens“ vor uns. Viel deutet darauf hin, dass das Vorkommen in der Macrocephalenzone der jüngsten Zeitperiode der Epigenese angehört. Damit lässt sich zunächst einmal sagen, dass auch die Werte der Bildungstemperatur relativ niedrig und kaum stark schwankend anzunehmen sein werden.

Die Paragenese ist relativ eintönig: Coelestin-Calcit-Pyrit. Farbe und Ausbildung der Coelestinkristalle erinnern an die Dolomitparagenese in den Cordatuskalen. Man könnte die Mineralvergesellschaftung der Drusen der „Konzentrationszone“ („Zone A“ der Fig. 2, Tafel IX) als „unvollständige Dolomitparagenese“ bezeichnen. Vermutlich wird dies aber den wahren Verhältnissen nicht völlig gerecht.

Dolomit ist an sich schon mengenmässig nicht so wichtig wie Calcit und Coelestin. Es sieht so aus, als sei er bereits auf dem Wege zwischen Cordatus- und Macrocephalenschichten vor allem in den Lambertiknollen hängen geblieben (s. pg. 50). Durch Funde konnte er ferner im Horizont der „Leitschicht“ (B 7 in Fig. 1) nachgewiesen werden. Somit scheint die „Zone der Wechselwirkung“ im Liegenden des Erzlagers zum letzten

Male die Bedingungen zur Kristallisation des Doppelcarbonats geboten zu haben. Wenn auch in der Zone A kein Dolomit mehr zu beobachten ist, so braucht dies keineswegs zu bedeuten, dass nun die Mutterlauge keine Mg-Ionen mehr enthalten hat. Gleichwohl bleibt die Frage offen, ob Dolomit wirklich ein einflussreicher Lösungsgenosse für den Coelestinhabitus darstellt. Mehrfach ist schon auf den Fe-Gehalt als eventuell wirksamerer Stoff hingewiesen worden.

Der qualitative Nachweis des Eisens bei Rotfärbung von Coelestin sagt natürlich noch nichts über die Konstitution des Farbstoffes aus. Insbesondere bleibt es unbewiesen, ob es sich um feinste Kriställchen von Fe_2O_3 handelt, wie es nach E. STURMFELS (43) für den roten Sylvin von Buggingen (Baden) angenommen werden muss. Das jedenfalls in der anfänglich O_2 -reichen Mutterlauge vorliegende dreiwertige Fe kann aus dem Verfallprozess oxydierter Pyrite stammen, oder unterwegs aus dem Eisenerzlager, vielleicht auch bei der Metasomatose aus dem Nebengestein der Druse herausgelöst worden sein. Es bleibt späteren Untersuchungen überlassen, diese Frage zu lösen.

Betrachten wir indessen sowohl die Typenreihe des Coelestins der Zone A als auch diejenige der Zone B, so kann zunächst festgestellt werden, dass die Rotfärbung vor allem an Ausbildungen der Typen XII (pseudobipyramidal) und XI (prismatisch) gebunden erscheint. Der Habitus des Typus XI (vgl. Fig. 31D) steht aber jenen roten Coelestinkristallen in der charakteristischen Dolomitparagenese der Cordatuskalke, die als Typus VII (Fig. 21B) bezeichnet sind, ausserordentlich nahe. — Eine auffallende Übergangserscheinung bietet das Farbenzwischenstadium von Rot nach Weiss und farblosen Fortwachsungen im Zusammenhang mit der vorwiegend isometrischen Ausbildungsweise der Coelestinkristalle (vgl. Fig. 31C, Typ X, Fig. 30, Tafel VIII). Der besonders dicktafelige Typ IX (Fig. 31B) scheint unter ähnlichen Bedingungen auskristallisiert zu sein. Sehr oft haben um einen rotgefärbten Kern weisse bis farblose Fortwachsungen stattgefunden. Andere Kristalle zeigen sogar durchgehende Entfärbung bis zum Umschlag nach Blau. Dabei wird der tafelige Typ immer weniger nach der c-Achse gestreckt und die Umrandung der Tafeln durch die besondere Betonung des Prismas $m\langle 210 \rangle$ sechseckig wie die Coelestinkristalle der auf pg. 40 besprochenen Calcit-Pyrit-Coelestin-Paragenese. Die Stufe mit tiefblauen Coelestinkristallen, die auf zuerst rot, dann weiss gefärbten Calcitkristallen aufgewachsen sind, besitzen jenen dünntafelig-rechteckigen Habitus, der den Kristallen des Typus I der Kluft 1 eigen ist. Farblose bis leicht bläuliche Kristalle des Typus IV bis V, die wir ebenfalls unter den Coelestinen der Klüfte kennengelernt haben, tragen zu der Vielheit der Habitusausbildung der Macrocephalencoelestine bei. Der eine Fund gehört der Dolomitparagenese der Zone an, ist aber merkwürdigerweise farblos und entspricht der Figur 26, Tafel VI. Letzteres Bild des Coelestins erscheint für die Herznacher Dolomitparagenese derart fremd, dass es sich nur um eine spätere Ausscheidung handeln kann. — Der zweite Fund, aus der Zone A, stellt etwa das Bild der Figur 31F (Typ IV) dar. Der Kern des Kristalls zeigt noch ein schwaches Rot von wolkig trüber, unregelmässiger Begrenzung. Die äussere Hülle ist farblos. Es findet sich die x-y-z-Reihe der Bipyramiden der Zone $[011]$, die auch an den prismatischen Kristallen des Typus XI entwickelt sind. Ihr Auftreten aber erinnert mehr an die schönen, nach der a-Achse säuligen Kristalle der Kluftdrusen. Hier tritt aber noch $a\langle 100 \rangle$ auf, eine Form, die uns aus den „offenen“ Kluftträumen begegnet ist und bislang in unserm Lagerstättengebiet den Kristallbildungen aus bewegten Lösungen vorbehalten schien.

Alle Einzelheiten der morphogenetischen Eigenart der Kristalle des Macrocephalenhorizontes lassen erkennen, dass auch hier sich sehr individuelle Züge bemerkbar machen, die sich noch nicht deuten lassen.

Wir müssen uns begnügen, wenigstens die allgemeinen Bildungsprozesse der Stauungslagerstätte im Liegenden des Erzlagers Herznach mit einiger Wahrscheinlichkeit folgendermassen zu charakterisieren:

Gemessen am Sukzessionsbild der Paragenesen der Lagerstätte in den Cordatuskalken hat die Entstehung der Stauungslagerstätte in den Macrocephalenschichten in ihrer heutigen Lage in der Bildungsphase der Dolomitparagenese ihren Anfang genommen. Es ist anzunehmen, dass die Temperatur kaum sehr verschieden von den heutigen Verhältnissen und ohne nennenswerte Schwankungen war. Die zufließenden Lösungen vermochten nur in der ersten „Auffangzone“ B, der Zone der „Wechselwirkung“ (pg. 126) Dolomit zur Ausscheidung zu bringen, während die Verhältnisse in der Mutterlauge der „Konzentrationszone“ A bei offenbar zu geringem Mg-Gehalt die Ausscheidung dieses Minerals nicht mehr ermöglichten. Die rotfärbende, vermutlich Feoxydische Komponente war nur in der ersten Phase vorhanden. Der Charakter der Mutterlauge muss sich im Verlauf der Ausscheidungsperiode geändert haben, und diese Änderung scheint in noch nicht genau angebbarer Weise sowohl für den Farbwechsel als auch für die Habitusgestaltung der Coelestinkristalle verantwortlich zu sein.

Die Bildungsperiode der Stauungslagerstätte hat offensichtlich die Dolomitphase weit überdauert. Die älteren roten SrSO_4 -Ausscheidungen zeigen mit ihren weissen bis farblosen Fortwachsungen und der gleichzeitigen Habitusveränderung Tendenzen, die wieder zu der Kristallgestaltung des Coelestins der frühesten Calcit-Pyrit-Coelestin-Paragenese zurückführen. Die tiefblauen Tafeln der vermutlich jüngsten Coelestinausscheidung der Lagerstätte lassen sich mit Typ I der Kluft 1 vergleichen. Die säulig nach der a-Achse gestreckten, sehr seltenen Kristalle des Typus IV erinnern an die Kluftdrusen. Die spatelförmigen, extrem nach der b-Achse gestreckten Kristalle einer einmal gefundenen strahlig-blättrigen Hohlraumausfüllung eines Macrocephalen (Fig. 27, Tafel VI, pg. 57), steht scheinbar ohne jede Beziehung zu der vorgenannten genetischen Entwicklungsreihe.

Genauer über die Habitusbeeinflussung durch Lösungsgenossen vermag auch die Betrachtung der Kristallentwicklung in der Stauungslagerstätte nicht zu geben. Trotzdem sei in einem weiteren Abschnitt versucht, alles darauf Bezügliche nochmals zusammenzustellen, da letzten Endes der Habitus doch in erster Linie davon abhängig zu sein scheint.

4. DIE ROLLE DER LÖSUNGSGENOSSEN

Die vermutlichen und wichtigsten Stoffgehalte der Minerallösungen im ganzen Bildungsraum und in der ganzen Zeitperiode der Epigenese sind pg. 125 zusammengestellt. Fasst man die dort aufgezählten Ionen und Stoffe in mögliche Mineralverbindungen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

Zur Ausscheidung gekommene Mineralien:

Calcit, CaCO_3 ; Dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$;

Coelestin, SrSO_4 ; Gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

Pyrit, FeS_2 ; Goethit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

Limonit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$;

Quarz, SiO_2 .

In den Lösungen enthaltene, unsichtbar gebliebene Mineralien und Stoffe:

Kochsalz, NaCl;

Schwefelsäure, H_2SO_4 ; CO_3 , CO_2 , HCO_3 ;

Sauerstoff, O_2 ;

Ein unbestimmter roter Farbstoff mit Fe^{+++} .

Den ursprünglichen Gesteinen gehörten vermutlich bereits an: Steinsalz, Calcit, Dolomit, Pyrit, Quarz (Kieselsäure) und (?) Strontianit, vielleicht auch Coelestin, aber kaum Gips. Goethit ist auch jetziges Hauptmineral der Oolithkörner.

Durch geochemische Umsetzungsprozesse sind wahrscheinlich folgende Mineralien und Stoffe neu entstanden: Coelestin, Goethit in grösseren Kristallen, Limonit, Gips, ferner Schwefel- und Kohlensäure und der rote Farbstoff.

Der Sauerstoff ist durch den atmosphärischen Wasserzufluss in die Minerallösungen gelangt.

Mit dem Eindringen der Sickerlösungen und der Oberflächenwässer in das Schichtenpaket des Lagerstättenraumes wird zuerst die Hauptmenge des an sich kleinen NaCl-Gehaltes geändert worden sein. NaCl wurde, wenn vorhanden, frei und befand sich in späteren Sickerwässern kaum noch vor. Calcit und Pyrit gingen in Lösung oder Zersetzung. Die Sr-Substanz, vermutlich aus Strontianit, wurde frei, vom Sickerwasser fortgeführt. Ihre Ionen kamen dabei in Berührung mit dem durch das sauerstoffreiche Wasser zur Oxydation gebrachten Pyrit. Es entstand nicht nur Coelestin, sondern auch Ferrihydroxyd und Schwefelsäure. Die Paragenese Calcit-Pyrit-Coelestin ist die Hauptresultante der Stoffänderungen. Sie trägt gewissermassen die übrigen Paragenesen mit, und tatsächlich scheint es, als seien Quarz-Goethit einerseits, Dolomit (und später Gips) andererseits nur Akzessorien dazu, was nicht ausschliesst, dass sie habitusbestimmend sein konnten.

Verhältnismässig frühzeitig muss die Kieselsäure nach den Cordatusschichten abgewandert sein. Ihre Aktivität ist nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich begrenzt. Sie wirkte sich innerhalb der Periode der ersten Calcit-Pyrit-Coelestin-Abscheidung aus. Um so eigenartiger beherrscht sie die Paragenese. Der Calcit nimmt ein eher anderes Aussehen an; es entstehen schöne Goethitkristalle und sich ausscheidender Coelestin wird in seiner Kristallgestalt in bestimmter Richtung beeinflusst. Soweit die spärlichen Funde dies erlauben, scheint für die Fundstätte Herznach festzustellen sein, dass Quarz als Lösungsgenosse in der hydrischen Phase bei Temperaturen nahe der Erdoberfläche die Bildung von nach $\langle 011 \rangle$ prismatischen Coelestinkristallen begünstigt.

Schwieriger ist die Ursache des Coelestinhabitues in der Dolomitparagenese aufzuklären. Es finden sich nämlich keine eindeutigen Anzeichen, ob Dolomit, resp. das Mg-Ion oder der für die Paragenese so bezeichnende Farbstoff, dessen Natur nicht festzustellen war (s. pg. 143), für das Lokalkolorit verantwortlich sind.

Noch grössere Schwierigkeiten bietet die Ermittlung der wirksamen Wachstumsfaktoren der Coelestinkristalle in der Grundparagenese. Die Mineralvergesellschaftung Calcit-Pyrit-Coelestin findet sich bekanntlich sowohl in den Klüften als auch in den Fossilhohlräumen mit teils sehr nahe verwandten, teils sehr verschiedenen Habitusausbildungen der Coelestinkristalle vor. Man sollte meinen, dass es in dieser artenarmen Paragenese nicht schwer sein sollte, die den Habitus bestimmenden Lösungsgenossen zu finden. Allein manches deutet darauf hin, dass es nicht die sichtbaren Begleiter des Coelestins waren, auf welche die Kristallentwicklung reagiert hat.

Aus den Beobachtungen liess sich ableiten, dass vermutlich ein guter Teil des pri-

mären Coelestins seine Entstehung der Reaktion $\text{Sr}^{++}:\text{SO}_4^{--}$ zu verdanken hat, wobei der Bildungsanlass der Sulfationen sicherlich auf die Oxydation des Pyrits zurückzuführen ist. Die prächtige Wandlungsreihe der Coelestinkristalle der Typen I–II–III in der „offenen“, Kluft 1, in der sich die Bildungsumstände noch am klarsten ablesen lassen, gibt besonderen Anlass, bestimmte Zusammenhänge mit den sicherlich stets in unsern Minerallösungen in Rechnung zu setzenden nicht-äquivalenten Mengen der Ionen des SrSO_4 zu suchen, wobei speziell ein überschüssiger Gehalt an Sulfationen (neutralisiert durch Mg-, Ca- und Na-Ionen) von Einfluss auf den Habitus des Coelestins sein konnte. Aber noch schwerer als bei den „sichtbaren“ Wachstumsgeossen ist eine Wirkung der Anwesenheit der eventuell vorhanden gewesenen „unsichtbaren“ Lösungsgeossen (grosse Labilität der entsprechenden Sulfate) nachzuweisen, wozu auch NaCl gehören kann.

