

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 58 (1978)

**Heft:** 1-2

**Artikel:** Baryt-Coelestin und ihre Mischkristalle aus Schweizer Alpen und Jura

**Autor:** Burkard, Andreas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-45190>

#### **Nutzungsbedingungen**

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 12.01.2026

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

## **Baryt-Coelestin und ihre Mischkristalle aus Schweizer Alpen und Jura**

Von *Andreas Burkhard* \*)

### **Abstract**

Barite, celestite and their solid solution crystals are quite widespread minerals in Switzerland. They are found in cavities of fossils and in druses in the sedimentary rocks of the Jura Mountains. In the crystalline rocks of the Alps celestite is rarely found; barite occurs as a gangue mineral in ore deposits and in typical alpine clefts. The colour and morphology of the crystals vary greatly. In some localities, several different types of barite crystals can be found within a few meters. The aim of this work is to investigate the different factors governing these properties by combined chemical, optical, morphological and X-ray methods and to relate them to geological processes.

The most important feature of the chemistry of barite ( $\text{BaSO}_4$ ) is the formation of a solid solution series with celestite ( $\text{SrSO}_4$ ). All different compositions of this series can be produced artificially. In nature, however, intermediate compositions are rare and, according to literature data, the miscibility seems to be restricted to nearly the pure end members. Detailed studies of 130 samples of different geological environment have shown that barite and celestite are rarely pure  $\text{BaSO}_4$  and  $\text{SrSO}_4$ . They often show relatively high Sr and Ba contents, up to 30%  $\text{SrSO}_4$  in barite and up to 30%  $\text{BaSO}_4$  in celestite. Crystals of such compositions are called celestobarites and baritocelestites, respectively. They are real solid solutions ( $\text{Ba}, \text{Sr}\text{SO}_4$ ), as shown by X-ray diffraction. In samples from the unmetamorphic sediments of the Jura mountains it could be proved that all compositions in the barite-celestite solid solution series can be formed under natural conditions, too. The apparent miscibility gap between 30% and 70%  $\text{SrSO}_4$  is caused by the scarcity of these compositions in nature.

Electron microprobe analyses showed that in many crystals the Sr, Ba and Ca contents vary distinctly in the millimeter to  $\mu\text{m}$  range. In samples of the Jura Mountains, these variations are often irregularly distributed, but there are also crystals with ordered variations which are arranged in narrow zones. Crystals of this type are often found at Alpine localities. The differences in Sr and Ca content between neighbouring zones can be more than 10%  $\text{SrSO}_4$  and 2000 ppm Ca, respectively. These different chemical zones often correspond with morphologically visible zones, marked by inclusions of fluid or other material, or by different colour. These zones represent old growth stages and sometimes picture changes in habit during crystal growth.

Determinations of trace elements by emission spectrographic analysis showed that Ca, Mg, Fe, Al and Si are present in ppm quantities. The trace element content is influenced

---

\*) Mineralogisch-Petrographisches Institut, Bernoullistrasse 30, CH-4056 Basel.

by the surrounding rock. There is a general increase in trace element content toward the end members of the solid solution series.

Different coloured barites and celestites were examined by chemical and X-ray methods. Their colour is mostly caused by inclusions of other minerals. Some barites show the same blue colour as celestite, which often disappears when exposed to light. No trace element could be found to be responsible for this blue colour.

Determinations of refractive indices  $n_{\alpha}$ ,  $n_{\beta}$ , and  $n_{\gamma}$  and precise measurements of the optical angle  $2V_{\gamma}$  were made on an optical stage. The optical values show the same relationship to Sr content as do the artificial solid solution crystals (BURKHARD, 1973). The optical angle  $2V_{\gamma}$  shows a marked dependence on chemical composition with a distinct maximum value at 50%  $\text{SrSO}_4$ . Measuring  $2V_{\gamma}$  is therefore a simple and exact way to determine the composition of  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  crystals.

X-ray methods (single crystal and powder diffraction) proved that the samples examined are real solid solutions. A graph has been constructed for the rapid determination of Sr content in  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ .

Detailed descriptions of several typical localities are given. They make clear that most of the barites and celestobarites found in Alpine clefts were formed by the alteration of hercynic ore bodies. Influenced by tectonic movements and elevated temperatures, barite was partly dissolved by hydrothermal solutions and precipitated again in clefts. By their way through the surrounding rock the solutions were enriched in different elements which were incorporated later in the growing barites. Theoretical considerations, which are based on experiments by STARKE (1964), show that the big variations in the Sr content of the samples examined must have been mainly caused by variations in the Sr/Ba ratio of the solution. In the Jura Mountains, where celestite and the Sr-rich members are predominating, a high Sr/Ba ratio in the solution must have been effective. The big Sr contents required may have been generated by the recrystallization of calcite and by the transformation aragonite  $\rightarrow$  calcite.

## INHALTSVERZEICHNIS

|   |    |
|---|----|
| Vorwort .....   | 4  |
| <i>I. Einleitung</i> .....  | 5  |
| 1. Nomenklatur von Mischkristallen Baryt-Coelestin .....  | 5  |
| 2. Die Morphologie von Baryt, Coelestin und ihren Mischkristallen .....                         | 6  |
| <i>II. Fundorte der untersuchten Mineralproben</i> .....  | 7  |
| 1. Einteilung und Übersichtskarte .....   | 7  |
| 2. Beschreibung der Fundgebiete .....   | 9  |
| Fundgebiet 1: Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Jura, Molasse und nördliche Kalkalpen) ..... | 9  |
| Fundgebiet 2: Proben aus metamorphen Dolomiten und Kalken .....                                 | 12 |
| Fundgebiet 3: Proben aus Gneisen und Schiefern ausserhalb der Massive ..                        | 14 |
| a) Baryte aus metamorphen kalkigen und tonigen Sedimenten .....                                 | 14 |
| b) Baryte aus Erzvorkommen und aus Gneisen .....  | 15 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Fundgebiet 4: Proben aus metamorphen Gesteinen der Massive und ihrer Sedimentbedeckung . . . . .</b> | <b>17</b> |
| a) Baryte aus dem Aarmassiv . . . . .   | 17        |
| b) Baryte aus dem Gotthardmassiv (inklusive Tavetscher Zwischenmassiv und Urserenzone) . . . . .        | 18        |
| c) Baryte aus dem Aiguilles-Rouges-Massiv . . . . .   | 21        |
| <b>Fundgebiet 5: Unmetamorphe Barytvorkommen in kristallinen Gesteinen . . . . .</b>                    | <b>21</b> |
| a) Südalpen . . . . .   | 21        |
| b) Schwarzwald und Vogesen . . . . .  | 21        |
| <b>Fundgebiet 6: Verschiedene ausländische Vorkommen . . . . .</b>                                      | <b>22</b> |
| <br><b>III. Beschreibung der Untersuchungsmethoden . . . . .</b>  | <b>22</b> |
| 1. Analysen mit der Röntgenmikrosonde (RMS) . . . . .   | 22        |
| 1.1. Apparatives . . . . .  | 22        |
| 1.2. Präparation und Messmethode . . . . .  | 22        |
| 1.3. Standardisierung . . . . .   | 23        |
| 2. Emissions-Spektralanalyse . . . . .  | 24        |
| 2.1. Analysenverfahren . . . . .  | 24        |
| 2.2. Standardisierung . . . . .   | 24        |
| 2.3. Nachweisgrenzen und Reproduzierbarkeit . . . . .   | 25        |
| 3. Optische Bestimmungen . . . . .  | 25        |
| 4. Röntgendiffraktion . . . . .   | 25        |
| 5. Goniometrische Vermessung der Kristalle . . . . .  | 26        |
| <br><b>IV. Resultate . . . . .</b>  | <b>26</b> |
| 1. Chemische Zusammensetzung . . . . .  | 26        |
| 1.1. Sr-Gehalt . . . . .  | 26        |
| 1.2. Spurenelemente . . . . .   | 32        |
| 1.2.1. Ca-Gehalt . . . . .  | 32        |
| 1.2.2. Übrige Spurenelemente . . . . .  | 34        |
| 2. Morphologie und Kristallwachstum . . . . .   | 38        |
| 2.1. Morphologie . . . . .  | 38        |
| 2.2. Kristallwachstum . . . . .   | 40        |
| 3. Färbung . . . . .  | 43        |
| 4. Zonarbau . . . . .   | 45        |
| 5. Optische Daten . . . . .   | 53        |
| 6. Röntgendiffdaten . . . . .   | 57        |
| 6.1. Pulveraufnahmen . . . . .  | 57        |
| 6.2. Einkristallaufnahmen . . . . .   | 57        |
| <br><b>V. Zur Genese von Baryt, Coelestin und ihren Mischkristallen . . . . .</b>                       | <b>59</b> |
| 1. Theoretische Überlegungen . . . . .  | 59        |
| 1.1. Abschätzung der Bildungsbedingungen . . . . .  | 59        |
| 1.2. Experimentelle Untersuchungen . . . . .  | 60        |

|   |    |
|---|----|
| 2. Baryt, Coelestin und ihre Mischkristalle aus unmetamorphen Sedimenten des Jura ..... | 63 |
| 3. Baryt, Coelestin und ihre Mischkristalle aus metamorphen Gesteinen der Alpen .....   | 67 |
| <i>VI. Zusammenfassung</i> .....  | 71 |
| Anhang: Kurze Beschreibung der untersuchten Mineralproben .....                         | 73 |
| Literatur .....   | 90 |

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Basel unter der Leitung von PD Dr. S. Graeser durchgeführt.