Damit aber wird der Versuch, die Grosszahl der Habitusausbildungen des Coelestins auf Grund der wirklichen Paragenese, der erkennbaren Bildungsumstände und auch des Aussehens der Kristalle (z. B. Farbe, Durchsichtigkeit u. a.) abzuleiten, praktisch unmöglich. Es müssen notgedrungen zur Zeit noch alle äusserlichen Indizien der natürlichen Wachstumsbedingungen der Kristalle, im besonderen Falle des Coelestins, ohne entsprechende experimentelle Grundlage und ohne eine möglichst weit vorgetriebene statistische Erfassung der natürlichen Entstehungsbedingungen und ihrer Äusserungen, höchst unzuverlässig bleiben. Die vielseitigen Beobachtungen über die Herznacher Minerallagerstätte bilden daher zur Zeit nur einen statistisch verwertbaren Beitrag zum Problem des Kristallwachstums; doch schien uns die Diskussion wertvoll zu sein, damit nicht auch andersorts voreilige Schlussfolgerungen aus weit spärlicherem Material gezogen werden.

5. MORPHOGENETISCHE VERGLEICHE

Obschon das Resultat der minerogenetischen und paragenetischen Untersuchungen der Herznacher Lagerstätte nicht zur Aufstellung bestimmter, mit besonderen Aussenbedingungen verknüpfter Coelestinkristalltypen ermutigt, bleibt uns doch noch übrig, jene Typen, die durch ihre Bindung an eine bestimmte Paragenese ausgezeichnet zu sein scheinen, mit Coelestinen anderer Fundorte zu vergleichen. Es liegt z. B. nahe, den „Kieselsäuretyp“ unter jenen Lokalitäten zu suchen, bei denen Quarz und seine Varietäten als Begleiter angegeben sind. Aber weder die Kristalle des Baltschiedertales, noch die Coelestine von Kasan und Häring verraten in ihrer Beschreibung akzeptable Ähnlichkeiten, weder in den bevorzugten Zonen noch in den Formkombinationen. Überall findet sich die Basis und auffallenderweise auch die Pinakoid $a\langle 100 \rangle$, die gerade unserem Kieselsäuretyp fehlen. Wohl ist die nach der a -Achse säulig-prismatische Ausbildung nach der Beschreibung an den genannten quarzfündigen Lokalitäten zu finden, aber dieser Habitus findet sich auch an anderen Fundorten, wo Quarz nicht vorzukommen scheint. Wählt man unter Benützung des „Atlas der Krystallformen“ von V. GOLDSCHMIDT (32) jene Kristallgestalten aus, die unserem Kieselsäuretyp am nächsten kommen, so stellt man fest, dass dieser ausgezeichnet prismatische Habitus nach $o\langle 011 \rangle$ in zahlreichen Varianten von sizilianischen Vorkommen gemeldet ist, wo nicht Quarz, wohl aber Schwefel mitbricht. So steht etwa die Figur 99 der Tafel 222 unserem Typus sehr nahe. Figur 213 der Tafel 229 stellt die Gestalt des Coelestins von Ville-sur-Saulx (Dep. Meuse) dar. F. STOEBER (82) gibt darüber an, dass der Coelestin in Drusen von Kimmeridge-Mergeln oder oolithischen Kalken vorkommt. Ob er von Quarzkristallen begleitet

wird, ist nicht erwähnt. Die Kristalle sind übrigens sehr ähnlich denjenigen aus dem Malm von Brousseval (Hte. Marne) (F. STOEGER (81)). Ohne Zweifel überrascht Figur 267 der Tafel 232 durch ihre weitgehende Übereinstimmung mit unserem Kieselsäuretypus. Leider hat GOLDSCHMIDT die diesbezüglichen Angaben aus persönlicher Mitteilung von BENSCHAUDE übernommen, aus der einzig hervorgeht, dass dieser Coelestin bei Lissabon gefunden wurde.

Ähnliche Enttäuschungen über die Spärlichkeit der Literaturangaben lassen sich beim Einreihungsversuch unseres „Dolomittypus“ unter die Coelestintypen dolomitischer Paragenese anderer Funde erwarten, wiewohl z. B. der Typus 4 des Coelestins von Leogang (BUCHRUCKER (54)) Tendenzen zeigt, die sich mit der Habitusentwicklung unseres „Dolomittypus“ insofern vergleichen lassen, als sie auch das etwas geförderte Wachstum der Kristalle nach der c-Achse, den prismatischen Habitus mit Bipyramiden ($\langle 312 \rangle$ und $\langle 211 \rangle$) verraten. Dieser Typus 4 sitzt auf spitzrhomboedrischen Dolomitkristallen auf.

Wegen der verschiedenen Voraussetzungen der Lagerstättenbetrachtung dürfte es übrigens geboten scheinen, im Bestreben, ältere Fundortsbeschreibungen zu Vergleichen heranzuziehen, Zurückhaltung zu üben. Anders verhält es sich mit neueren Lagerstättenuntersuchungen, bei denen die minerogenetischen und paragenetischen Verhältnisse der Vorkommen eine mehr oder weniger aufmerksame Beachtung gefunden haben.

In diesem Sinne verdient die Beschreibung

des Coelestinvorkommens von Cluj

(Siebenbürgen) durch S. v. GLISZCZYNSKI und E. STOICOVICI (59) spezielles Interesse. Die Verfasser weisen zunächst auf die Funde von SZADECKY im Jahre 1899 hin, nach denen Coelestin nur in Drusen in Gesellschaft von würfeligem Pyrit, z. T. limonitisiert und von Calcit und Gips begleitet in den oberen Grobkalkschichten des mittleren Eocäns vorkommt. Diese Coelestine sind stets nach der a-Achse gestreckt und besitzen säulenförmigen bis nach $\langle 001 \rangle$ dicktafeligen Habitus. Die Formen sind nicht zahlreich: $o\langle 011 \rangle$, $c\langle 001 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$ und $l\langle 102 \rangle$. Nach den wiedergegebenen Zeichnungen stehen diese Coelestine unseren Kristallen der „offenen“ Kluft 7 sehr nahe. Das bedeutet keinen Gegensatz, denn nach den Erfahrungen in Herznach ist es für den Coelestinhabitus unwesentlich, ob er in Drusen oder Klüften entstanden ist, ganz abgesehen davon, dass die Kristalle in der „offenen“ Kluft 7 jedenfalls auch in gestauter Mutterlauge gewachsen sein werden (s. pg. 134). Überraschend ist aber die Übereinstimmung des würfeligen Pyrits als Drusenmerkmal. Bekanntlich tritt uns dieser Habitus in den Ammonitenkammern des Cordatuskalkes entgegen. — Die Verfasser haben nun ihrerseits in den Steinbrüchen, aber ausschliesslich auf Klüften und bei gleicher Paragenese, Coelestine gefunden, die nur nach der b-Achse entwickelt sind und nach der Basis tafelige bis fast isometrische Formen zeigen. Die Formenkombination ist dieselbe, doch findet sich selten dazu die Bipyramide $y\langle 111 \rangle$. Man muss bekennen, dass diese säulig-tafeligen, tafeligen und ausgesprochen dicksäuligen Kristallgestalten sich kaum neben unsere Kluftcoelestine stellen lassen. Viel eher erinnern die mehr nach der c-Achse gestreckten Formen an die Drusen-coelestine in der Herznacher Macrocephalenzone. Auch hier bestätigt sich die Habitusübereinstimmung des Pyrits der Klüfte, der wie in Herznach oktaedrisch kristallisiert. Die Verfasser beachten wohl die gemeinsame Habitusänderung des Coelestins und des Pyrits in bezug auf ihre Entstehung in Drusen oder Klüften der Kalksteinbrüche von Cluj, geben aber zu, dass es auch ihnen nicht möglich war, diese Erscheinungen zu deuten. In Herznach konnte festgestellt werden, dass die Habitusänderung des Pyrits nicht gleichsinnig mit der des Coelestins verläuft (s. pg. 138).

Die Verfasser versuchen nachzuweisen, dass sich die von SZADÉCKY gefundenen, nach der a-Achse gestreckten Coelestinkristalle aus der Reaktion Pyrit:Sr-Lösung gebildet haben. In Herznach haben die Beobachtungen ganz unabhängig davon zum gleichen Resultat geführt. Wenn man den Habitus jener Coelestinkristalle von Cluj, die in der Reaktion mit Pyrit gewachsen sein sollen, vergleicht mit unseren Coelestinen der Kluft 1, die — wie Fig. 3, Tafel I, zeigt — auf gleiche Weise gebildet sind, könnte man zunächst den nach der a-Achse gestreckten, tafeligen, rechteckigen Habitus (mit kleinem $m(210)$) mit der SrSO_4 -Entstehung in spontaner Reaktion mit zerfallendem Pyrit in Verbindung bringen. Mit der Herznacher Lagerstätte vor Augen wird man aber dann den Verfassern nicht folgen können, wenn sie die nach der b-Achse gestreckten Coelestintypen der Klüfte, die sie nicht auf die Limonitisierung des Pyrits zurückführen, als hydrothermale Bildungen zu deuten versuchen. Auch die Herznacher Coelestine schliessen Pyrit ein. Nichts findet sich an der Lagerstätte von Cluj, das durch spezielle Bildungs-umstände erklärt werden müsste. Man kann daher mit den Verf. wohl einig gehen, dass die von ihnen gefundenen Kluftcoelestine vermutlich jünger als die SZADÉCKY'schen Drusenkristalle sind. Allein ihre Entstehung wird man sich gerade so zwanglos aus hydri-schen Bedingungen durch Wiederauflösung einmal abgeschiedenen Strontiumsulfats bei veränderter Zusammensetzung der Minerallösungen denken können, wie sich das so schön in Herznach gezeigt hat. Die Gegenwart von Gips lässt vermuten, dass besonders SO_4^{--} -reiche Lösungen eine Rolle gespielt haben. Im übrigen ist aber die Paragenese die gleiche Grundparagenese, die wir in Herznach als so reich an Formenvarianten der Coelestinkristalle kennen gelernt haben, und es scheint so, dass die Kristalle von Cluj — soweit sie zur Gruppe der nach der b-Achse gestreckten zu zählen sind — nur einen weiteren Beitrag zur Mannigfaltigkeit als Ganzes stellen.

Nach den Beobachtungen im Bergwerk Herznach wird es verständlich, wenn man eine grössere Häufigkeit

im schweizerischen Juragebirge

erwartet, als bis jetzt allgemein angenommen wurde. Da in der Literatur wenig Angaben über minerogenetische Beobachtungen zu finden sind, ist es nicht ohne weiteres möglich, in diesem Sinne unsere Juramineralien zu diskutieren. Die wenig tiefeschürfende Plauderei von F. HENZ (61) über „Jura-Coelestine“ trägt nichts Wesentliches dazu bei.

O. GRUETTER (33) hat an alten und neuen Funden von Coelestin im Schweizer Jura aufgezählt: Wasserfluh, Staffelegg, Frohbürg bei Olten, Oberkirch und Creux du Voubourg (Kt. Bern), Günsberg (Solothurn), Reuchenette bei Biel und schliesslich noch neben Pratteln die Vorkommen aus dem Hauenstein-Basistunnel und von Nieder-Schönthal³⁾ bei Liestal im Kanton Baselland. An diesen Orten kommt der Coelestin nach GRUETTER als Kluft- oder als Drusenmineral vor. Seine Ausbildungsweise stimmt, so verschieden die Erscheinungsformen auch sein mögen, mit irgend einem Fundpunkt der Herznacher Lagerstätte vergleichsweise mehr oder weniger überein. Noch geringere Abweichungen verraten die Formkombinationen. Die gemeldeten Formen sind alle solche, die in Herznach „charakteristische Leitformen“ im Sinne P. NIGGLIS darstellen oder wenigstens, wie im Falle der Form $l(102)$, überaus häufig sind. Einzig in Günsberg, einem Fundpunkt im Gipskeuper, wird eine $\langle 0kl \rangle$ -Form registriert, die in Herznach unbekannt und wohl für den Ort eine charakteristische Lokalform ist. Im übrigen kann nur darauf hingewiesen werden, dass sich die tafeligen und säuligen Kristalle, die blättrigen und

³⁾ Schreibweise „Nieder-Schönthal“ nach der Topogr. Karte der Schweiz, 1936. 1 : 100 000.

grobkristallinen Varietäten des Coelestins kaum irgendwie über die Erscheinungsformen der Herznacher Lagerstätte hervorheben, während andererseits zu sagen ist, dass etwa der „Herznacher“ oder auch der „Leoganger“ Typ III unseres Coelestins sowie die pseudobipyramidalen Individuen der Macrocephalenzzone bis jetzt noch nirgends sonst aus unserem Jura erwähnt werden.

HENZ (l. c.) meldet noch als neuere Funde diejenigen von Hägendorf in den Humphrieschichten (A. ERNI) und vom Blitzberg bei Klingnau (H. SCHMASSMANN und A. ERNI), ohne dass nähere Angaben gemacht werden.

Ein besonderes (jedoch mit den Herznacher Funden nicht vergleichbares) Vorkommen ist der Fasercoelestin am Buchberg und Eichberg (Kt. Schaffhausen). Im Jahre 1945 habe ich ebenfalls faserigen Coelestin in einer Kohlenmine des Bassin d'Oron (Kt. Waadt) gefunden, der dort in etwa 8 mm dicken Adern das Lager durchsetzt. Die kurzen, spröden Fasern sind weiss mit einem Stich ins Blaue. Die chemische Identifizierung mit SrSO_4 hat Herr Prof. Dr. J. JAKOB, Eidgen. Technische Hochschule Zürich, in verdankenswerter Weise ausgeführt.