Mein besonderer, herzlicher Dank gilt Herrn PD Dr. S. Graeser, der mir dieses interessante Thema zur Bearbeitung übertrug. Er hat stets grossen Anteil am Fortgang der Arbeit genommen, sie jederzeit tatkräftig unterstützt und durch viele interessante Diskussionen gefördert. Ganz besonders danke ich ihm für die vielen schönen, erlebnisreichen Tage, die ich zusammen mit seiner Familie im Binntal verbringen durfte und die mir unvergesslich bleiben werden.

Vielen Dank schulde ich weiter Herrn Prof. Dr. H. Schwander für die Möglichkeit, ungezählte Analysen mit der Röntgenmikrosonde und der Spektralanalyse durchzuführen, sowie für viele wertvolle Diskussionen.

Herrn Prof. Dr. E. Wenk danke ich, dass er mit mir zusammen die Fundstelle am Hirnichopf besuchte und mir auch sonst manchen interessanten Hinweis gab.

Herrn Prof. Dr. M. Frey bin ich für sein Interesse an dieser Arbeit zu grossem Dank verpflichtet.

Herrn PD Dr. W. Stern verdanke ich Hilfe beim Aufstellen einiger Rechenprogramme.

Die Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop wurden im REM-Labor unter der Leitung von Dr. R. Guggenheim ausgeführt; ihm und Frl. G. Haberkorn sei dafür bestens gedankt.

Meinem Studienkollegen Henry Hänni, der sämtliche Präparate für die Röntgenmikrosonde herstellte und auch die heiklen Polierarbeiten ausführte, bin ich zu grossem Dank verpflichtet.

Herrn E. Glauser danke ich für den präzisen Bau eines Entwicklungstanks für Spektralfilme.

Zahlreiche wertvolle Informationen und Untersuchungsmaterial verdanke ich Herrn Dr. J. Arnoth vom Naturhistorischen Museum in Basel sowie Herrn Prof. Dr. H. A. Stalder vom Naturhistorischen Museum in Bern.

Weiter möchte ich all den vielen Kollegen, Strahlern und Mineraliensammlern danken, die mir Material zur Untersuchung überliessen und von denen ich viele nützliche Hinweise und Anregungen erhielt. Ganz besonderer Dank gilt A. Bachmann, R. Eichin, F. Falkenstein, P. Flepp, W. Gerber, H. Holenweg, B. Imhof, T. Imhof, Ch. Meyer, H. Ogi, H. Rüegg, L. Schmutz, Dr. H. P. Stehlin (†), D. Stoecklin, C. Vogel, J. Weber.

Zu grossem Dank verpflichtet bin ich nicht zuletzt dem Stipendienfonds der Firma SANDOZ AG, insbesondere den Herren Dr. H. Eggenberger und Dr. E. Sieber, für die grosszügige finanzielle Unterstützung während meines Studiums.

## I. EINLEITUNG

*Baryt* ( $\text{BaSO}_4$ ) ist ein in der Schweiz recht verbreitetes Mineral; er wird in den Alpen in Zerrklüften und in Drusen sowie als Gangart von Vererzungen gefunden. In den letzten Jahren wurden zudem auch aus dem Jura zahlreiche Barytfunde bekannt. Das Vorkommen von *Coelestin* ( $\text{SrSO}_4$ ) ist fast ausschliesslich auf den Jura beschränkt, wo Coelestin in Drusen und in Hohlräumen von Fossilien vorkommt. Beide Mineralien bilden Kristalle, die sehr unterschiedliche Morphologie und Farbe besitzen können. An gewissen Fundstellen treten sogar mehrere dieser Typen auf engem Raum nebeneinander auf. Mit Hilfe von kombinierten chemischen, optischen, morphologischen und röntgenographischen Untersuchungen wird im folgenden gezeigt, welche Faktoren für diese Unterschiede verantwortlich sind und welche Rückschlüsse daraus auf die Entstehung der Kristalle gezogen werden können.

Die wichtigste geochemische Eigenschaft von Baryt und Coelestin ist die Bildung von Mischkristallen ( $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ ). Während künstlich alle Mischungsglieder herstellbar sind, waren bisher in der Natur Kristalle intermediärer Zusammensetzung kaum bekannt und man musste annehmen, dass unter natürlichen Bildungsbedingungen eine Mischungslücke zwischen Baryt und Coelestin besteht. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden mit der Röntgen-Mikrosonde (RMS) ausgedehnte Bestimmungen der Sr- und Ba-Gehalte aller Proben durchgeführt. Zur exakten Durchführung dieser Analysen war es nötig, Standardmaterial genau bekannter Zusammensetzung verwenden zu können. Aus diesem Grund wurden künstlich reine  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristalle mit verschiedenen Mischungsverhältnissen hergestellt. Die Resultate der optischen und röntgenographischen Untersuchung dieser Kristalle wurden bereits früher publiziert (BURKHARD, 1973).

### 1. Nomenklatur von Mischkristallen Baryt-Coelestin

Für die Benennung von Mischkristallen im System  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  besteht bis jetzt keine einheitliche Regelung. Je nach Autor werden nur die Begriffe Baryt und Coelestin für die ganze Mischungsreihe verwendet, oder es werden zusätzliche Bezeichnungen wie Barytococelestin, Strontiobaryt oder Coelestobaryt eingeführt, um damit Mischkristalle mit hohem Ba- oder Sr-Gehalt zu benennen.

Zur Vermeidung von Unklarheiten ist es deshalb nötig, die Bedeutung der einzelnen Begriffe klar gegeneinander abzugrenzen. Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erscheint folgende Einteilung am sinnvollsten (vgl. auch Fig. 1):

|               |                           |         |
|---------------|---------------------------|---------|
| Baryt         | 0– 9,9% SrSO <sub>4</sub> | (Mol-%) |
| Coelestobaryt | 10– 49,9%                 |         |
| Barytocoestin | 50– 89,9%                 |         |
| Coelestin     | 90–100                    | %       |

Folgende Gründe sprechen für diese Einteilung: Die weitaus grösste Zahl aller Baryte und sehr viele Coelestine enthalten weniger als 10% SrSO<sub>4</sub> bzw. BaSO<sub>4</sub>, liegen also im Baryt- bzw. Coelestinfeld (vgl. HANOR, 1968). Coelestobaryt und Barytocoestin heissen somit nur Kristalle mit besonders hohem Sr- bzw. Ba-Gehalt, für die eine Spezialbezeichnung sinnvoll und notwendig ist.

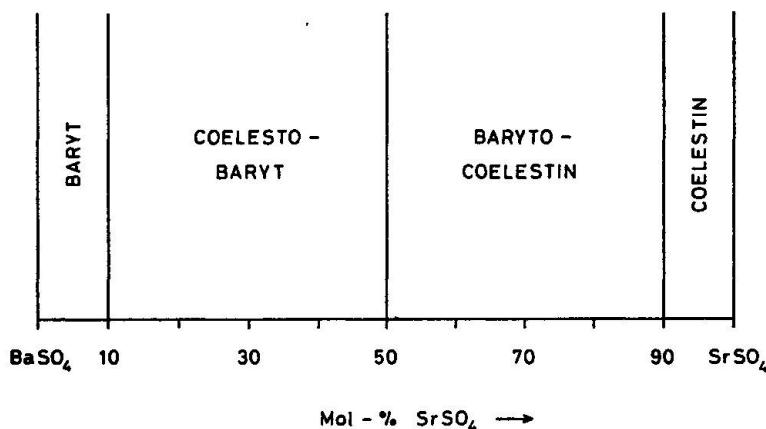


Fig. 1. Die Nomenklatur der Mischkristalle im System BaSO<sub>4</sub>-SrSO<sub>4</sub>.

Die Einteilung folgt dem Vorschlag von GRAHMANN (1920), allerdings mit dem Unterschied, dass hier noch zusätzlich zwischen Coelestobaryt und Barytocoestin unterschieden wird. Diese Differenzierung ist angezeigt, entspricht sie doch der in der Natur meistens vorhandenen Trennung von Sr-armen und Sr-reichen Mischkristallen. Denn obwohl alle denkbaren Zusammensetzungen zwischen BaSO<sub>4</sub> und SrSO<sub>4</sub> auftreten können, wie später gezeigt wird, sind Kristalle mit Sr-Gehalten um 50% SrSO<sub>4</sub> sehr selten.