In Verbindung mit der vorliegenden Arbeit lernte ich allein in nächster Umgebung von Frick drei voneinander unabhängige Lokalitäten kennen (s. a. A. FREI (31)), wovon eine bei Gipf-Oberfrick (in einem Liasaufschluss im Bachbett) deshalb interessant ist, weil sie nach Erkenntnis des Wesens der Stauungslagerstätte von mir als „Probe aufs Exempel“ gewissermassen erwartet wurde. Aus der Kammer eines *Arietites* sp. (Unt. Lias) lag mir ein sehr gut ausgebildeter, relativ grosser, farbloser Einzelkristall von Coelestin vor, der in seinem Habitus ganz auffallend dem tafeligen Typ IX der Kammerdrusen der Macrocephalenzzone unseres Herznacher Vorkommens gleichgesetzt werden kann (vgl. Fig. 31A), wenn er auch nicht den Formenreichtum desselben aufweist. Erwartet wurde der Coelestinfund im Taleinschnitt des Bruggbaches deshalb, weil hier eine ähnliche tektonische Schichtenneigung gegen den Taleinschnitt nach L. BRAUN (1) angenommen werden kann, wie wir sie im Bereich der Stauungslagerstätte von Herznach kennen gelernt haben.

Das merkwürdige Vorkommen von Gipf-Oberfrick erinnert an die ganz ähnlich gelegene

Lagerstätte von Nieder-Schönthal,

die von jeher als die klassische Coelestinfundstelle unserer Heimat gilt. Nicht nur, dass auch diese Lokalität im Taltiefsten, im Bacheinschnitt, angetroffen wird; sie hat mit Gipf-Oberfrick auch den geologischen Horizont gemeinsam und stimmt sehr wahrscheinlich auch in der Voraussetzung der tektonischen Schichtenlagerung mit den Herznacher Bildungsbereichen der Stauungslagerstätte überein. Auch die auffallende Anreicherung des Strontiumsulfats in diesem Taltiefsten ist dem Herznacher Vorkommen verwandt, wogegen das Gipf-Oberfricker Vorkommen infolge der Kleinheit des Aufschlusses noch keinen Vergleich zulässt.

O. GRUETTER (33) charakterisiert die Nieder-Schönthaler Kristalle im Habitus als dem Vorkommen im Hauenstein-Basistunnel entsprechend. Die Vermutung, dass das Nieder-Schönthaler Vorkommen vielleicht durch die mögliche Bildungsverwandtschaft mit der Herznacher Stauungslagerstätte einen weiteren Beitrag zur Frage der Morphogenese unseres Jura-Coelestins leisten könnte, liess es wünschenswert erscheinen, an Handstücken die Eigenart des Vorkommens und der Kristalle eingehender zu studieren. Ein persönlicher Besuch des abgesuchten Ortes war ganz unbefriedigend. Ich bin daher den Herren Prof. Dr. M. REINHARD und Dr. O. GRUETTER, Universität Basel, zu grossem

Dank verpflichtet, dass sie mir eine Reihe instruktiver Stufen von der Fundstelle zur Verfügung gestellt haben.

Das überwiegende Auftreten weissen, bläulichen, bis sogar etwas grünlichen, derb-blättrigen Coelestins, der in den Umgängen der Ammoniten nicht nur Kammern vollständig ausfüllt, sondern auch die ehemalige Versteinerungssubstanz verdrängt hat, verstärkt den Eindruck, dass die Lagerstätte wie in Herznach durch Stauung der SrSO_4 -reichen Sickerlösungen entstanden sein könnte. Manche Stufen ähneln den coelestinierten Ammoniten des Herznacher Erzlagers sehr stark. Ein Handstück mit weissem, strahlig-blättrigem Coelestin, der eine Ammonitenkammer völlig ausfüllt und deren Wände zuerst von scheinbar steil rhomboedrisch kristallisiertem farblosem Calcit und gelbem Dolomit (? Ankerit) besetzt wurden, gleicht völlig dem weissen, strahlig-blättrigen Coelestin aus der Herznacher Macrocephalenzone, dem nach Figur 27 spatelförmig nach der b-Achse gestreckte Kristalle zugrundeliegen.

Natürlich sind die Kammerdrusen für die morphogenetische Untersuchung wesentlich interessanter. Vorausgeschickt sei, dass die vorgelegten Kristalle teilweise schon deutliche Verwitterungserscheinungen aufweisen. Doch finden sich auch Kammern mit vorzüglich frisch erhaltenen Coelestinkristallen. Die Handstücke lassen folgendes erkennen:

Paragenese: Vorherrschend Calcit + Pyrit + Coelestin, also entsprechend unserer „Grundparagenese“. Weniger häufig gelber Dolomit, wahrscheinlich selten noch Gips, der wie Coelestin Kammern auszufüllen vermag.

Calcit: Farblose Skalenoeder wie in Herznach, als erste Ausscheidung die Kammerwände auskleidend. Zum Teil noch ziemlich frisch.

Pyrit: In grösserer Menge als in Herznach. Ausscheidung wahrscheinlich während der ganzen Mineralisationsperiode. Sogar in Calcit eingeschlossen und noch auf Coelestin aufgewachsen. Ganz frische Kristalle bestehen kaum mehr. Von angelaufener Kristalloberfläche bis zur völligen Limonitisierung zeigen sich alle Übergänge.

Formen: Das Pentagondodekaeder, $e\langle 210 \rangle$; viel seltener der reine Würfel, $a\langle 100 \rangle$. Kombinationen: $e \cdot a = \langle 210 \rangle \cdot \langle 100 \rangle$; manchmal auch ein fast modellartig ausgebildetes Ikosaeder, $o\langle 111 \rangle \cdot e\langle 210 \rangle$ (vgl. Fig. 14F, pg. 63 des Lehrbuches P. NIGGLI, Band II (42)). — Der Würfel zeigt mitunter auch die paramorphe Streifung.

Dolomit (? Ankerit nach O. GRUETTER (33)): Ausscheidung nach der Calcitbildung. Durchwegs älter als der Coelestin. Meist sattelförmig gekrümmte Einheitsrhomboeder. Oft ziemlich verwittert.

Gips: Anscheinend sehr spärlich. Eine farblose, durchsichtige, tafelige Masse, die eine Kammer ganz erfüllt hat, ist dem Vorkommen in den Cordatuskalken der Herznacher Lagerstätte (Fig. 22) überaus ähnlich.

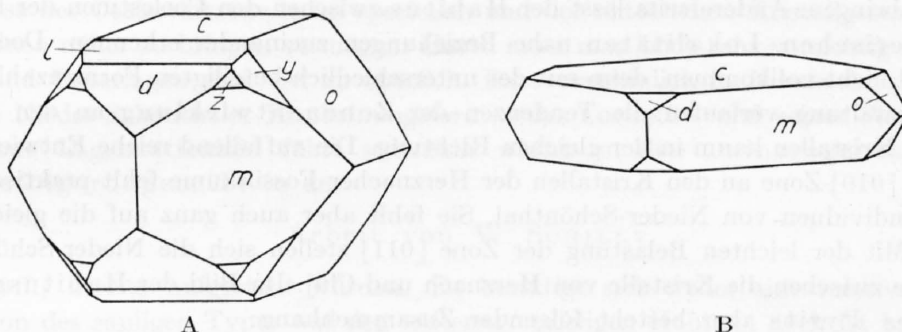
Coelestin: Auch hier ist der Coelestin das am schönsten kristallisierte Mineral. Die Kristalle sind in der Regel farblos, selten bläulich, durchsichtig und glasglänzend. In ihrer Grösse stehen sie den Herznacher Individuen aus der Macrocephalenzone nicht oder nur wenig nach.

Morphologie: Die Kristallgestaltung wird von insgesamt 7 Formen bestritten, soweit dies aus den mir vorgelegten Stufen ersichtlich ist: $c\langle 001 \rangle$, $o\langle 011 \rangle$, $m\langle 210 \rangle$, $d\langle 101 \rangle$, $l\langle 102 \rangle$, $z\langle 211 \rangle$ und $y\langle 111 \rangle$. Gegenüber den entsprechenden Herznacher Flächenreihen erscheinen die Coelestine von Nieder-Schönthal recht formenarm und erinnern mehr an die Kristalle von Cluj. Die Bipyramiden $z\langle 211 \rangle$ und $y\langle 111 \rangle$, im Gegensatz zu den übrigen Formen weniger oft auftretend, sind immer klein entwickelt. Neben der Basis wird besonders $m\langle 210 \rangle$ wichtig. Von den Prismen II. St. ist $l\langle 102 \rangle$ auffallend oft bedeutend grösser entwickelt als $d\langle 101 \rangle$. Eine ganz ähnliche Ausbildung stellt die Kristall-

gruppe unserer Figur 15, Tafel III, dar, die aus der (Grund)-Paragenese 1 unserer Cordatuskalke herrührt.

$l\langle 102 \rangle$ ist parallel der b-Achse stark gestreift. Das Prisma I. St., $o\langle 011 \rangle$, ist wie in Herznach angeätzt, daher matt und trüb. Auf $d\langle 101 \rangle$ konnten trapezförmige Ätzfiguren beobachtet werden, die gegen die c-Achse gerichtet sind und deren Paralleelseiten parallel der b-Achse liegen.

Habitus und Formenkombinationen des Coelestins seien noch in Verbindung mit der Paragenese betrachtet:



Figur 42. Zwei Coelestin-Kristalltypen des Vorkommens von Nieder-Schönthal (Kt. Baselland)
Flächen: c(001), m(210), o(011), d(101), l(102), z(211), y(111)

1. „Grundparagenese“: Calcit-Pyrit-Coelestin.

Dicktafelig, und dann durch die starke Entwicklung von $m\langle 210 \rangle$ rhombisch erscheinend und mehr nach der b-Achse gestreckt, bis isometrisch:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 211 \rangle \cdot \langle 111 \rangle; \text{ siehe auch Figur 42 A} \\ \langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 102 \rangle.$$

Tafelig. Begrenzung weitaus überwiegend durch $c\langle 001 \rangle$ und $m\langle 210 \rangle$, daher deutlich rhombische Tafeln darstellend:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \text{ s. Figur 42 B.}$$

Dünntafelig nach der Basis, leicht nach der b-Achse gestreckt:

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle.$$

2. „Dolomitparagenese“: Calcit-Dolomit (? Ankerit)-Pyrit-Coelestin.

Sechseckig tafelig (sehr ähnlich den Fig. 14 und 21 A der Grundparagenese der Cordatuskalke):

$$\langle 001 \rangle \cdot \langle 210 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 102 \rangle \cdot \langle 101 \rangle \cdot \langle 211 \rangle.$$

Die Herznacher Dolomitparagenese ist derart für den Coelestin charakteristisch und von der Ausbildung der „Grundparagenese“ so verschieden, dass nochmals berechtigt erscheint, hier festzustellen, dass der Coelestinhabitus von der Anwesenheit des Dolomits in keiner eindeutigen Weise beeinflusst wird. Damit aber soll nicht gesagt sein, dass der Dolomit in diesem Falle keine Wirkung als möglicher aktiver Lösungsgenosse ausgeübt habe. Nach dem Aussehen der Mineralsukzession der Nieder-Schönthaler Vorkommen ist viel eher zu vermuten, dass der Coelestin erst viel später (als die „Dolomitperiode“ längst beendet war) aus selbständigen Lösungen der „Grundparagenese“ ausgeschieden wurde.

Es ist überhaupt für die Nieder-Schönthaler Lagerstätte eine wichtige Erscheinung, dass der Pyrit nicht nur sehr häufig, sondern in der ganzen Bildungsphase des Coelestins erscheint. Es gibt fast kein grösserer Coelestinkristall, der nicht FeS_2 eingeschlossen hätte. Offenbar ist Pyrit ebenfalls im Vorkommen von Cluj recht häufig, während seine Gegenwart in den Fossilhohlräumen von Herznach lange nicht so eindrucksvoll ist. Wenn wir nun in diesem Sinne das Gemeinschaftliche der Lagerstätten von Cluj und Nieder-Schönthal betrachten, so drängt sich zuerst die Formenarmut der Coelestinkristalle auf. Dagegen sind sie durch die habitusbestimmende Entwicklung des Prismas III. St., $m\langle 210 \rangle$, am basellandschaftlichen Fundort nicht miteinander in Einklang zu bringen. Andererseits lässt der Habitus zwischen den Coelestinen der beiden schweizerischen Lokalitäten nahe Beziehungen zueinander erkennen. Doch auch diese sind nicht vollkommen, denn mit der unterschiedlich beteiligten Formenanzahl an der Kristallgestaltung verlaufen die Tendenzen der Zonenentwicklung an den schweizerischen Kristallen kaum in der gleichen Richtung. Die auffallend reiche Entwicklungsreihe der $[010]$ -Zone an den Kristallen der Herznacher Fossilräume fehlt praktisch ganz an den Individuen von Nieder-Schönthal. Sie fehlt aber auch ganz auf die gleiche Art in Cluj. Mit der leichten Belastung der Zone $[011]$ stellen sich die Nieder-Schönthaler Coelestine zwischen die Kristalle von Herznach und Cluj. Im Bild der Habitusgestaltung des Pyrits aber besteht folgender Zusammenhang:

Fundort:	aus Drusen:	in Klüften:
Cluj	$\langle 100 \rangle$, —	..... $\langle 111 \rangle$
Nieder-Schönthal	$\langle 100 \rangle$, $\langle 210 \rangle$ —
Herznach	$\langle 100 \rangle$, ? $\langle 210 \rangle$	..... $\langle 111 \rangle^4$

Es ist dabei festzuhalten, dass keine Stufen aus Klüften vom Vorkommen bei Nieder-Schönthal untersucht werden konnten. Das Oktaeder wurde an beiden andern Fundorten nur auf Klüften beobachtet. Würfel und Pentagondodekaeder sind offenbar für Drusen charakteristisch.