Die Zusammensetzung der Mischkristalle (Ba,Sr)SO<sub>4</sub> wird im folgenden immer in Mol-% SrSO<sub>4</sub> angegeben, wobei gilt:

$$\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4 = 100\%$$

Die Gehaltsangabe aller übrigen Elemente erfolgt in ppm des betreffenden Elements.

## 2. Die Morphologie von Baryt, Coelestin und ihren Mischkristallen

Zur Beschreibung der Morphologie der Mineralien der Barytgruppe werden zwei unterschiedliche Achsenverhältnisse benutzt, ein altes morphologisches und ein neues röntgenographisches. Hier wird ausschliesslich das neue an-

gewendet. Für die Umrechnung der alten Miller-Indizes auf das neue System muss der Index  $h$  verdoppelt werden:

$$\begin{array}{l} h \ k \ l \rightarrow 2h \ k \ l \\ \text{(alt)} \qquad \qquad \text{(neu)} \end{array}$$

Zur übersichtlichen Bezeichnung der Flächen werden die allgemein üblichen Buchstaben verwendet (PALACHE et al., 1951). Es sind dies für die angegebenen Flächen:

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| c (001) | z (211) | y (111) |
| m (210) | b (010) | e (018) |
| o (011) | a (100) | R (423) |
| d (101) | l (102) | K (216) |

Fig. 2 zeigt die räumliche Lage einiger wichtiger Flächen sowie die Orientierung der kristallographischen Achsen; wie sie bei allen Kristallzeichnungen dieser Arbeit verwendet wurden.

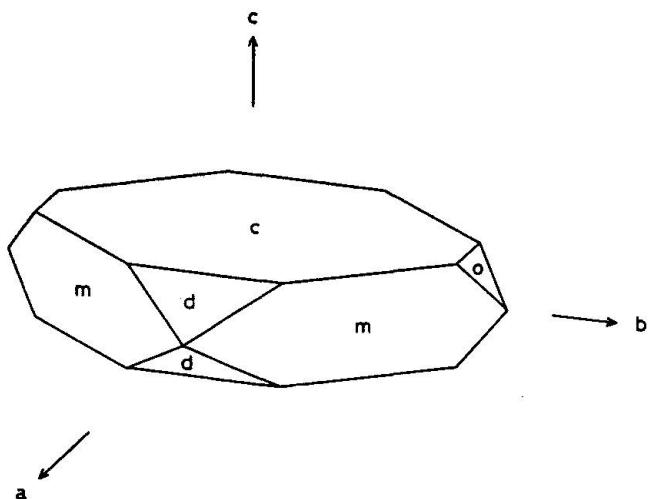


Fig. 2. Orientierung der kristallographischen Achsen und räumliche Lage einiger wichtiger Flächen bei Baryt, Coelestin und ihren Mischkristallen. Alle Kristallzeichnungen dieser Arbeit sind in dieser Orientierung dargestellt.

## II. FUNDORTE DER UNTERSUCHTEN MINERALPROBEN

### 1. Einteilung und Übersichtskarte

Es wurden insgesamt 135 Proben von 76 verschiedenen Fundstellen untersucht, die ihrem geologischen Vorkommen entsprechend in 6 Fundgebiete zusammengefasst werden. Für die Einteilung wurden die Geologische und die Tektonische Karte der Schweiz (SPICHER, 1972) sowie die Metamorphosekarte von M. FREY et al. (1974) verwendet, wobei in Grenzfällen lithologische Kriterien wichtiger waren als die tektonisch exakte Zuordnung.

Die Fundstellen werden mit einer fortlaufenden Nummer bezeichnet, die der Numerierung in den Tabellen und im Probenverzeichnis im Anhang entspricht. Die Fundorte sind auf der Übersichtskarte (Fig. 3) eingetragen, wobei für die 6 Fundgebiete folgende Symbole verwendet werden:

- Fundgebiet 1: Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Jura, Molasse und nördliche Kalkalpen)  
Fundstellen Nr. 1–28
- Fundgebiet 2: Proben aus metamorphen Dolomiten und Kalken  
Fundstellen Nr. 29–42
- ▼ Fundgebiet 3: Proben aus Gneisen und Schiefern ausserhalb der Massive  
Fundstellen Nr. 43–52
- ▲ Fundgebiet 4: Proben aus metamorphen Gesteinen der Massive und ihrer Sedimentbedeckung  
Fundstellen Nr. 53–67
- ◆ Fundgebiet 5: Unmetamorphe Barytvorkommen in kristallinen Gesteinen  
Fundstellen Nr. 68–72
- Fundgebiet 6: Verschiedene ausländische Vorkommen  
Fundstellen Nr. 73–76 (auf der Karte nicht eingezeichnet)

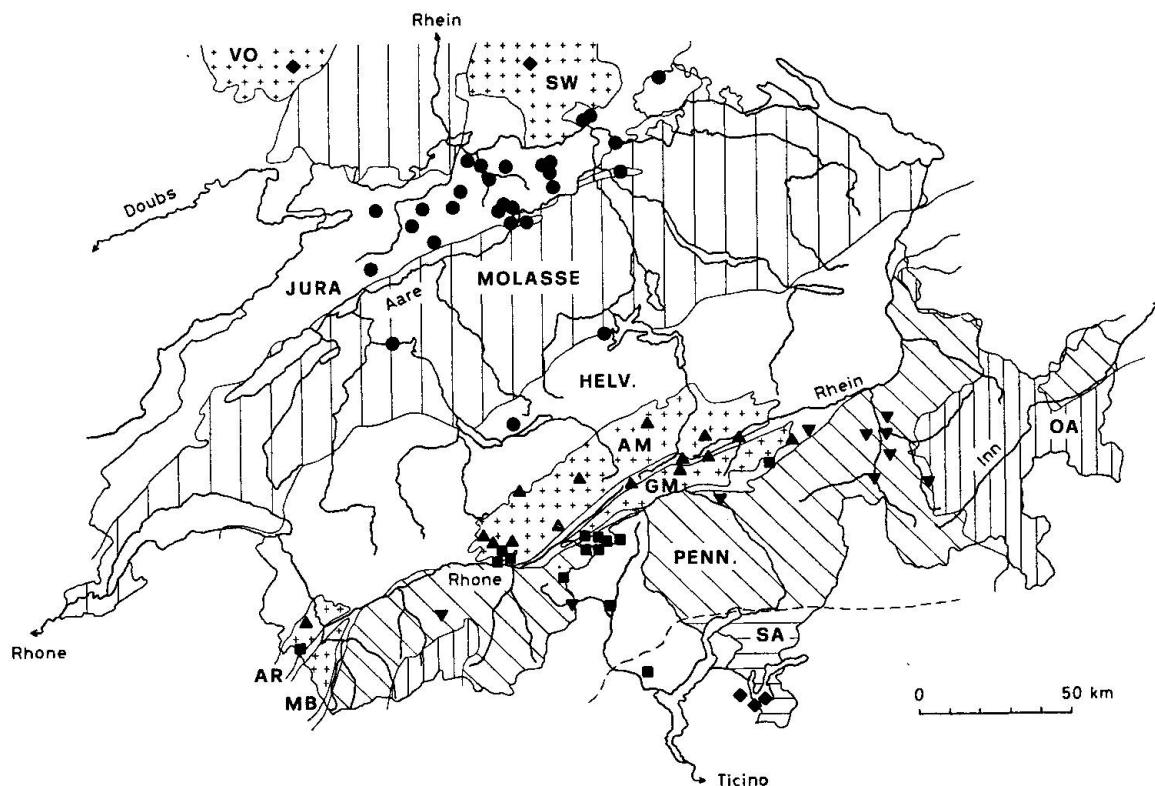


Fig. 3. Tektonische Übersichtskarte der Schweiz mit den Fundorten der untersuchten Mineralproben. Die Lage der einzelnen Fundstellen ist, entsprechend ihrer Einteilung in die verschiedenen Fundgebiete, durch unterschiedliche Symbole dargestellt (vgl. Text). VO = Vogesen, SW = Schwarzwald, HELV. = Helvetikum, AM = Aarmassiv, GM = Gotthardmassiv, OA = Ostalpin, PENN. = Pennikum, AR = Aiguilles-Rouges-Massiv, MB = Montblanc-Massiv, SA = Südalpen.

## 2. Beschreibung der Fundgebiete

In diesem Kapitel wird eine nähere Charakterisierung der einzelnen Fundgebiete gegeben. Dabei wird besonders auf die Eigenschaften der Baryte und Coelestine eingegangen und ihr Vorkommen am Beispiel einzelner, besonders typischer Fundstellen erläutert.

### FUNDGEBIET 1

#### *Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Jura, Molasse und nördliche Kalkalpen)*

(Fundstellen Nr. 1–28).