Alles in allem überschneiden und ergänzen sich die Merkmale der Lagerstätten von Herznach, Nieder-Schönthal und Cluj, so dass man versucht ist, trotz allem für alle drei Vorkommen im grossen weitgehend ähnliche Bildungsbedingungen anzunehmen, wobei offenbar in Herznach optimale Verhältnisse für die Habitusempfindlichkeit des Coelestins geherrscht haben. Für diese Bildungsbedingungen ist die vorherrschende Vergesellschaftung des Coelestins mit Pyrit überaus charakteristisch und unterscheidet sich z. B. grundsätzlich von der Schwefelparagenese des Coelestins. Was aber die Beobachtung in Herznach nicht zu klären vermochte, lässt der Vergleich der Vorkommen von Nieder-Schönthal und Cluj mit unserer Lagerstätte als vorläufig hypothetisches Positivum vermuten: nämlich, dass mit der Wachstumsgesellschaft der Coelestinkristalle mit Pyrit doch eine deutliche Wachstumsbeeinflussung der Coelestinindividuen verbunden sein könnte in dem Sinne, dass die Kristalle mit zunehmendem Pyritgehalt formenärmer werden. Beachtet man, auf welche Formen sich die Kristalle von Nieder-Schönthal und Cluj zurückgezogen haben, so ergibt sich, dass es diejenigen sind, die in Herznach die „Grundkombination“ der charakteristischen Leitformen mit der charakteristischen Nebenleitform umfassen. Erst eine statistische Weiterverfolgung wird entscheiden, ob die „Grundkombination“: $\langle 001 \rangle \cdot \langle 011 \rangle \cdot \langle 210 \rangle$.

⁴⁾ In Drusen der Birmensdorfer Schichten mit Sphalerit zeigt der Pyrit die Kombination $a \cdot o = \langle 100 \rangle \cdot \langle 111 \rangle$, wobei aber $\langle 100 \rangle$ vorherrscht.

⟨101⟩·⟨211⟩·⟨102⟩ eine Art Grundtypus der „Pyritparagenese“ des Coelestins darstellt. Es scheint so, als würde bei mengenmässigem Zurücktreten des Schwefeleisens auch seine Wirkung als Lösungsgenosse schwächer und es würde dann der Weg für Einflüsse anderer Wachstumsbedingungen mehr und mehr frei.

So hypothetisch noch alles bleibt, es besteht kein Zweifel, dass der vorstehende Versuch der vergleichenden Gegenüberstellung des genetischen Lagerstättenbildes der drei Coelestinlokalitäten zu der Hoffnung berechtigt, dass weitere Beitragsleistungen zur statistischen Erfassung der morphogenetischen Eigenarten der einzelnen Vorkommen uns schliesslich doch dem erstrebenswerten Ziel der Aufklärung des Problems der Morphogenese der Coelestinkristalle im speziellen und der natürlichen Kristallgestaltung im allgemeinen näher zu bringen vermögen. Heute muss man noch sehr vorsichtig sein, Angaben und Unterlagen sind viel zu spärlich. Das vornehmlich in Herznach, aber auch aus den Nieder-Schönthaler Erscheinungsformen des Coelestins und seiner Paragenesen gewonnene Lagerstättenbild führt jedenfalls nicht zu den „minerogenetischen“ Schlussfolgerungen, die in der

Arbeit von W. SCHILLY

(s. pg. 89ff.) bereits aufgestellt wurden. Es bestätigt sich weder eine relative Alterssukzession des säuligen Typus auf den „älteren“ tafeligen Habitus, noch ist beweisbar, dass der tafelige Coelestin im Zusammenhang mit dem Auftreten des Dolomits steht. Man wird sich überhaupt fragen müssen, ob eine Zusammenstellung von Stufen ohne eingehendes Studium der zugehörigen Verhältnisse der Lagerstättengestaltung zur erhofften Klärung unseres Problems viel beizutragen vermag. Das Beispiel der schönen Minerallagerstätte in Herznach hat bei mir die Überzeugung gefestigt, dass eine Untersuchung natürlicher Wachstumsbedingungen der Kristalle, vorab der habitusempfindlichen Mineralien, ohne das gründliche Studium der mineralgeologischen, strukturellen und geochemischen Verhältnisse nicht ohne weiteres zu befriedigenden Resultaten führt. Aber auch wenn das versucht wird, kann ein Erfolg sich erst einstellen, wenn eine Vielzahl solcher Ergebnisse sich kritisch verarbeiten lässt.

Zusammenfassung

Im Bergwerk Herznach (Aargauer Jura) werden seit mehr als einem Jahrzehnt oolithische Dogger-Eisenerze abgebaut. Im I. Teil der vorliegenden Arbeit werden die im aufgeschlossenen Raum auftretenden epigenetischen Begleitmineralien beschrieben. Neben einer Gruppe mit Quarz und Goethit erweist sich die Paragenese Calcit-Pyrit-Coelestin von besonderer Wichtigkeit.

Coelestin ist das weitaus interessanteste Mineral. Sein Formenreichtum und seine Habitusvielgestaltigkeit werden auf Grund zahlreicher Messungen untersucht. Auch an Goethitkristallen konnte eine Messung ausgeführt und morphologisch ausgewertet werden.

Die eingehende Untersuchung des morphologischen Verhaltens des Coelestins auf dieser neuen Lagerstätte hat bewiesen, dass die bisherigen statistischen Bearbeitungen der Mineralart, nach den von P. NIGGLI und R. L. PARKER aufgestellten Prinzipien, unzweifelhaft ein bereits recht zuverlässiges Bild der Gesamtmorphologie ergeben. Wohl treten auf jeder Lagerstätte Besonderheiten auf, lassen sich oft neue Wachstumsformen und Habitusentwicklungen finden, die das bereits abgeleitete Idealbild ergänzen. Jeder

neue Fund scheint jedoch zu bestätigen, dass diese Variation innerhalb gewisser Grenzen bleibt und dass es tatsächlich möglich ist, auf Grund einer sorgfältigen statistischen Bearbeitung diejenigen leitenden Formen und charakteristischen Zonenentwicklungen anzugeben, welche eine natürlich gebildete Mineralart als Ganzes in typischer Weise charakterisieren. Es ist auch, wie diese Arbeit von neuem bewies, möglich, nicht nur das Lokalkolorit einer Mineralart auf einer Lagerstätte als Ganzes, sondern auch deren Variationsfähigkeit so darzustellen, dass dem Idealverhalten gegenüber die spezifischen Eigentümlichkeiten morphologisch gut zur Geltung kommen. Vermehrte Untersuchungen in dieser Richtung müssen eine der Grundlagen bleiben, die sicherlich von der beschreibenden Morphologie zur Morphogenese führen.

Die offensichtlich grosse Habitusempfindlichkeit des Coelestins im Bereich des Vorkommens lässt deutliche Abhängigkeiten der morphologischen Gestaltung seiner Kristalle vom Bildungsverlauf der Lagerstätte vermuten. Der Untersuchung dieser Zusammenhänge ist der II. Teil der Arbeit gewidmet. Zunächst wird an Hand der Literatur der Stand der Forschung des Kristallwachstums im allgemeinen und das Verhalten der Coelestinkristalle im besonderen diskutiert und gefunden, dass das spezielle Kristallwachstum als sensibles Agens der Entstehungsbedingungen auch heute noch nicht einwandfrei gedeutet werden kann. Auch der Coelestin lässt in dieser Beziehung kaum irgendwelche zuverlässige Regeln erkennen. Die Beobachtungen in der Minerallagerstätte des Bergwerks Herznach können daher nur als einer der Beiträge zur Erkenntnis des schwierigen Problems verwertet werden.

In der Folge werden die mineralgeologischen und geochemischen Umstände beschrieben, die zu der epigenetischen Mineralentstehung geführt haben. Die Minerallagerstätte Herznach ist offensichtlich das Resultat der Vorgänge in der hydrischen Reaktionszone, deren Prozesse im grossen und ganzen durch das natürliche Gefälle bestimmt werden. Dabei wird offensichtlich, welche entscheidende Rolle neben dem geochemischen und petrographischen Charakter der Muttergesteine, die geomorphologische, tektonische Lagerung des Bildungsraumes einerseits und der jeweilige Verlauf von Stauungshorizonten andererseits spielen können.

Dann wird das Kristallwachstum des Coelestins, untergeordnet auch dasjenige des Pyrits und Calcits, in Abhängigkeit der mutmasslichen Bildungsbedingungen in den einzelnen Bildungsräumen einer ausführlichen Analyse unterzogen. Allein die Versuche, die sehr spezielle Morphogenese des Coelestins auf der Herznacher Lagerstätte mit Hilfe der Erkenntnisse über das Kristallwachstum zu deuten, führen erwartungsgemäss noch zu keinem greifbaren Erfolg. Auch das Bestreben, bestimmte sichtliche Zusammenhänge zwischen lokal typischen Kristallgestaltungen und den ihnen entsprechenden Nachweisen der Bildungsbedingungen an den verschiedensten Fundpunkten herauszufinden und womöglich durch ähnliche Funde als Regel zu bestätigen, erscheint nicht nur wegen der grossen Habitusempfindlichkeit des Coelestins, sondern auch wegen der unzulänglichen Kenntnis seiner Kristallwachstumsreaktionen noch verfrüht zu sein.

Schliesslich werden noch zwei Coelestinlagerstätten zum Vergleiche herangezogen, deren mutmassliche Bildungsbedingungen wie auch die Kristallausbildung des Coelestins grosse Ähnlichkeit mit dem Herznacher Vorkommen aufweisen. Insbesondere die klassische schweizerische Lagerstätte von Nieder-Schönthal, von der Coelestin- und Pyrit-Kristalle eingehender untersucht werden, gibt zu der Vermutung Anlass, dass sie ebenfalls als eine Art von „Stauungslagerstätte“ aufzufassen ist.

Literaturverzeichnis

(Geordnet nach Fachgruppen, innerhalb der Fachgruppen alphabetische Reihenfolge der Autoren.)

I. Geologie

1. L. BRAUN: Geologische Beschreibung von Blatt Frick (1 : 25000) im Aargauer Tafeljura. Basel 1920.
2. ALB. HEIM: Geologie der Schweiz. Band I. Molasse und Juragebirge. Leipzig 1919.
3. E. KAYSER: Lehrbuch der allgemeinen Geologie. Band I (pg. 442). 6. Aufl., Stuttgart 1921.
4. M. MUEHLBERG: Über die Stratigraphie des braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. Inaug.-Diss. Zürich 1900.
5. WAGNER-KLETT: Das Tertiär von Wiesloch in Baden. Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. Geolog. Ver. 8, 1919, 73—118.

II. Lagerstättenkunde

6. W. LINDGREN: Mineral deposits. II. Edit. New York. 1919. Cbl. f. Min. 1922. 91—94. Ref. H. SCHNEIDERHOEHN.
7. P. NIGGLI: Versuch einer natürlichen Klassifikation der i. w. S. magmatischen Erzlagerstätten. Abh. zur prakt. Geologie und Bergwirtschaftslehre. Bd. 1. Halle 1925.

III. Eisenbergwerk Herznach

8. H. FEHLMANN: Ist die Erzeugung von grösseren Mengen Roheisen in der Schweiz möglich? Die Fricktaler Eisenerze. Geogr. Kartenverlag Kümmerly und Frei. 1920.
9. — Die schweizerische Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. Bern 1932.
10. — Die Eisenerzlagerstätten der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstätte im Fricktal. Aarau 1937.
11. — Die schweizerischen Eisenerze und ihre Verwertung. Bull. schweiz. elektro-techn. Ver. Sept. 1938.
12. — Der schweizerische Bergbau in der Kriegswirtschaft. Techn. Rundschau. 1942.
13. — Gegenwärtige und zukünftige Aufgaben des schweizerischen Bergbaus. Schweiz. Bauztg. 1943.
14. — Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten. 1918—1943.
15. — Die Eisenerzlagerstätten der Schweiz. Mitt. v. Roll'schen Eisenwerke AG. Gerlafingen 1945.
16. — Der schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges. Als Manuskript gedruckt.
17. H. SAEMANN: Untersuchung der Fricktaler Eisenerze und ihre Verhüttbarkeit. Aarau 1921.

IV. Geochemie

18. A. KUMM: Über sekundäre Mineralbildung im Brauneisenoolith des unteren Lias von Harzburg und ihre Bedeutung für die Oolithbildung. Cbl. f. Min. 1924. 201.
19. W. NOLL: Zur Geochemie des Strontiums. Fortschr. d. Min. 15, 1931. 62—64. Autorreferat.

V. Allgemeine Mineralogie

20. H. BAUMHAUER: Beitrag zur vergleichenden Kristallographie. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 5, 1925. 348.
21. B. GOSSNER: Kristallberechnung und Kristallzeichnung. Leipzig und Berlin 1914.
22. P. NIGGLI: Lehrbuch der Mineralogie. Band I: Allgemeine Mineralogie. 2. Auflage. Berlin 1924.

23. R. L. PARKER: Kristallzeichnen. Berlin 1929.
24. — Die Kristallmorphologie im Lichte neuerer analytischer Untersuchungen. Fortschr. d. Min. 14, 1930. 75.
25. — Über die morphologische Bedeutung des akzessorischen Stoffansatzes auf Kristallflächen. Zs. f. Krist. 82, 1932. 239—257.
26. — Über winkeltreue Dreiecksprojektion. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 16, 1936. 202.
27. A. POCHETTINO: Über Lumineszenzerscheinungen an Krystallen. Zs. f. Krist. 51, 1913. 113—131.

VI. Spezielle Mineralogie

28. C. DOELTER: Handbuch der Mineralchemie. Quarz. Bd. II/1. 1914. 118.
29. W. F. FOSHAG: The selenite caves of Naica, Mexico. The Amer. Min. 12, 1927. 252—256. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 348.
30. AD. FREI: Die Mineralien des Bergwerks Herznach. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 26, 1946. 281—283.
31. — Beitrag zur Mineralogie des Schweizer Juras. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 28, 1948. 103—113.
32. V. GOLDSCHMIDT: Atlas der Krystallformen. Bd. II. Coelestin. Heidelberg 1913.
33. O. GRUETTER: Die Kluft- und Drusenmineralien im Juragebirge. P. NIGGLI, J. KÖNIGSBERGER, R. L. PARKER: Die Mineralien der Schweizeralpen. Basel 1940.
34. G. HAEGELE: Gipskristalle aus dem basaltischen Andesit vom Stromboli. Cbl. f. Min. 1939. A. 254—256.
35. H. HIMMEL: Gips von Wiesloch (Baden). Cbl. f. Min. 1927. A. 342—349.
36. H. HIMMEL und W. MARY PORTER: Kristallographische Studien an künstlichem Zinnerz. N. Jb. f. Min. B.-B. 64. A. 1931. 27—34.
37. A. KÖHLER und H. LEITMEIER: Das Verhalten des Kalkspates im ultravioletten Licht. Cbl. f. Min. 1933. A. 401—411.
38. S. KORTNIG: Baryt vom Magdalensberg in Kärnten. Cbl. f. Min. 1940. A. 105—112.
39. J. KRENNER (mitgeteilt von K. ZYMANI): Mineralogische Mitteilungen aus Ungarn. Cbl. f. Min. 1929. A. 27—38 und 39—46. Zs. f. Krist. Ref. 1935. R 247.
40. A. LACROIX: Der Gyps von Paris und die ihn begleitenden Mineralien. Zs. f. Krist. 31, 1899. 82—88.
41. H. LEITMEIER und M. GOLDSCHLAG: Xanthosiderit von Schendlegg. Cbl. f. Min. 1917. 473—477.
42. P. NIGGLI: Lehrbuch der Mineralogie. Band II: Spezielle Mineralogie. 2. Aufl., Berlin 1926.
43. E. STURMFELS: Die Kalisalzlager von Buggingen (Südbaden). N. Jb. f. Min. B.-B. 78 A. 1941. 131—216.
44. H. SUTER: Gipskristalle aus den Salzgärten von Colau in NW-Peru. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 7, 1927. 35—39.
45. W. A. TARR: Double terminated quartz crystals occuring in gypsum. The Amer. Min. 14, 1929. 19—25. Zs. f. Krist. Ref. 1935. R 246.
46. W. A. TARR und J. N. LONSDALE: Pseudocubic quartz crystals from Artesia, New Mexico. The Amer. Min. 14, 1929. 50—53. Zs. f. Krist. Ref. 1935. R 247.

VII. Spezielle Mineralogie. Coelestin im besonderen

47. A. ARTINI: Über den Coelestin aus der Romagna. Zs. f. Krist. 25, 1896. 389. Ref. aus Rend. R. Istit. lomb. sc. e lett. 26.
48. A. ARZRUNI und K. THADDEEFF: Coelestin von Giershagen bei Stadtberge in Westfalen. Zs. f. Krist. 25, 1896. 38—72.
49. C. BÄRWALD: Untersuchung einiger Coelestine. Zs. f. Krist. 12, 1887. 228.
50. W. BASCHE und H. MARK: Die Bestimmung des Kristallgitters des Coelestins. Zs. f. Krist. 64, 1926. 19.
51. J. BECKENKAMP: Strontianit und Coelestin vom Kaiserstuhl. Zs. f. Krist. 14, 1888. 67—73.
52. G. BETTANINI: Coelestinkristalle von Montecchio Maggiore. Zs. f. Krist. 14, 1888. 507. Ref. A. CATHREIN aus Riv. Min. e Crist. Ital. 1, 1887. 33—37.
53. G. BILLOWS: Über den Coelestin vom Monte Viale im Vicentinischen. Zs. f. Krist. 42, 1907. 79. Ref. F. ZAMBONINI aus Riv. Min. e Crist. Ital. 31, 1904. 3—28.

54. L. BUCHRUCKER: Die Mineralien der Erzlagerstätten von Leogang in Salzburg. Zs. f. Krist. 19, 1891. 113—166.
55. F. J. P. VAN CALKER: Beitrag zur Kenntnis des Pseudogaylussit und über dessen Vorkommen in Holland. Zs. f. Krist. 28, 1897. 556—572.
56. S. J. COUYAT: Über den Coelestin von Mokattam (Kairo). Zs. f. Krist. 46, 1909. 495. Ref. F. STOEBER aus Compt. rend. Sé. Acad. Sc. 145, 1907. 504—507.
57. — Der Coelestin und der Baryt von Ägypten. Zs. f. Krist. 48, 1910. 313. Ref. F. STOEBER aus Bull. soc. frç. min. 31, 1908. 264—268.
58. C. DOELTER: Handbuch der Mineralchemie. Coelestin. Bd. IV/2. 1929. 205—226.
59. S. v. GLISZCZYNSKI und E. STOICOVICI: Studien an Coelestinen von Cluj. Cbl. f. Min. A. 1937. 181—188.
60. M. GRUNENBERG: Übersicht über die Geschichte des Coelestins und Beiträge zur Kenntnis seiner physikalischen Eigenschaften. Inaug.-Diss. Erlangen 1892. Ref. HINTZE, Zs. f. Krist. 24, 1895. 199.
61. FR. HENZ: Jura-Coelestine. Mitt. Aarg. Naturf. Ges. XXI.
62. C. HINTZE: Über den Coelestin von Lüneburg und das Studium von Vicinalflächen. Zs. f. Krist. 11, 1886. 220—235.
63. R. KOEHLIN: Über den Coelestin von Häring in Tirol. Zs. f. Krist. 44, 1908. 97. Ref. W. SALOMON aus Tscherm. min. petr. Mitt. 1905. 114.
64. E. H. KRAUS und W. F. HUNT: Das Vorkommen von Schwefel und Coelestin bei Maybee, Michigan, USA. Zs. f. Krist. 42, 1907. 1—7.
65. A. LEUZE: Über das Vorkommen von Coelestin, wasserklarem Schwerspath und Kalkspath-zwillingen nach OR in Württemberg. Ber. 17. Vers. Oberrhein. Geolog. Vereins. 1884.
66. — Über Coelestin, Baryt und Kalkspath aus Württemberg. Zs. f. Krist. 11, 1886. 441. Ref. P. GROTH aus Jahresh. vaterl. Naturk. Wttbg. 1884. 53—60.
67. TH. LIWEH: Coelestin von Lüneburg. Zs. f. Krist. 12, 1887. 439—442.
68. E. MANASSE: Die Mineralien der Schwefelgrube von Poggio Orlando, nahe bei Lornano in der Provinz Siena. Zs. f. Krist. 46, 1909. 477—478. Ref. F. ZAMBONINI aus Atti Soc. Tosc. Sc. Natur. Pisa. 23, 1907. 125—144.
69. F. MILLOSEVICH: Coelestin aus Strongoli (Calabrien). Zs. f. Krist. 34, 1902. 283. Ref. C. RIVA.
70. — Über eine merkwürdige Combination der Coelestinkristalle von Cà Bernardi bei Bellisio. Zs. f. Krist. 41, 1906. Ref. F. ZAMBONINI.
71. G. B. NEGRI: Coelestinkristalle von Montecchio Maggiore. Zs. f. Krist. 14, 1888. 514—515. Ref. A. CATHREIN.
72. P. NIGGLI und FAESY: Auszüge. Anhydrit-Barytgruppe. Coelestin, Baryt und Anglesit. Zs. f. Krist. 59, 1923/24. 261.
73. R. PRENDEL: Coelestin vom Dorfe Dorobany bei der Stadt Hotin, Gouv. Bessarabien. Zs. f. Krist. 30, 1900. 319.
74. J. SAMOJLOW: Coelestin von der Insel Nicolaus I (Aral-See). Zs. f. Krist. 39, 1904. 609. Ref. V. v. WOROBIEFF aus Verh. k. russ. min. Ges. 1903. XL. 13—23.
75. — Orientierung der Ätzfiguren auf Baryt, Coelestin und Anglesit. Zs. f. Krist. 45, 1908. 113—123.
76. — Über den Coelestin von Petschischtschi bei Kasan. Zs. f. Krist. 51, 1913. 94. Ref. W. ISKUELL aus Bull. Acad. Sc. St. Pétersbourg. 1909. 485.
77. W. SCHILLY: Zusammenhänge zwischen Morphologie, Struktur und Genesis bei Coelestin nebst einer vergleichenden Untersuchung dieser Beziehungen für die Barytgruppe. N. Jb. f. Min. B.-B. A. 67. 323—400.
78. A. SCHMIDT: Coelestin von Perticara. Zs. f. Krist. 6, 1882. 99—100. Ref. P. GROTH.
79. C. SCHMIDT: Mineralien aus dem Triasdolomit des Baltschieder Tales im Wallis. N. Jb. f. Min. 1, 1900. 18—21. Ref. E. KAYSER aus Zs. f. Krist. 36, 1902. 324.
80. A. SELLA: Über den Sellait und seine Begleiter. Zs. f. Krist. 18, 1891. 109—112.
81. F. STOEBER: Coelestin von Brousseval. Zs. f. Krist. 21, 1893. 339.
82. — Coelestin von Ville-sur-Saulx. Zs. f. Krist. 21, 1893. 341.
83. J. STUBER: Coelestin von Scharfenberg in Sachsen. Zs. f. Krist. 19, 1891. 437—441.
84. N. SURGUNOFF: Coelestin aus dem Gouvernement Saratow. Zs. f. Krist. 43, 1907. 76. Ref. V. WOROBIEFF aus Bull. Soc. Natur. Moscou. 1904. 435—443.
85. P. v. SUSTSCHINSKY: Über den Coelestin aus dem Cementstein-Bergwerk Marienstein bei Tegernsee in Bayern. Zs. f. Krist. 34, 1901. 563.

86. E. TRAINA: Über einige Coelestine aus Sicilien. Zs. f. Krist. 49, 1911. 62. Ref. F. ZAMBONINI aus Mem. R. Accad. Lincei Roma 1908, VI, 544—552.
87. G. H. WILLIAMS: Coelestin von Mineral County, West Virginia. Zs. f. Krist. 18, 1891. 1 ff.
88. F. ZAMBONINI: Über einige merkwürdige Coelestinkristalle von Boratelle (Romagna). Zs. f. Krist. 42, 1907. 47. Eigenref. aus Rend. R. Accad. Lincei Roma 1904, XIII, 37—38.

VIII. Kristallogenese

89. FR. AHLFELD: Über Tracht und Genesis des Zinnsteins. Fortschr. d. Min. 16, 1931. 47—49. Autorreferat.
90. J. M. ANSCHELES: Wachstum von Kristallen auf Kosten von neben denselben entstehenden Keimen. Zs. f. Krist. 95, 1936. 150—156.
91. A. ARZRUNI: Vergleichende Beobachtungen an künstlichen und natürlichen Mineralien. Zs. f. Krist. 18, 1891. 44—63.
92. — Künstlicher Kassiterit. Zs. f. Krist. 25, 1896. 467—470.
— F. BECKE s. J. J. VALETON, Zs. f. Krist. 59, 1924.
93. A. BERTHOUD s. Journ. chim. phys. 10, 1912. 624.
94. L. BOURGEOIS: Darstellung von Coelestin und Anglesit nach Sénarmont's Verfahren. Zs. f. Krist. 15, 1889. 649. Ref. aus Compt. rend. 15, 1887. 1072, und Bull. soc. frç. min. X. 323.
95. E. BRANDENBERGER: Umriss einer Molekulartheorie des Kristallwachstums. Zs. f. Krist. 66, 1928. 120—130.
96. H. BRANDES und M. VOLMER: Zur Theorie des Kristallwachstums. Zs. phys. Chem. A. 155, 1931. 466—470.
97. F. BRAUN: Morphologische, genetische und paragenetische Trachtstudien an Baryt. N. Jb. f. Min. B.-B. 65, A. 1932. 173—222.
98. A. u. R. BRAUNS: Tropfsteine aus dem botanischen Garten der Universität Bonn. Cbl. f. Min. 1926. 234—236.
99. L. BUCHRUCKER: Neubildungen von Gips. Zs. f. Krist. 40, 1905. 283.
100. H. O. BUCKLEY: The crystallization of potash-alun and the effect of certain added impurities on its habit. Zs. f. Krist. 73, A. 1930. 443—464.
101. — Some examples of habit-variation in crystals of potassium permanganate. Zs. f. Krist. 78, A. 1931. 412—421.
102. — The influence of RO_4 and related ions on the habit of potassium sulphate crystals. Zs. f. Krist. 81, A. 1932. 157—168.
103. FR. BUSCHENDORF: Minerogenetische Trachtstudien an jugendlichen Barytbildungen. Zs. f. Krist. 81, A. 1932. 38—68 und Cbl. f. Min. A. 1930. 466—468.
104. K. CHUDOBA und K. OBENAUER: Kalkspat aus der Attendorfer Tropfsteinhöhle. Cbl. f. Min. A. 1930. 338—342.
105. C. W. CORRENS: Einführung in die Mineralogie (Kristallographie und Petrologie). Berlin 1949. Kristallwachstum und -auflösung. 138—152.
106. J. DEDEK und J. NAVACEK: Die Kristallisation von Zuckerlösungen. Koll.-Ztschr. 42, 1927. 163—167. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 316.
107. C. DOELTER: Minerogenese und Stabilitätsfelder der Minerale. Zs. f. Krist. 45, 1908. 419—424.
108. A. S. EAKLE: Beiträge zur kristallographischen Kenntnis der überjodsauren und jodsauren Salze. Zs. f. Krist. 26, 1896. 558—588.
109. *Discussions of the Faraday Society*, No. 5, 1949. Crystal Growth.
110. E. v. FEDOROW: Beobachtungen und Versuche über Krystallogenese. Zs. f. Krist. 39, 1904. 603—604. Ref. L. LUTSCHITZKY aus Bull. Acad. Imp. St. Pétersbourg. 15, 1901. 519.
111. M. FLETCHER: Notiz über einige künstliche Gypskristalle. Zs. f. Krist. 53, 1914. 590. Ref. St. KREUTZ aus Min. Mag. 16, 1911. 137—139.
112. G. FRIEDEL: Sur la croissance et la décroissance des cristaux. Bull. soc. frç. min. 48, 1925. 12—69, und 49, 1926. 87—108.
113. G. FRIEDEL und A. SARASIN: Krystallisation des Calcit aus einer Lösung von Chlorcalcium. Zs. f. Krist. 12, 1887. 655. Ref. P. GROTH.
114. L. FRISCHAUER: Über den Einfluss des Radiums auf die Krystallisationsgeschwindigkeit. Zs. f. Krist. 50, 1912. 289—290. Ref. V. M. GOLDSCHMIDT aus Compt. rend. Paris, 148, 1909. 1251.
115. P. GAUBERT: Beitrag zum Studium der Bildung und des Wachstums der Krystalle. Zs. f. Krist. 39, 1904. 192—194. Ref. F. STOEBER aus Bull. soc. frç. min. 25, 1902. 223—260.