Die überwiegende Mehrheit der Proben stammt aus dem Jura, wo Baryt und Coelestin und ihre Mischkristalle in praktisch allen Schichten vorkommen. Sie sind in Hohlräumen von Fossilien (meist Ammoniten), in Drusen und Klüften im Gestein sowie in Septarien kristallisiert; einen Überblick über die bisher bekannten Mineralfundstellen im Jura gibt HOLENWEG (1969). Septarien sind brotlaibförmige, harte Mergelkalkknollen von bis zu 40 cm Durchmesser, die vorwiegend in den obersten Partien des Opalinustones vorkommen. Sie sind von sternförmig angeordneten Schwundrissen durchzogen, in denen häufig Calcit, Pyrit, Baryt-Coelestin-Mischkristalle und Strontianit kristallisiert sind. In der Flyschzone nördlich des Brienzer Rothorns werden zudem an verschiedenen Stellen sogenannte Barytkugeln gefunden. Es sind dies kugelige bis ellipsoidale, seltener zylindrische, schlängenähnliche Konkretionen, die vorwiegend aus grauem, feinkristallisiertem Baryt sowie Pyrit und Calcit bestehen. Der Kern ist von sternförmig angeordneten Schwundrissen durchzogen, die vollständig von Calcit und Baryt ausgefüllt sind.

Die im Jura gefundenen Baryte und Coelestine können Zusammensetzungen über den ganzen Mischungsbereich besitzen. Oft sind mehrere Generationen von Kristallen unterscheidbar, die sich bezüglich ihres Sr- und Ca-Gehaltes unterscheiden; aus ihrer gegenseitigen Verwachsung lässt sich ihre Altersabfolge erkennen. Häufig sind Sr und Ca unregelmässig im Kristall verteilt und schwanken über einen grossen Bereich.

Besonders häufig und für den Jura typisch sind nach der b-Achse gestreckte, leistenförmige Barytocoelestine (vgl. Fig. 4). Sie sind oft zu radialstrahligen Aggregaten verwachsen.

Typische Begleitminerale sind Strontianit, Calcit, Dolomit und Pyrit. Coelestin, Barytocoelestine und Colestobaryt sind oft von büscheligem Strontianit überwachsen, der immer eine jüngere Bildung darstellt. Auf verschiedenen Proben ist eindeutig erkennbar, dass der Strontianit aus der Umwandlung (Auflösung) von Coelestin oder Barytocoelestine bzw. Colestobaryt entstanden ist.

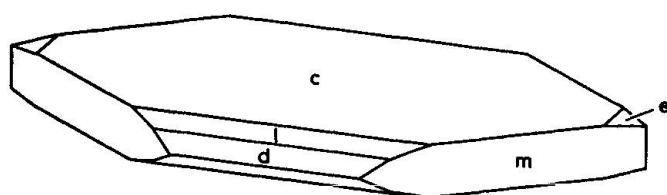


Fig. 4. Typischer, nach der b-Achse gestreckter, leistenförmiger Barytocoelestin aus dem Jura. Häufig sind die Kristalle zu radialstrahligen Aggregaten verwachsen. Sie sind farblos bis leicht blau gefärbt.

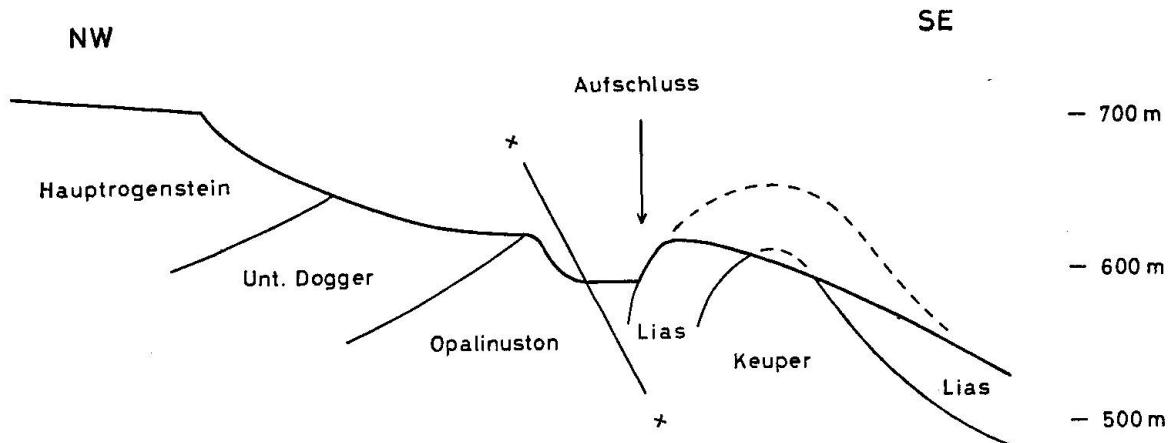


Fig. 5a. Geologisches Profil durch die Fundstelle Nr. 8, Unter Erlimoos bei Trimbach SO. Gezeichnet aufgrund eigener Messungen und unter Verwendung der Kartierungen von MÜHLBERG (1914) und GOLDSCHMID (1965).

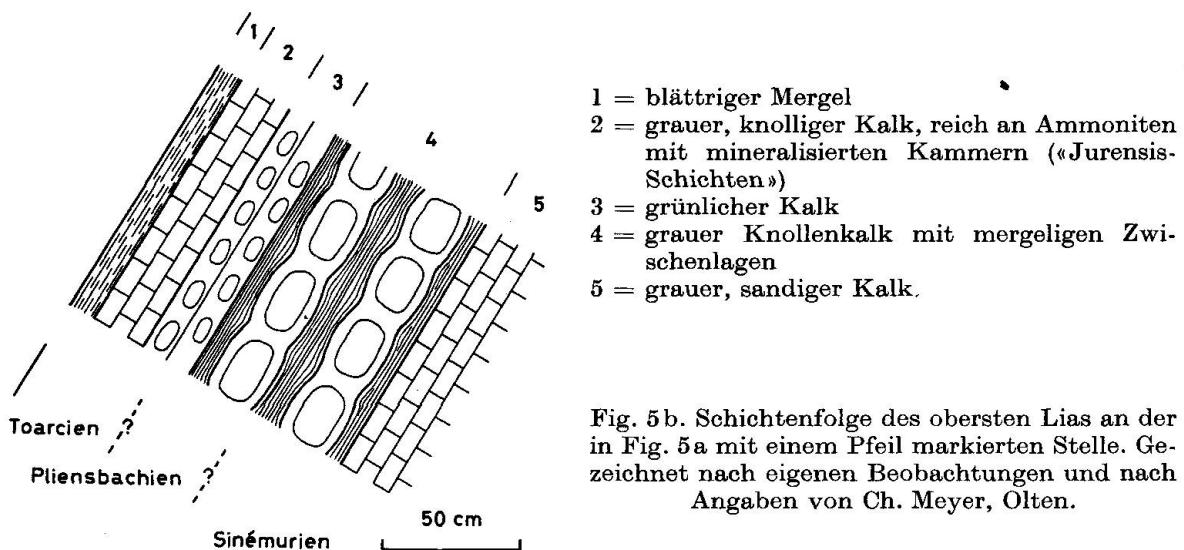


Fig. 5b. Schichtenfolge des obersten Lias an der in Fig. 5a mit einem Pfeil markierten Stelle. Gezeichnet nach eigenen Beobachtungen und nach Angaben von Ch. Meyer, Olten.

Als Beispiel wird im folgenden die Fundstelle Nr. 8, *Unter Erlimoos* bei Trimbach SO, näher beschrieben:

In der Tongrube der Ziegelei Hägendorf wurden durch den Abbau des Opalinustones frische Aufschlüsse im obersten Lias geschaffen; in Fig. 5 ist die geologische Situation dargestellt. Die freigelegten Liasschichten bilden einen mit 60° gegen NW einfallenden Faltenschenkel, der von zwei senkrecht aufeinanderstehenden Kluftsystemen durchzogen wird. Die oberste, etwa 20 cm mächtige Bank besteht aus grauem Kalk, der viel Pyrit und Glaukonit enthält und sehr

fossilreich ist. Die Schicht ist erdölhaltig; in tonigen Zwischenlagen und in Ammonitenkammern findet man eine leichtbewegliche, ölige Flüssigkeit, deren leichtflüchtige Bestandteile rasch verdampfen und eine gelbe, schmierfettartige Masse zurücklassen. Bisweilen findet man auch Kohlestücke mit deutlich erhaltenen Pflanzenstruktur.

Vorwiegend in den fossilreichen Jurensis-Schichten treten folgende Minerale auf: Calcit, Dolomit, Pyrit, Markasit, Smythit, Zinkblende, Gips, Strontianit sowie Baryt, Coelestobaryt, Barytocoelestin und Coelestin. Diese Minerale sind entweder in Hohlkammern von Ammoniten oder aber in den Klüften der Kalkbank kristallisiert. Es sind deutliche Unterschiede zwischen diesen beiden Vorkommen vorhanden: Coelestin, Barytocoelestin, Coelestobaryt und Strontianit treten vorwiegend in Ammonitenkammern auf, und zwar gemeinsam mit skalenoidrischem Calcit. In den Klüften ist der Calcit meist rhomboedrisch ausgebildet; Baryt wird vorwiegend hier und nur sehr selten in Ammonitenkammern gefunden.

Es sind alle vier Glieder der Baryt-Coelestin-Mischungsreihe vertreten; sie lassen sich recht gut nach ihrem Aussehen unterscheiden. Der Coelestin tritt in farblosen bis blauen, tafeligen Kristallen auf, die häufig starke Auflösungerscheinungen zeigen. Der Barytocoelestin bildet die typischen leistenförmigen bis faserigen, nach der b-Achse gestreckten und radialstrahlig angeordneten Kristalle. Der Coelestobaryt (Fig. 6) kommt nur in sehr kleinen Kristallen vor, die meist aus mehreren, schief miteinander verwachsenen Einzelkristallen bestehen. Der Baryt bildet dicktafelige gelbe sowie dünntafelige blaue Kristalle. Stark verwitterte, radialstrahlige Aggregate von Baryt sind vermutlich durch selektives Herauslösen des Sr aus Barytocoelestin entstanden.

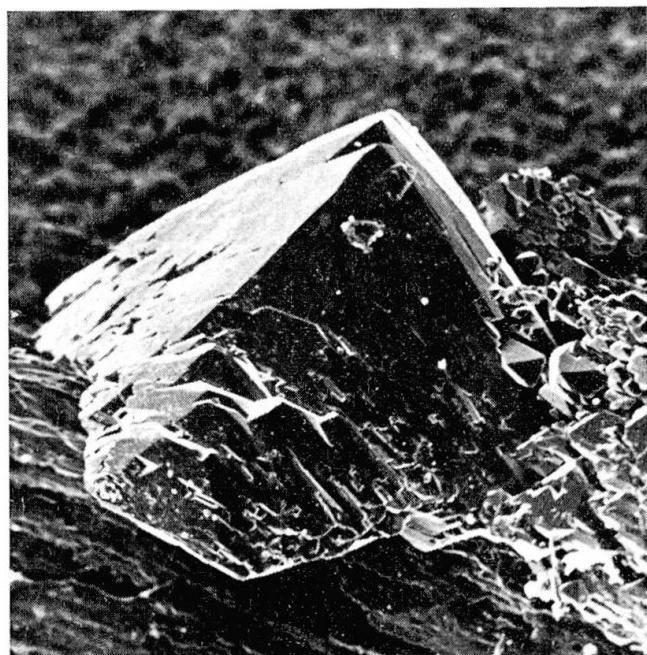


Fig. 6. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Coelestobaryt-Kristalls von der Fundstelle Nr. 8, Unter Erlimoos. Die Grösse des Kristalls beträgt 0,3 mm.

In den Hohlkammern der Ammoniten lässt sich aus der gegenseitigen Verwachsung der Minerälien folgende Abfolge erkennen: skalenoedrischer Calcit – tafeliger Coelestin – leistenförmiger Barytocoelestin – pseudorhomboedrischer Coelestobaryt. Strontianit wird immer zusammen mit korrodiertem Coelestin oder auf Barytocoelestin angetroffen. Er ist auf allen Stufen das zuletzt gebildete Mineral. Aus der gegenseitigen Verwachsung ist nicht eindeutig abzulesen, wann der Baryt in den Ammonitenkammern bzw. in den Klüften kristallisierte.

## FUNDGEBIET 2

### *Proben aus metamorphen Dolomiten und Kalken*

(Fundstellen Nr. 29–42)

Die Proben dieses Fundgebietes stammen fast vollständig aus Triasdolomit und stehen in direktem Zusammenhang mit hydrothermalen Vererzungen (Bleiglanz, Zinkblende, Fluorit, Fahlerz). Weil die Baryte in Drusen und Klüften kristallisierten, die in Gestein sehr ähnlicher Zusammensetzung liegen, sind Morphologie und Zusammensetzung ähnlich. Die Morphologie der Kristalle lässt sich auf einige wenige Typen zurückführen, die in Fig. 7 dargestellt sind. Neben dem gewöhnlichen tafeligen Typ (1) sind dicktafelige bis nach der c-Achse gestreckte Kristalle typisch (2)–(4). Im Binntal treten zudem nach der a-Achse gestreckte Baryte auf (5). Je nach der Art und Anzahl vorhandener Flächen erhalten Kristalle eines verwandten Typs stark unterschiedliches Aussehen, wie z. B. (2) und (4). Das Auftreten besonders flächenreicher Kristalle ist für dieses Fundgebiet typisch.

Die Kristalle besitzen im allgemeinen eher tiefe Sr- und eher hohe Ca-Gehalte. Häufig variieren beide Gehalte innerhalb eines Kristalls.

Es sind in dieser Gruppe drei grosse Fundgebiete vertreten: Kristalle aus dem Baltschiederdolomit, aus dem Dolomit der Greina sowie aus dem Dolomit der Monte-Leone-Decke. In letzterem kann Baryt in der Gegend des Binntales in zahlreichen Aufschlüssen gefunden werden, die über ein grosses Gebiet verteilt sind (vgl. S. GRAESER, 1965, sowie neuere Funde). Dabei zeigt es sich, dass im Binntal tafelige, zonargebaute Kristalle fast an allen Fundstellen vorkommen und meist auch die einzige vorhandene Kristallform darstellen. Häufig sind sie schlecht kristallisiert, mit blättrigem, schuppigem Aufbau und voll von eisenreichen Einschlüssen. Das weitaus interessanteste Barytvorkommen in diesem Gebiet stellt der Lengenbach dar, der im folgenden ausführlicher beschrieben wird.

Im *Lengenbach* (Fundstelle Nr. 34) werden auf kleinem Raum zahlreiche verschiedene, teilweise ungewöhnliche Ausbildungen von Baryt gefunden. Der Baryt tritt in Drusen auf, kommt aber auch als derbe, gängchenförmige Einlagerung im Dolomit vor. Farbe, Morphologie und Chemismus wechseln im

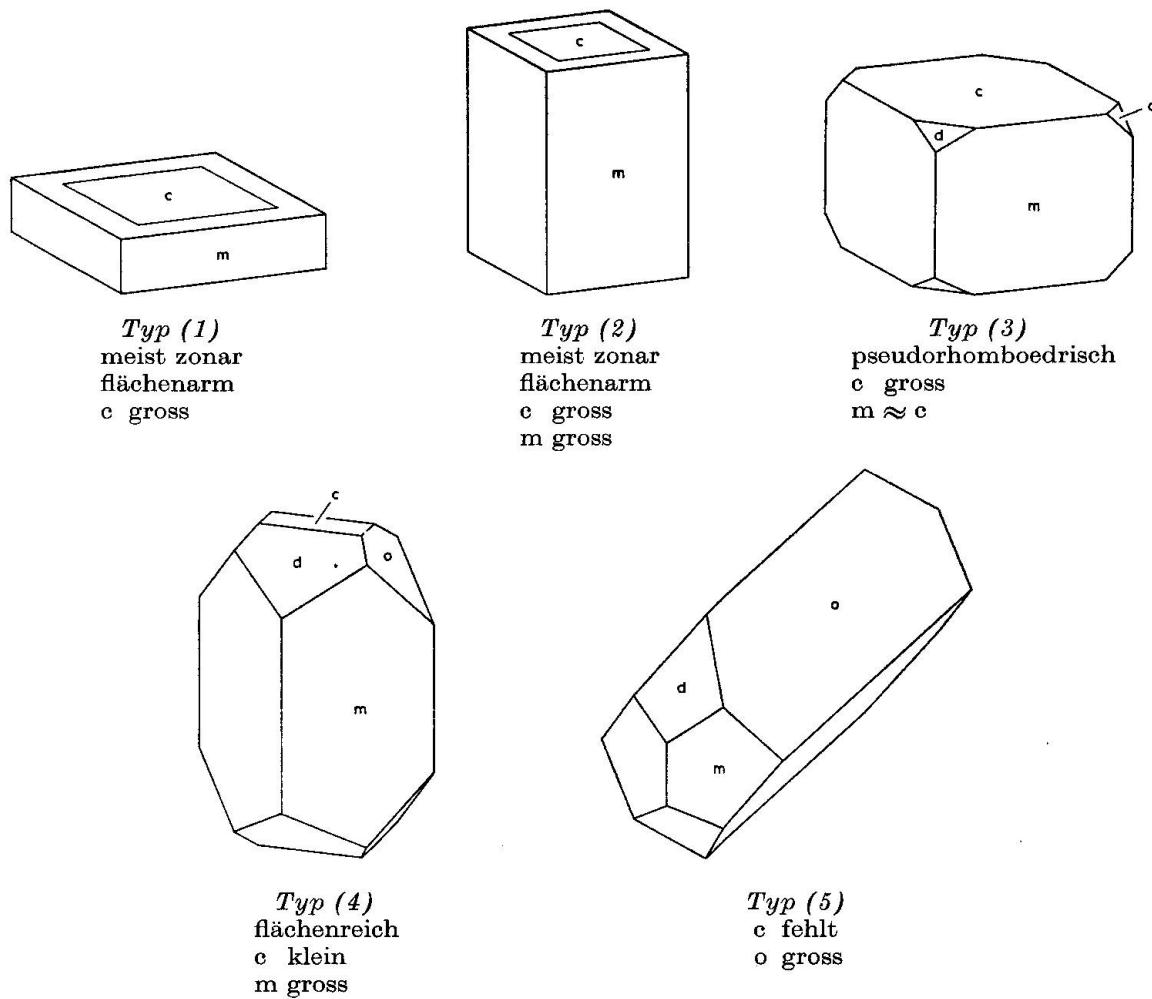


Fig. 7. Darstellung der wichtigsten Typen von Barytkristallen aus metamorphen Dolomiten.