116. — Künstliche Darstellung des Baryts, des Coelestins, des Anglesits und über die isomorphen Mischungen dieser Substanzen. *Zs. f. Krist.* 46, 1909. 497. Ref. F. STOEBER aus *Compt. rend. Sé. Acad. Sc. Paris*, 145, 1907. 877.
117. — Über die Formentracht der natürlichen Krystalle. *Zs. f. Krist.* 48, 1910. 216—217. Ref. F. STOEBER aus *Compt. rend. Sé. Acad. Sc. Paris*, 147, 1908. 1483.
118. — Die künstliche Darstellung von Baryt, Coelestin, Anglesit, Anhydrit und Hydrocyanit und die Ausbildungsweise der herrschenden Formen. *Zs. f. Krist.* 50, 1912. 309. Ref. B. GOSSNER aus *Bull. soc. frç. min.* 32, 1909, 139—149.
119. — Einfluß von Lösungsgenossen auf die Tracht der Krystalle von Meconsäure und über deren Pseudopleochroismus. *Zs. f. Krist.* 52, 1913. 199. Ref. V. M. GOLDSCHMIDT aus *Compt. rend. Sé. Acad. Sc. Paris*, 151, 1910. 1134.
120. — Sur la cristallisation du nitrate de plomb. Influence de matières étrangères tenue en suspension dans l'eau-mère. *Bull. soc. frç. min.* 53, 1930. 157—171. *Zs. f. Krist.* Ref. 1935. R 228.
121. — Sur la coloration artificielle des cristaux d'oxalate et de nitrate d'urée. *Compt. rend. Sé. Acad. Sc. Paris*, 192, 1931. 965—967. *Zs. f. Krist.* Ref. 1935. R 229.
122. A. GELLER: Über das Verhalten verschiedener Minerale der Salzlager bei hohen Drücken und wechselnden Temperaturen. *Zs. f. Krist.* 60, 1924. 414—472.
123. H. GERHART: Über die Veränderung der Krystalltracht von Doppelsulfaten durch den Einfluss von Lösungsgenossen. *Zs. f. Krist.* 44, 1908. 106—108. Ref. W. SALOMON aus *Tscherm. min. petr. Mitt.* 24, 1905. 345—358.
124. — *Zs. f. Krist.* 50, 1912. 623. Ref. A. HIMMELBAUER aus *Tscherm. min. petr. Mitt.* 28, 1909, 347—368.
125. F. GILLE und K. SPANGENBERG: Beiträge zur Trachtbeeinflussung des NaCl durch Harnstoff als Lösungsgenossen. *Zs. f. Krist.* 65, 1927. 204—250.
126. A. GORGEU: Darstellung von Baryt, Coelestin und Anhydrit. *Zs. f. Krist.* 15, 1889. 647. Ref. P. GROTH aus *Bull. soc. frç. min.* 10, 1887. 284.
127. F. GRIESING: Beiträge zur Frage der Trachtausbildung von Kristallen. *Diss. Marburg*. 1929. *Zs. f. Krist.* Ref. 1935. R 231.
128. R. GROSS und H. MOELLER: Sind die Wachstumserscheinungen aus den Lösungserscheinungen durch Umkehrung des Vorzeichens abzuleiten? *N. Jb. f. Min.* 53, 1926. 95—133.
129. FR. HEGEMANN und H. STEINMETZ: Über die Thermolumineszenz der Mineralien in ihrer minerogenetischen Bedeutung. *Cbl. f. Min. A.* 1933. 24—38.
130. M. HENGLEIN: Neue Vorkommen von säuligem Baryt (Wolnyn) nebst morphogenetischen Betrachtungen. *Zs. f. Krist.* 56, 1921. 610—616.
131. J. HOLZNER: Über die Aufwachsung der Kristalle. *Zs. f. Krist.* 65, 1927. 161.
132. F. M. JAEGER, P. TERPSTRA und H. S. K. WESTENBRINK: Die Kristallstruktur des metallischen Galliums. *Zs. f. Krist.* 66, 1927. 195—216.
133. A. JOHNSEN: Wachstum und Auflösung der Krystalle. *Zs. f. Krist.* 53, 1914. 295—297. Ref. B. GOSSNER.
134. G. KALB: Kristalltracht, Vorkommen und Bildungstemperatur der Mineralien. *Cbl. f. Min.* 1923. 418—422.
135. — Die Kristalltracht des Feldspates in minerogenetischer Betrachtung. *Cbl. f. Min.* 1924. 449—469.
136. — Typische Kristallgrundgestalten und Kristalltrachten. *Cbl. f. Min.* 1927. A. 158—163.
137. — Die Kristalltracht des Kalkspates in minerogenetischer Betrachtung. *Cbl. f. Min.* 1928. A. 337—339.
138. — ... des Apophyllits ... *Cbl. f. Min.* 1929. A. 105—106.
139. G. KALB und H. KLOTSCH: ... des Hochquarzes ... *Cbl. f. Min.* 1941. A. 66—72.
140. G. KALB und L. KOCH: ... des Olivin und Chrysoberyll ... *Cbl. f. Min.* 1929. A. 169—174.
141. — ... des Apatit und Beryll ... *Cbl. f. Min.* 1929. A. 267—270.
142. — ... des Flusspates und Bleiglanzes ... *Cbl. f. Min.* 1929. A. 308—313.
143. — ... der Zinkblende ... *Cbl. f. Min.* 1929. A. 353—357.
144. — ... des Baryt ... *Zs. f. Krist.* 78, 1931. 169—170.
145. G. KALB und W. WITTEBERG: Die Vizinalfiguren der Rhomboederflächen des β -Quarzes. *N. Jb. f. Min. B.-B.* 56. A. 1927. 334—341.
146. F. G. KEENEN und W. G. FRANCE: Adsorption at crystal-solution infaces. II. *Journ. Amer. Ceramic Soc.* 10, 1927. 821—827. Ref. *Zs. f. Krist.* 1931. R 317.

147. W. KLEBER: Morphologie der Mineralien. Naturforschung und Medizin in Deutschland. 1939—1946. Bd. 49. 1948. 95—110.
148. F. KLOCKE: Mikroskopische Beobachtungen und über das Wachsen und Abschmelzen der Alaune in Lösungen isomorpher Substanzen. Zs. f. Krist. 2, 1878. 552—575.
149. J. KÖNIGSBERGER: Konstanz und Variabilität in Kristallhabitus und Tracht erläutert an Hand zentralalpiner Vorkommen. Zs. f. Krist. 63, 1926. 159—161. Cbl. f. Min. 1929. A. 347—349.
150. A. KOERBS: Beobachtungen und Variation der Krystalltracht des Chlornatriums. Zs. f. Krist. 43, 1907. 451—460.
- W. KOSSEL s. K. SPANGENBERG: Kristallwachstum. Naturforschung und Medizin in Deutschland. 1939—1946. Bd. 49. 221ff.
151. J. KURBATOW: Über die Wachstumsbedingungen von Kristallen schwer löslicher Stoffe. Zs. f. Krist. A. 77, 1931. 164—168.
152. E. LASH und W. G. FRANCE: Adsorption at crystal-solution infaces. Journ. Phys. Chem. 34, 1930. 724—736. Zs. f. Krist. Ref. 1935. R 229.
153. O. LEHMANN: Über das Wachstum der Krystalle. Zs. f. Krist. 1, 1877. 453—396.
154. H. LEITMEIER: Die Absätze des Mineralwassers von Rohitsch-Sauerbrunn in Steiermark. Zs. f. Krist. 48, 1910. 104—124.
155. K. MAHL: Zur Morphologie des Bittersalzes. N. Jb. f. Min. B.-B. 59. A. 1929. 273—296. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 330.
156. O. MASCHKE und H. VATER: Mikroskopische Studien über die Krystallisation des Gypses. Zs. f. Krist. 33, 1900. 57—71.
157. M. MAUCHER: Über die Lottreue der Erscheinungen in den Mineralsitzen. Zs. f. Krist. 59, 1924. 443—454.
158. S. H. MIERS: The growth of crystals in supersaturated liquids. Journ. Inst. of Metals. London. 1927. 37. 331—350. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 291.
159. H. MOELLER: Der Kristallhabitus von Salol und seine Abhängigkeit von der Temperatur. Cbl. f. Min. 1925. 131—143.
160. O. MUEGGE: Über Quarz als geologisches Thermometer... Cbl. f. Min. 1921. 609—615 und 641—648.
161. A. NEUHAUS: Messung von geometrischen Verschiebungsgeschwindigkeiten am NaCl und deren Abhängigkeit von Begrenzungswert, Konzentration und Lösungsgenossen. Zs. f. Krist. 68, 1928. 15—81.
162. P. NIGGLI: Beziehungen zwischen Wachstumsformen und Struktur der Kristalle. Ztschr. f. anorg. u. allg. Chemie 110, 1920.
163. H. NITSCHMANN: Diss. Breslau 1939.
164. K. OBENAUER: Zur Tracht und Paragenese des Bleiglanzes. N. Jb. f. Min. B.-B. 65. A. 1932. 87—118.
165. P. P. ORLOW: Über die Veränderung der Krystallform des Chlornatriums im Zusammenhange mit der chemischen Zusammensetzung... Zs. f. Krist. 24, 1895. 515—516. Ref.
166. P. PAVLOW: Über die Bedingungen der Bildung von Krystallen verschiedener Form in einem flüssigen Medium. Zs. f. Krist. 42, 1907. 120—157.
167. F. RINNE: Morphologische und physikalisch-chemische Untersuchungen an synthetischen Spinnellen... N. Jb. f. Min. B.-B. 58. A. 1928. 43—108. Fortschr. d. Min. 12, 1927. 68—69. Cbl. f. Min. 1927. A. 428—429 und Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 327.
168. A. RITZEL: Kristallisations- und Auflösungsgeschwindigkeit. Fortschr. d. Min. 2, 1911. 86—98.
169. — Die Krystalltracht des NaCl in ihrer Abhängigkeit vom Lösungsmittel. Zs. f. Krist. 49, 1911. 152—192.
170. G. ROASIO: Über die Kristallisation einiger Salze im Magnetfelde. Zs. f. Krist. 59, 1924. 88—89.
171. CH. H. SAYLOR: Calcite and Aragonite. Journ. Phys. Chem. 32, 1928. 1441—1460. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 318.
- R. W. SCHMIDT s. W. KLEBER: Morphologie der Mineralien. Naturforschung und Medizin in Deutschland. 1939—1946. Bd. 49. 109.
172. W. SCHNORR: Über das Wachstum von Auflösungskörpern und Kugeln von Steinsalz. Zs. f. Krist. 68, 1928. 1—14.
173. A. SCHUBNIKOW: Einfluss der Übersättigung der Lösung auf die Tracht der Alaunkrystalle. Zs. f. Krist. 53, 1914. 433—444.

174. — Über den Einfluss der Temperaturschwankungen auf die Bildung der Krystalle. Zs. f. Krist. 54, 1915. 261—266.
175. A. DE SCHULTEN: Künstliche Nachbildung des Baryt, des Coelestin und des Anglesit auf nassem Wege. Zs. f. Krist. 41, 1906. 99—100. Ref. F. STOEBER aus Bull. Soc. frç. Min. 26, 1903. 103—107.
176. H. SEIFERT: Kristalltracht und Temperatur. Cbl. f. Min. 1923. 3—7.
177. F. SIGRIST: Beiträge zur Kenntnis der Petrographie und der alpinen Zerrklüftlagerstätten des östlichen Aarmassives. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 27, 1. 1947. 39—182.
178. K. SPANGENBERG: Über die Beeinflussung der Kristalltracht des NaCl durch Komplexionen bildende Lösungsgenossen. Zs. f. Krist. 59, 1924. 375—382.
179. — Zur Kinetik des Wachstums- und Auflösungsvorgangs von einfachen Ionengittern in wässriger Lösung. Zs. f. Krist. 59, 1924. 383—405.
180. — Neue Untersuchungen zum Wachstum und zur Auflösung von Kristallen. Zs. f. angew. Chem. 39, 9. 1926. 304.
181. — Beiträge zur Erkenntnis des Kristallwachstums. N. Jb. f. Min. B.-B. 57. A. 1928. 1197—1302.
182. — Über Wachstumsgeschwindigkeiten von Kristallflächen. Zs. f. Krist. 66, 1928. 453—455. Vortragsreferat.
183. — Wachstum und Auflösung der Kristalle. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Band 10. 1934.
184. — Neue Versuche zum Kristallwachstum von NaCl. Zs. f. Krist. 100, 1938. 82—85.
185. — Kristallwachstum (neue Zusammenstellung). Naturforschung und Medizin in Deutschland. 1939—1946. Bd. 49. 221—251.
186. G. SPEZIA: Beiträge zur chemischen Geologie. Versuche über Quarz und Opal. Zs. f. Krist. 32, 1900. Ref. C. RIVA.
187. — Über das Wachstum des Quarzes. Zs. f. Krist. 50, 1912. 486—487.
188. I. N. STRANSKI: Zur Theorie des Kristallwachstums. Zs. Phys. Chem. 136, 1928. 259—278.
189. — Wachstum und Auflösen der Kristalle vom NaCl-Typ. Zs. Phys. Chem. B. 17, 1932. 127—154.
190. H. TERTSCH: Krystalltrachten des Zinnsteins. Zs. f. Krist. 49, 1911. 221—222.
191. — Neuere Studien über Kristalltrachten. Fortschr. d. Min. 2, 1912. 41—61.
192. M. TRAUTZ und A. ANSCHÜTZ: Beobachtungen über den Einfluss des Lichtes auf das Krystallisieren übersättigter Lösungen. Zs. f. Krist. 45, 1908. 595—596. Ref. K. STOECKE aus Zs. Phys. Chem. 55, 1906. 442—449.
193. F. ULRICH: Über die Wachstumsformen des organogen abgeschiedenen Kalkspates und ihre Beeinflussung durch das Kristallisationsmedium. Zs. f. Krist. 66, 1928. 513—515.
194. J. J. P. VALETON: Wachstum und Auflösung der Kristalle. I. Teil. Zs. f. Krist. 59, 1924. 135—169.
195. — II. Teil. Zs. f. Krist. 59, 1924. 335—365.
196. — III. Teil. Zs. f. Krist. 60, 1924. 1—38.
197. H. VATER: Über den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates. I. Teil. Zs. f. Krist. 21, 1893. 433—490.
198. — II. Teil. Zs. f. Krist. 22, 1894. 209—228.
199. — III. Teil. Zs. f. Krist. 24, 1895. 366—377.
200. — IV. Teil. Zs. f. Krist. 378—404.
201. — V. Teil. Zs. f. Krist. 27, 1897. 477—504.
202. — VI. Teil. Zs. f. Krist. 30, 1899. 295—298.
203. — VII. Teil. Zs. f. Krist. 485—508.
204. — VIII. Teil. Zs. f. Krist. 31, 1899. 538—578.
205. — Einige Versuche über die Bildung des marinen Anhydrits. Zs. f. Krist. 36, 1902. 299—306. Eigenref. aus Sitz. ber. k. Akad. Wiss. Berlin. 1900. 269.
206. J. H. VOGT: Künstliche Bildung von Kassiterit durch einen einfachen Oxydationsprocess ohne Gegenwart von sog. „agents minéralisateurs“. Zs. f. Krist. 31, 1899. 279—280.
- M. VOLMER s. W. KLEBER: Morphologie der Mineralien und K. SPANGENBERG: Kristallwachstum. Naturforschung und Medizin in Deutschland. 1939—1946. Bd. 49.
207. A. I. WALCOT: Some factors influencing crystal habit. The Amer. Min. 11, 1926. 221—239 und 259—278. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 328.
208. W. WETZEL: Darstellung von Flussspat bei Zimmertemperatur. Cbl. f. Min. 1921. 444—447.
209. — Die Salzbildungen der chilenischen Wüste. Chemie der Erde. 3, 1928. 390. Zs. f. Krist. Ref. 1931. R 329.