Meterbereich, wobei eine Zonierung von Norden nach Süden feststellbar ist. Sie ist mit einem Wechsel der Begleitminerale verbunden und geht parallel der Zonierung, die GRAESER (1965) anhand des As-Gehaltes der Sulfosalze fand.

Im nördlichen Teil des Aufschlusses treten verschiedene tafelige bis nach der c-Achse gestreckte Baryttypen mit vorherrschender Basis c (001) auf. Sie zeigen alle einen durch Flüssigkeits- oder feste Einschlüsse markierten Zonarbau. Es sind das dieselben Baryttypen, die auch in anderen Dolomitaufschlüssen vorkommen. Typische Begleitminerale sind Turmalin, stengeliger roter Rutil, aber keine Sulfosalze.

Im südlichen Teil der Grube treten Baryte auf, die ähnlich nur am Reckibach und bei Schmidigen Wissi im Binntal vorkommen und in der übrigen Schweiz bisher nicht gefunden wurden. Sie sind alle nach der a-Achse gestreckt und bilden verschiedene, flächenarme bis sehr flächenreiche Ausbildungsarten. Sie sind nach Süden zunehmend intensiver blau gefärbt und enthalten keine Einschlüsse; ihr (chemisch) zonarer Aufbau ist somit nicht direkt erkennbar.

Charakteristische Begleitminerale sind Zinkblende, Goyazit (oft mit Baryt verwachsen), schwarzer bipyramidaler Rutil sowie verschiedene Sulfosalze. Ebenfalls aus dem südlichen Teil stammen die leicht bläulich gefärbten, isometrischen Baryte. Zu bemerken ist, dass die blaue Farbe der Baryte am Sonnenlicht rasch verblasst. Es wurden verschiedentlich einschlussreiche Baryte gefunden, die bereits durch die Handwärme zum Platzen gebracht wurden.

Eine Probe dieses Fundgebiets stammt aus einem Barytgang in vorherzynischem Marmor der Ivreazone. Die Gesteine erlitten in herzynischer oder früherer Zeit eine hochgradige Metamorphose (Granulitfazies), die von pegmatitischen und hydrothermalen Ereignissen gefolgt war und die zur Bildung der seltenen Bariumminerale Taramellit und Wenkit führte.

### FUNDGEBIET 3

#### *Proben aus Gneisen und Schiefern ausserhalb der Massive*

(Fundstellen Nr. 43–52)

Die hier zusammengefassten Barytvorkommen sind über ein grosses Gebiet verteilt und liegen vorwiegend in penninischen Gesteinen. Sie lassen sich in zwei Gruppen einteilen, die erste Gruppe vereinigt Baryte aus metamorphen kalkigen und tonigen Sedimenten, die zweite umfasst Baryte aus Erzvorkommen und aus Gneisen.

##### a) Baryte aus metamorphen kalkigen und tonigen Sedimenten

(Fundstellen Nr. 43–46)

Die Baryte dieser Gruppe stammen aus dem Gebiet Lugnez–Domleschg aus Gesteinen der Grünschieferfazies. Sie besitzen niedere Sr- und Ca-Gehalte, die zwischen 1 und 3%  $\text{SrSO}_4$  bzw. 0 und 50 ppm Ca liegen.

Die Barytkristalle sind alle tafelig nach c(001) und an gewissen Fundstellen zugleich nach der b-Achse gestreckt. Sie besitzen damit entweder ein rhombenförmiges oder schwertförmiges Aussehen. Neben den Flächen m(210) und teilweise auch d(101) sind gross ausgebildete Flächen des Pinakoids b(010) für diese Kristalle typisch. Zwei Beispiele sind in Fig. 8 abgebildet.

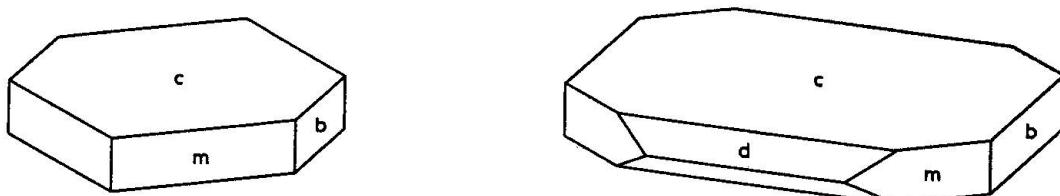


Fig. 8. Darstellung zweier typischer Barytkristalle aus Bündnerschiefern. Die Kristalle sind farblos bis leicht bläulich gefärbt und häufig von einer weissen, trüben Randschicht umgeben.

Die Baryte sind farblos bis leicht bläulich gefärbt und häufig von einer weissen, trüben Randschicht umgeben. Während der klare Kristallkern einschlussfrei ist, wird die weisse Trübung der Randschicht durch feine Flüssigkeitseinschlüsse erzeugt. Zugleich nimmt auch der Sr-Gehalt von 3%  $\text{SrSO}_4$  im Kristallkern auf 1%  $\text{SrSO}_4$  in der Randschicht ab (AB 1235, Piz Beverin).

**b) Baryte aus Erzvorkommen und aus Gneisen**

(Fundstellen Nr. 47–52)

Die Barytproben dieser Gruppe stammen mit einer Ausnahme alle aus Erzvorkommen; etwa die Hälfte der Fundorte liegt in Gneisen. Sie sind über ein weites Gebiet zerstreut und wurden von der alpinen Metamorphose verschieden stark erfasst, weshalb grosse Unterschiede vorhanden sind. Das Vorkommen bei Faido liegt im Bereich der Amphibolitfazies, Gondo entstand vermutlich postorogen – nicht metamorph (vgl. dazu E. NIGGLI, 1974), während die restlichen Vorkommen im Gebiet der Grünschieferfazies liegen.

Die Barytvorkommen der Alp Taspegn sind von besonderem Interesse und werden ausführlicher beschrieben; sie zeigen die Auswirkungen der alpinen Metamorphose auf eine barythaltige Erzlagerstätte.

Auf der *Alp Taspegn* oberhalb Zillis GR (Fundstelle Nr. 47) liegt im Taspinitegneis eine ehemals gangförmige Bleiglanz-Zinkblende-Vererzung mit Baryt als Gangart. Der Bleiglanz zeigt mit  $270 \pm 50$  my (EBERHARDT et al., 1962) ein herzynisches Alter für die Vererzung an. Während der alpinen Metamorphose (Grünschieferfazies) wurde die Vererzung von starken tektonischen Bewegungen erfasst. Die Erz- und Barytgänge wurden verfaltet (Fig. 9) und zu Linsen



Fig. 9. Stark verfalteter Barytgang, Alp Taspegn (Fundstelle Nr. 47).

und Schmitzen ausgewalzt, die zum Teil noch die Zugehörigkeit zu einem primären Erzgang erkennen lassen. Der Baryt diente dabei häufig als Bewegungshorizont, wovon auch vereinzelte, im feinkörnigen Baryt liegende, verbogene Barytkristalle Zeugnis ablegen. Nach dem Abschluss der grossen tektonischen Bewegungen bildeten sich zwei grosse Kluftsysteme aus, welche die ganze Lagerstätte durchsetzen. Sie zeigen vorwiegend ebene Kluftflächen, die häufig von Quarzkristallen besetzt sind.

An verschiedenen Stellen konnte beobachtet werden, wie ein Barytgang von einer Kluft geradlinig durchschlagen wird. Wo das Quarzband auf den Baryt trifft, sind in den Hohlräumen im Quarz tafelige Baryte kristallisiert. Ist der Barytgang vererzt, so enthalten die Hohlräume neben Baryt auch Kupferkies, Siderit und Malachit. Das Auftreten von Barytkristallen auf Quarzklüften in der Nähe des Kontaktes mit einem Barytgang zeigt die Einwirkung hydrothermalen Lösungen. Diese drangen entlang den spät gebildeten Klüften in die Lagerstätte ein, mobilisierten einen Teil des Baryts und setzten ihn in der Umgebung wieder ab.

An einer anderen Stelle sind mehrere, teilweise vererzte Barytgänge dem Taspinit konkordant eingelagert. Sie sind zu einzelnen Linsen von stark wechselnder Mächtigkeit auseinandergerissen und teilweise verfaltet worden. Das Vorkommen wird von einer Kluftspalte durchzogen, die sich an einer Stelle in treppenartig angeordnete Einzelklüfte aufspaltet (Fig. 10). In diesen Klüften sind auf dem Taspinit Quarze und tafelige Barytkristalle aufgewachsen. Ein

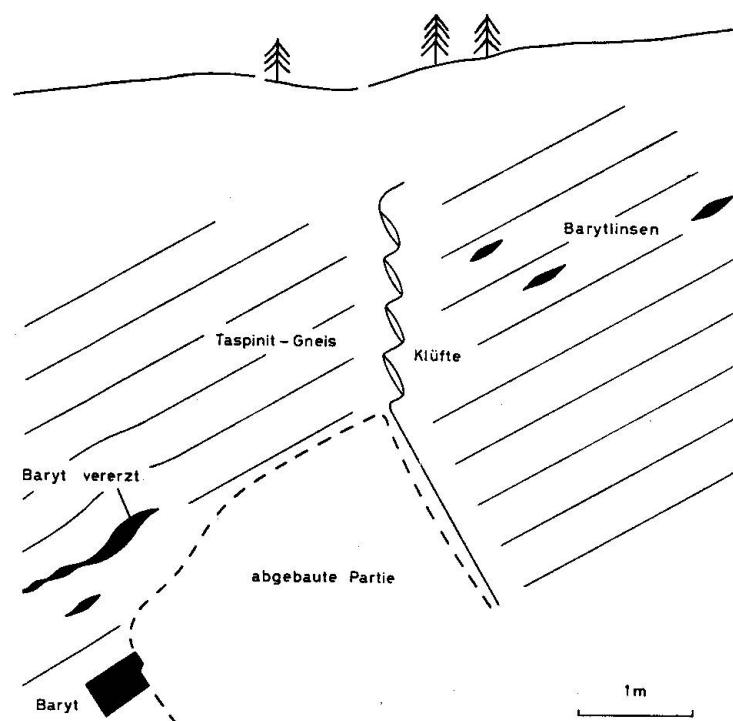


Fig. 10. Skizze des Fundortes der zonargebauten Baryte der Alp Taspegn (Fundstelle Nr. 47).

direkter Kontakt mit einem Barytgang ist nicht vorhanden; der Taspinit enthält aber in der Umgebung der Kluft einzelne kleine Barytlinsen. Der Baryt muss hier von Hydrothermallösungen über eine Distanz von mindestens einigen Dezimetern transportiert worden sein. Die Barytkristalle zeigen einen auffallenden Zonarbau: farblos durchsichtige Zonen wechseln mehrmals mit weissen, durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübten Partien ab, die zudem stark unterschiedliche Sr-Gehalte besitzen (vgl. Fig. 37). Sie zeigen, dass das Kristallwachstum diskontinuierlich und unter mehrmals geänderten Bedingungen erfolgte.

#### FUNDGEBIET 4

##### *Proben aus metamorphen Gesteinen der Massive und ihrer Sedimentbedeckung* (Fundstellen Nr. 53–67)

Baryt kann in den Massiven als Kluftmineral sowie häufig als Gangart von Vererzungen gefunden werden. Die Vererzungen liegen vorwiegend in den altkristallinen Hüllgesteinen der Massive und sind späte hydrothermale Bildungen im Gefolge der herzynischen Granitintrusionen. Sie wurden während der alpinen Metamorphose durch zirkulierende Hydrothermallösungen teilweise mobilisiert, und auf Klüften in der Umgebung wurden Baryt und verschiedene Erzminerale wieder ausgeschieden.

Die Baryte besitzen generell niedere Ca-Gehalte und tiefe oder aber sehr hohe Sr-Gehalte (Coelestobaryte). Der Übersichtlichkeit halber werden die Fundstellen aus dem Aarmassiv, dem Gotthardmassiv und dem Aiguilles-Rouges-Massiv getrennt behandelt. Es bestehen aber zum Teil starke Ähnlichkeiten, auf die bei der Beschreibung der einzelnen Mineralproben hingewiesen wird.

###### **a) Baryte aus dem Aarmassiv** (Fundstellen Nr. 53–60)

Die Proben dieser Fundregion stammen alle aus Gneisen und Schiefern des Aarmassivs, im Bereich der alpinen Grünschieferfazies. Die Intensität der Metamorphose nimmt dabei gegen den äusseren, nordwestlichen Rand des Massivs hin ab. Es wurden Baryte aus Erzgängen sowie aus Klüften untersucht. Besonders im westlichen Teil des Aarmassivs sind aus dem Altkristallin zahlreiche Vererzungen mit Baryt als Gangart bekannt, die genetisch mit den Vorkommen von Baryt und von Erzmineralien (vor allem Bleiglanz) aus Klüften zusammenhängen. Beim Eingang zum Lötschental sind über ein grosses Gebiet verteilt barytführende Vererzungen den Schiefern eingelagert (H. HUTTENLOCHER, 1931). Die Bleimine Goppenstein sowie der Baryt aus einer Kluft südlich von Ferden liegen in diesem Gebiet; etwas weiter östlich liegen die Fundstellen im Baltschiederdolomit und im Trohlenden Graben.

Aus dem Gebiet westlich von Fiesch stammen zahlreiche Bleiglanzfunde sowie die Baryte aus einer Kluft am Aletschgletscher. Ebenso beschreibt P. ZBINDEN (1949) zwei eigentliche Vererzungen mit Bleiglanz, Baryt, Quarz und Fluorit. Weitere Vererzungen liegen in der Umgebung von Trachsellauenen sowie ein erzfreier Barytgang am Sustenpass.

**b) Baryte aus dem Gotthardmassiv**  
*(inklusive Tavetscher Zwischenmassiv und Urserenzone)*  
 (Fundstellen Nr. 61–66)

In dieser Gruppe werden Baryte zusammengefasst, deren Fundorte im Gotthardmassiv (inkl. Tavetscher Zwischenmassiv) sowie in seinen permokarbonischen metamorphen Sedimenten (Urserenzone) liegen. Mit einer Ausnahme stammen alle Baryte aus Klüften in Gneisen und Schiefern. Obwohl noch alle Fundorte im Bereich des Grünschieferfazies liegen, sind sie stärker von der alpinen Metamorphose erfasst worden als die Vorkommen im Aarmassiv.

Es sind auch in diesem Gebiet zahlreiche Hinweise dafür vorhanden, dass die Kluftbaryte genetisch mit Erzvorkommen zusammenhängen. A. FEHR (1956) beschreibt aus den Gneisen des östlichen Gotthardmassivs das Vorkommen von Baryt, der immer an Vererzungen (Pyrit, Hämatit) gebunden ist. Auf der Alpe di Camadra, südwestlich des Greinapasses, konnten wir Baryt zusammen mit Quarz, Adular, Hämatit, Anatas und Siderit in einer Kluft finden, die in einer stark erzhaltigen Gneiszone (Pyrit, Magnetit) liegt. Aus der Lukmanierschlucht im Tavetscher Zwischenmassiv, wo in Zerrklüften neben zahlreichen Erzmineralien auch Baryt vorkommt, sind von C. FRIEDLAENDER (1930) Vererzungen beschrieben worden.

Im Tavetsch werden über ein grösseres Gebiet verteilt in Gesteinen der Urserenzone Klüfte gefunden, die neben anderen Mineralien Hämatit, oft mit orientiert aufgewachsenem Rutil, und verschiedene Kupfersulfide enthalten. An einigen Stellen tritt neben diesen Erzmineralien auch Baryt auf. Von besonderem Interesse sind dabei die Barytvorkommen am Pazolabach und in der Cavradischlucht, die im folgenden ausführlicher beschrieben werden.

Die Fundstelle Nr. 65 am *Pazolabach* liegt in einem Gebiet starker tektonischer Beanspruchung (Pazolaumbiegung der Urserenzone). In den Psammitegneisen des Permokarbons sind, durch Schutt teilweise verdeckt, mehrere Barytgänge eingelagert (vgl. Fig. 11). Ein grosser Barytgang, der konkordant im Nebengestein liegt, lässt sich auf eine Distanz von über 10 m verfolgen (vgl. Fig. 12). Er wurde stark mechanisch beansprucht: bei einer Mächtigkeit von über 20 cm ist er stellenweise auf eine Breite von 3 cm ausgewalzt. Der Rand des Ganges ist mit dem Nebengestein verschuppt, ebenso ist Baryt ins Nebengestein eingedrungen. Der Gneis ist in der Umgebung des Barytgangs stark verschiefert und boudiniert. Der Baryt ist grösstenteils feinkörnig rekristallisiert.