210. Z. WEYBERG: Wachstums-, Auflösungs- und Regenerationspolyeder des K-Al- und (NH_4) -Al-Alaun in den wässrigen Lösungen von HCl und HNO_3 . Zs. f. Krist. 53, 1914. 79. Ref. St. KREUTZ aus Kosmos, Lemberg. 1910. 487—494.
211. W. WITTEBORG: Die minerogenetische Bedeutung der Lumineszenzerscheinungen des Kalkspates. Cbl. f. Min. 1932. A. 364—368.
212. G. WULFF: Zur Frage der Geschwindigkeit des Wachstums und der Auflösung der Krystallflächen. Zs. f. Krist. 34, 1901. 449—530.
213. O. ZEDLITZ: Trachtstudien an Kupferlasurkristallen verschiedener Paragenesen der Tsumebmine, Südwestafrika. Zs. f. Krist. 71, 1929. 1—44.
214. P. ZEMJATSCHENSKY: Krystallogenetische Studien. I. Der Einfluss fremder Körper auf die Krystallform. Zs. f. Krist. 51, 1913. 280—283. Ref. W. ISKUELL. II. Der Einfluss fremder Substanzen auf die Krystallform des Alauns. Zs. f. Krist. 52, 1913. 604—606. Ref. W. ISKUELL.

Nach Einreichung dieser Arbeit ist erschienen:

215. A. JEANNET: Stratigraphie und Palaeontologie des oolithischen Eisenerzlagers von Herznach und seiner Umgebung. Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lief. 13, 5. Band, 1951.

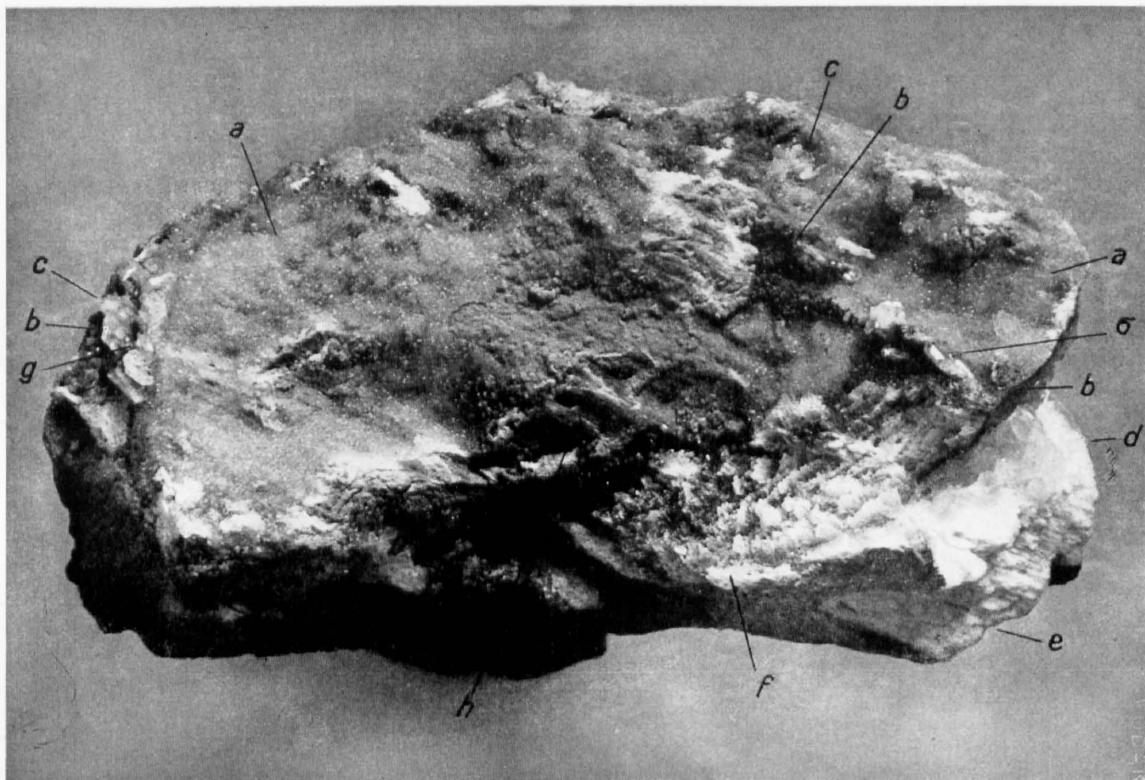


Fig. 3. Die Mineralparagenese der Kluft 1. (Klufthorizont: untere Birmensdorfer Schichten G3)

a = Calcit I. ($01\bar{1}2$) zeigt sich als helle Pünktchen des Calcitrasens). b = Pyrit. Dunkle Partien, randlich von Coelestin (c) begrenzt. c = Coelestin. Kristalle vom Typus I der Kluft 1. Fig. 5 A, pg. 16. d = grobkristalliner Coelestin als Kluftfüllung. Blau. e = „stengel-zuckerkörniger“ Coelestin. Weiss. f = durch Auflösung zerfressener Coelestin. g = Calcit II. Grössere Kristalle, korrodierte Skalenoeder. h = Kluft-harnisch, in der Fortsetzung der „stengeligen“ Coelestinmasse (e)

Vergrösserung 1,6-fach



Fig. 6. Coelestinkristalle des Typus IIIb auf der Kluftwand des Eisenerzes in Kluft 1

Vergr. 2-fach



Fig. 4. Coelestinkristalle der „offenen“ Kluft 1
Klufthorizont: Mittlerer Cordatuskalk (F 2)
Vergr. 1,6-fach



Fig. 4A: Kristalle des Typ I (dünn-
tafelig). Formen s.
Fig. 5A, pg. 16

Fig. 4B: Kristalle des Typ II (säulig)
Formen s. Fig. 5B



Fig. 8. Coelestinkristalle der offenen Kluft 7
Vergrößerung 1,4-fach

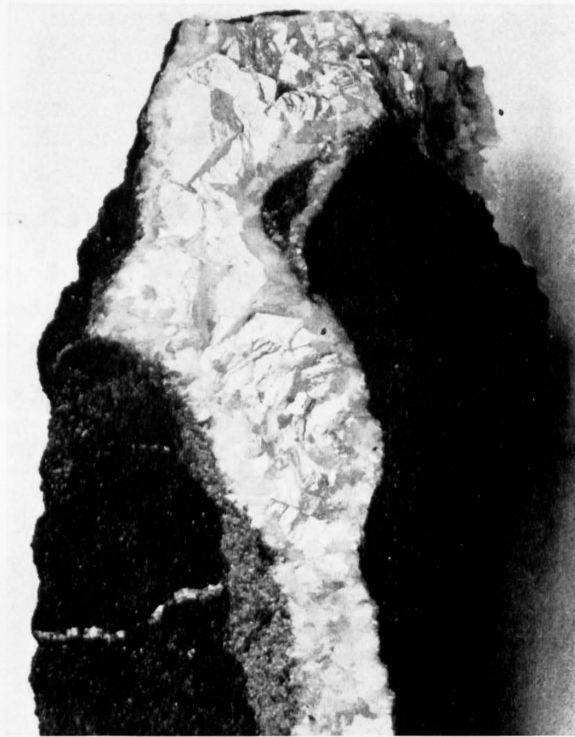


Fig. 12. Mineralgang der Kluft 8. Grau: Calcit. Weiss: Coelestin. Nebengestein oolithisches Eisenerz
Vergrößerung 1,1-fach

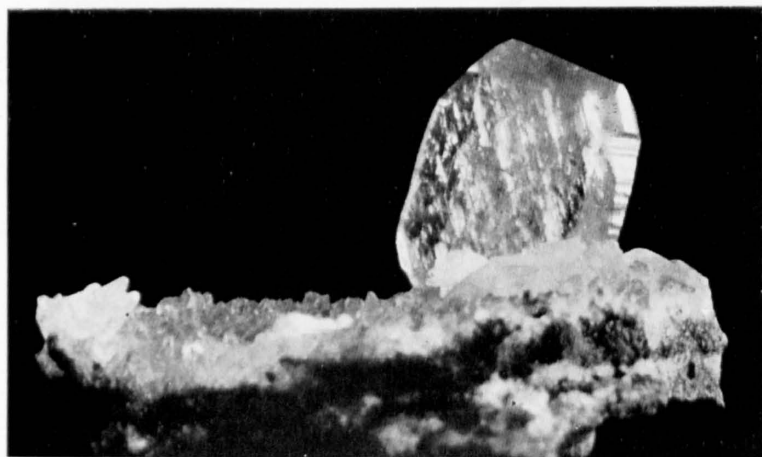


Fig. 9. Auf Calcit aufgewachsener Einzelkristall der offenen Kluft 7
Vergrößerung 3-fach

Fig. 13. Sphalerit, z. T. tafelig verzerrte Kristalle, mit Calcit, Pyrit und Dolomit aufgewachsen in einer Ammonitenkammer. Gesteins-horizont: Birmensdorfer Schichten (Argovien)

Vergr. 1,7-fach

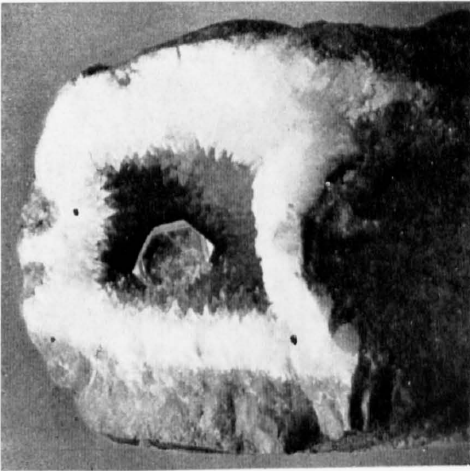
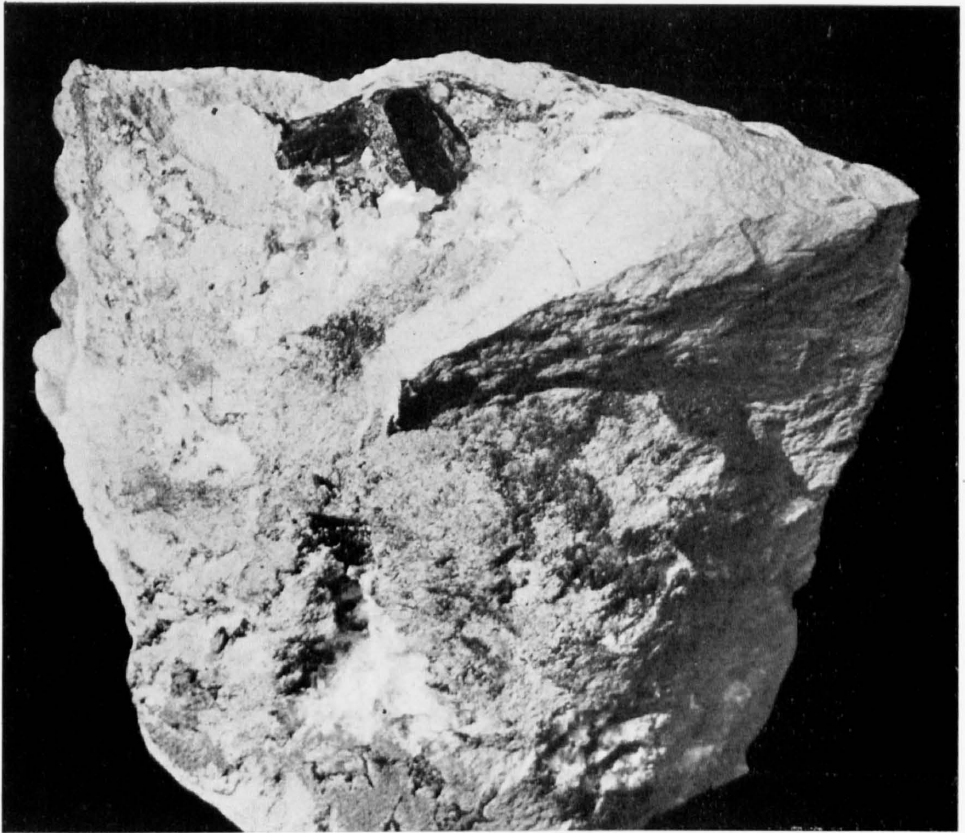


Fig. 14. Coelestin. Paragenese I. Ammonitenkammerdruse aus dem Cordatuskalk (s. Fig. 21 A, pg. 47)

Vergr. 2-fach



Fig. 15. Coelestin. Paragenese I. Ammonitenkammerdruse aus dem Cordatuskalk. Die obere Kammerdruse besteht nur aus Calcit, während die kleinere untere Kammer grosse tafelige Coelestinkristalle zeigt, deren d(101)-Flächen auf der linken Hälfte besonders reflektieren. Ausserdem zeigt die teilweise Füllung der Kammern mit Meerschlam durch ihre verschiedene Horizontallage einen Lagewechsel während der Sedimentation an (vgl. pg. 5)

Vergr. ca. 1,2-fach

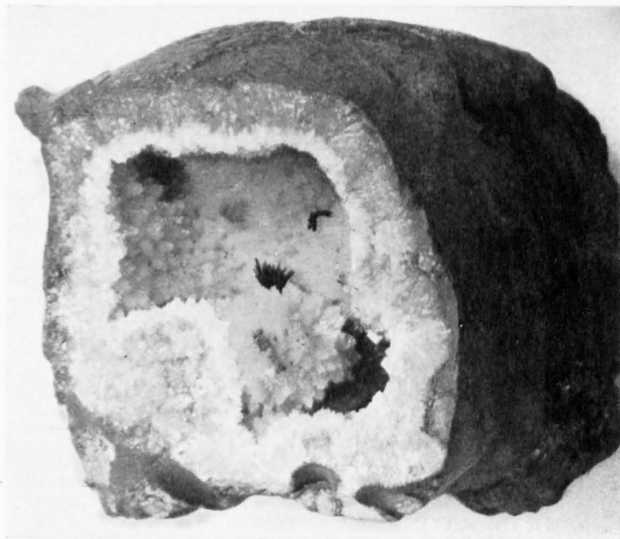


Fig. 16. Paragenese 3. Calcit + Goethit + Quarz. Ammonitenkammerdruse aus dem Cordatuskalk Vergr. 1,2-fach

Goethit



Calcit

Fig. 17. Vergrößerter Ausschnitt der Fig. 16. Calcit + Goethit Vergrößerung 6-fach



Fig. 18. Quarz der Paragenese 3, begleitet von Calcit und Goethit in der Kammer eines Perisphincten aus dem Cordatuskalk Vergrößerung 3-fach



Fig. 20. Paragenese 3a: Calcit + Coelestin + Goethit + Quarz. Ammonitenkammerdruse aus dem Cordatuskalk Vergrößerung 1,8-fach

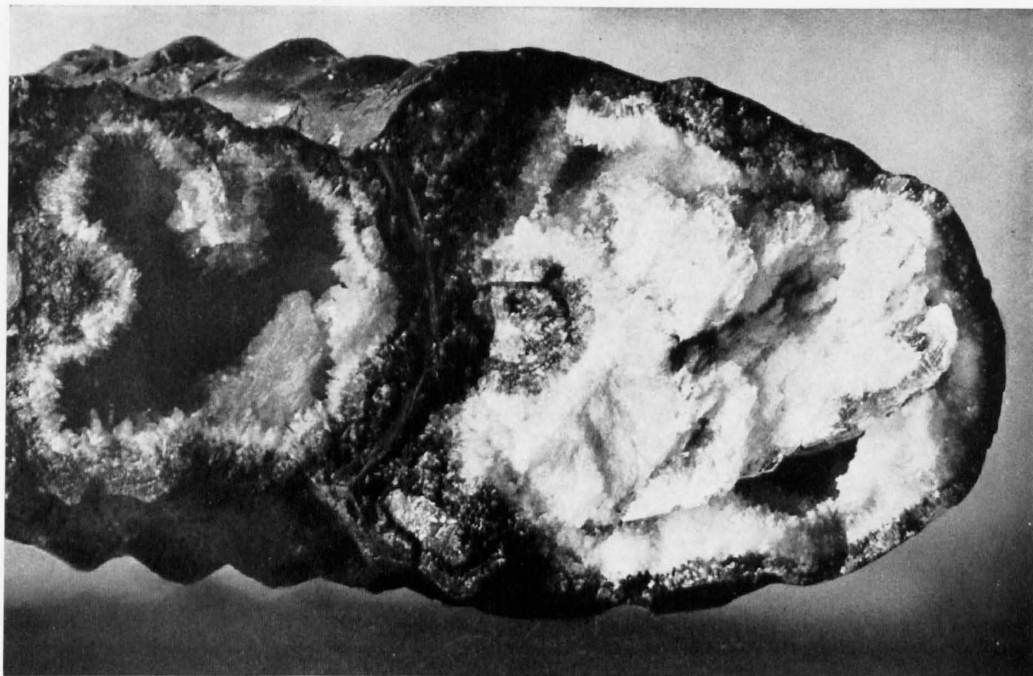


Fig. 22. Paragenese 4a: Calcit+Coelestin+Dolomit + Gips. Perisphincten-Kammer Cordatuskalk
Vergrößerung 1,9-fach

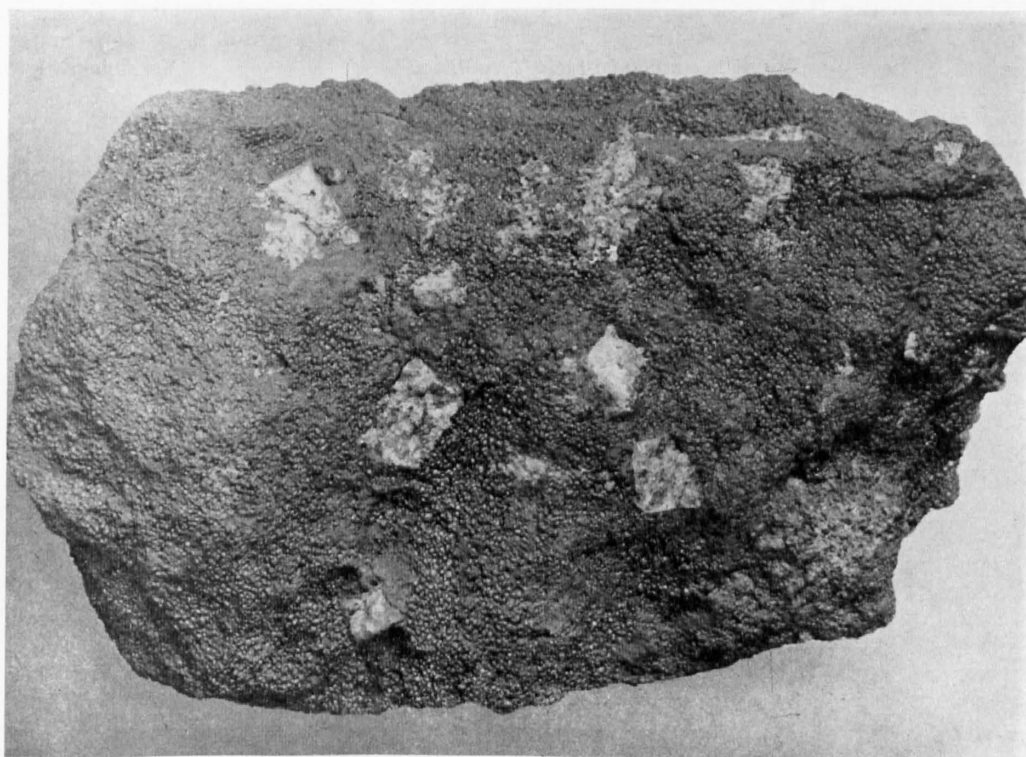


Fig. 23. Coelestineinsprenglinge im Eisenoolith

Vergrößerung 1,6-fach



Fig. 24. Coelestinisiertes Holz aus dem Eisenoolith der Zone des Peltoceras Athleta (Callovien)
Verkleinerung 0,85-fach



Fig. 25. Konzentrisch-strahliger Coelestin, eingewachsen in einem Amm. Aspidoceras sp. des Eisenooliths
Verkleinerung 0,72-fach



Fig. 26. Coelestin. Kurzprismatischer Kristall der Dolomitparagenese der Zone B, begleitet von Calcit und Dolomit
Vergrößerung 2,2-fach



Fig. 27. Weisser strahliger Coelestin in einem A. Macrocephalus sp. (s. pg. 57).
Verkleinerung 0,8-fach

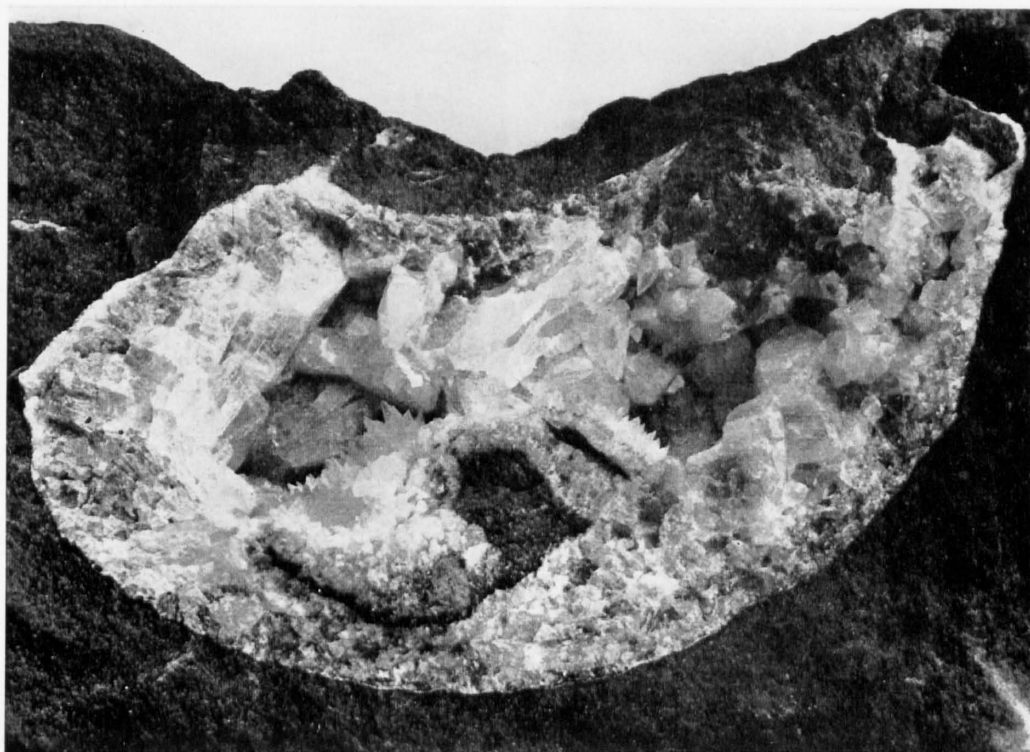


Fig. 28. Grosse Kammerdruse der Zone A mit Coelestin und Calcit. (In den dunkleren Randpartien der Druse ist der Coelestin rot, nach innen zu sind die Kristalle ausnahmslos weiss gefärbt. Der Calcit zeigt den skalenoeedriscen Habitus.) Verkleinerung 0,7-fach



Fig. 29. Coelestin und Calcit. Fundzone A der Macrocephalenschicht. Vergrösserter Ausschnitt der Fig. 28 Vergrösserung 1,5-fach

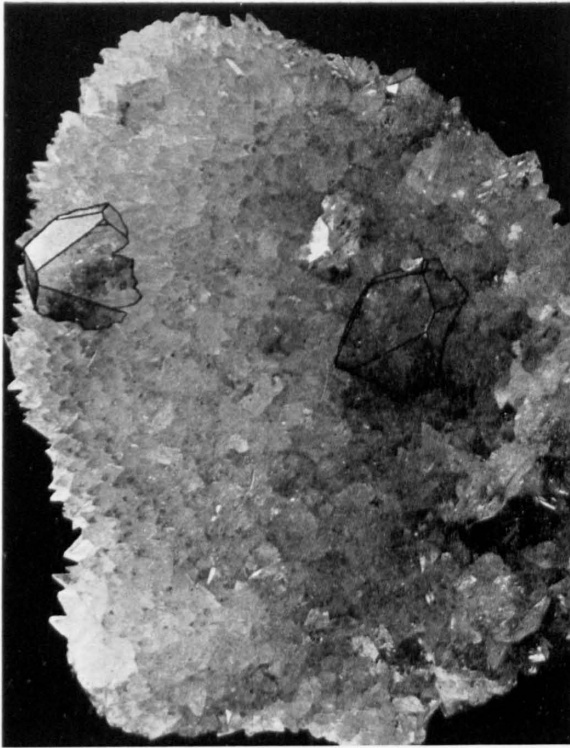


Fig. 30. Coelestin. Isometrische Kristalle (Typus X) der Fundzone A der Macrocephalenschicht
Vergrößerung 1,4-fach

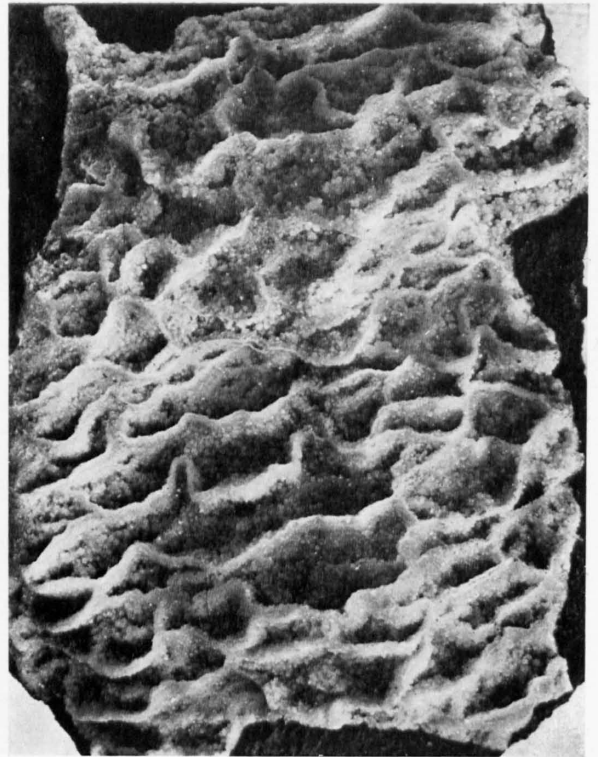


Fig. 40. Rezente Calcitkristalle an der Erzwand einer Strecke absickernden Lösungen
Vergrößerung 1,15-fach



Fig. 38. Gipskristalle in einer Kluftnische von Wehr in Baden. Orientierte Aufwachsung in wirbelartig bewegter Mutterlauge
Vergrößerung 1,2-fach



Fig. 39. Schichtfugen-Kristallisationen im Gips (Muschelkalk) von Felsenau (Aargau)
Verkleinerung 0,65-fach