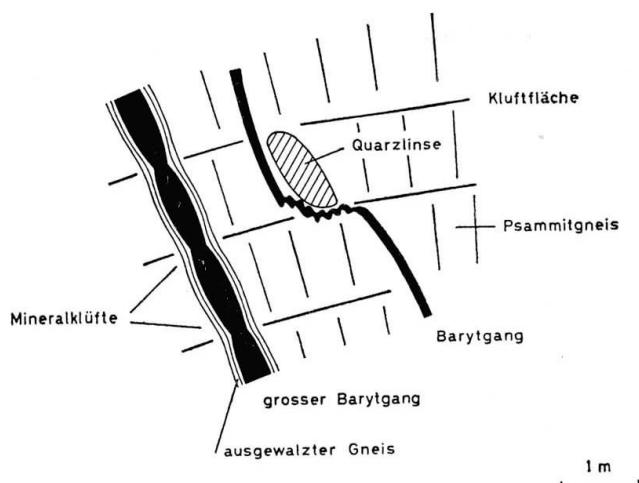


Fig. 11. Skizze des Barytvorkommens am Pazolabach (Fundstelle Nr. 65).



Fig. 12. Foto des grossen Barytganges am Pazolabach (Fundstelle Nr. 65). Größenmassstab = 5 cm.

siert und enthält Einlagerungen von Magnetit, Limonit, Pyrit und Kupferkies; vereinzelte über 1 cm grosse, verbogene Baryttafeln sind erhalten geblieben. Etwa 1 m von diesem Barytgang entfernt liegt ein weiterer, schmaler Barytgang, der intensiv verfältelt wurde. Ebenso sind mehrere gefaltete Quarzgänge von stark schwankender Mächtigkeit dem Gneis eingelagert, die oft Nebengesteinsfetzen einschliessen.

Der ganze Gneiskomplex ist von einem System von Kluftflächen durchsetzt, die annähernd senkrecht zur Schieferung liegen und entlang denen das Gestein die für Zerrklüfte typische Einschnürung zeigt. An diesen Stellen konnten nahe beim grossen Barytgang zwei kleine übereinanderliegende Klüfte geöffnet werden, die folgende Mineralien enthielten:

Quarz (farblos und rauchig), Baryt, Pyrit, Siderit (limonitisiert), Magnetit

(grösstenteils limonitisiert), Muskovit, Kupferkies, Malachit, Wulfenit (in wachsgelben, bipyramidalen Kriställchen) sowie Monazit. Barytkristalle wurden auf gangförmigem Baryt, in Hohlräumen im Quarz sowie in Spalten im Nebengestein gefunden. Das Auftreten von Baryt auf Klüftchen in einiger Entfernung von einem primären Barytgang zeigt, dass ein Baryttransport durch hydrothermale Lösungen stattfand. Die Baryte sind tafelig ausgebildet und enthalten Einschlüsse, die einen Trachtwechsel im Verlauf der Kristallisation erkennen lassen (vgl. Fig. 31). Sie zeigen, ebenso wie die Änderung des Sr-Gehaltes, dass das Wachstum unter sich ändernden äusseren Bedingungen erfolgte. In den Baryt eingewachsene Quarzsplitter zeigen zudem, dass das Kristallwachstum von tektonischen Bewegungen begleitet war.

Nach AMBÜHL (1929) stellt der Baryt vom Pazolabach eine späte hydrothermale Bildung des herzynischen Magmatismus dar. Das Vorhandensein verschiedener Erzmineralien bzw. deren Umwandlungsprodukte zeigt, dass der Baryt als Teil einer gangförmigen Vererzung ausgeschieden wurde. Durch tektonische Vorgänge und durch Einwirkung hydrothermaler Lösungen wurde das Vorkommen alpin umgewandelt, wobei es zur Bildung der beschriebenen Kluftmineralien kam.

In den gleichen Gesteinen liegen etwas weiter östlich die mineralreichen Klüfte der *Cavradschlucht* (Fundstelle Nr. 66). Sie enthalten in einer bestimmten Zone (in der Umgebung des «Iert») zum Teil grosse, bis 250 g schwere Kristalle von Coelestobaryt. Begleitminerale sind Hämatit mit orientiert aufgewachsenem Rutil, Quarz, Adular, Albit, Calcit, Turmalin, Apatit, Pyrit, verschiedene Kupfersulfide und Strontianit. Besonderheiten dieser Fundstelle sind der hohe Sr-Gehalt (15–30%  $\text{SrSO}_4$ ) und der hohe Pb-Gehalt (bis 2000 ppm Pb) im Coelestobaryt sowie das Auftreten von Strontianit, der gewöhnlich auf dem Coelestobaryt aufgewachsen ist und bis über 100 g schwere Aggregate bilden kann.

In der Barytzone der Cavradschlucht konnten im Sprengschutt Gneisproben gefunden werden, die konkordante gangförmige Einlagerungen von Calcit, Quarz und feinkörnig kristallisiertem Baryt enthalten. Sie dürften Überreste eines ehemaligen Barytganges darstellen; von KOENIGSBERGER (1940) wird ebenfalls auf das Vorkommen von Erzgangresten und Schwerspatlagen hingewiesen. Für ein primär gangförmiges Vorkommen spricht zudem, dass der Coelestobaryt vorwiegend in einer bestimmten Zone im Streichen des Gneises auftritt, wie es KOENIGSBERGER (1940) generell für die verschiedenen Paragenesen der Cavradschlucht beschreibt. Die Entstehung der Coelestobaryte erfolgte damit vermutlich analog zum Barytvorkommen am Pazolabach durch tektonische Vorgänge und durch Einwirkung hydrothermaler Lösungen auf ein primär gangförmiges Vorkommen. Auch hier zeigen die zonargebauten Coelestobaryte, dass das Kristallwachstum etappenweise und unter geänderten Bedingungen erfolgte.

**c) Baryte aus dem Aiguilles-Rouges-Massiv**

(Fundstelle Nr. 67)

Das Aiguilles-Rouges-Massiv liegt im Bereich der Prehnit-Pumpellyit-Fazies; es wurde von der alpinen Metamorphose weniger stark erfasst als Aar- und Gotthardmassiv. Dementsprechend sind die primären Strukturen besser erhalten geblieben, und die untersuchten Baryte zeigen grosse Ähnlichkeit zu den unmetamorphen Vorkommen. Im Gebiet Lac de Salanfe-Val de Trient sind zahlreiche Baryt-Flussspat-Gänge vorhanden, die sich zum Teil auf grössere Distanz verfolgen lassen. Sie sind hydrothermal im Gefolge der herzynischen Intrusion des Vallorcine-Granits entstanden (RICKENBACH und von KAENEL, 1953). Ebenso wurden am Dent du Salantin Vererzungen gebildet (Bleiglanz, Baryt, Fluorit, Kupfererze). In diesem Gebiet konnten kürzlich Baryt, Bleiglanz, Fluorit und zahlreiche andere Mineralien in Klüftchen gefunden werden (A. FREY, 1977).

**FUNDGEBIET 5***Unmetamorphe Barytvorkommen in kristallinen Gesteinen*

(Fundstellen Nr. 68-72)

Es werden in diesem Fundgebiet Barytvorkommen zusammengefasst, die nach ihrer Entstehung nicht von metamorphen Ereignissen verändert wurden. Die Fundstellen liegen ausserhalb des Alpenbogens in kristallinen Gesteinen der Südalpen, des Schwarzwalds und der Vogesen. Es sind grösstenteils gangförmige Vorkommen, die ähnliche Gangstrukturen zeigen, wie sie STARKE (1964) aus dem Erzgebirge beschrieben hat.

**a) Südalpen**

(Fundstellen Nr. 68-70)

In den permischen Ergussgesteinen südlich von Lugano treten recht verbreitet Barytgänge auf. Sie reichen bis ins Skythien (untere Trias) und wurden in den letzten Phasen des permischen Vulkanismus hydrothermal gebildet. Sie sind zum Teil vererzt. Im Granophyr ist Baryt zudem in miarolithischen Hohlräumen kristallisiert. Kristalle von beiden Vorkommen zeigen dieselbe Morphologie: tafelig nach c(001) und gleichzeitig gestreckt nach der b-Achse, mit den Flächen c(001), d(101), a(100), m(210) und b(010).

**b) Schwarzwald und Vogesen**

(Fundstellen Nr. 71 und 72)

In diesem Gebiet tritt Baryt in Erzgängen auf, die im kristallinen Grundgebirge verlaufen. Die Barytvorkommen im Schwarzwald wurden bereits mehr-

fach untersucht; sie besitzen alle niedere Sr-Gehalte von wenigen Prozent  $\text{SrSO}_4$  (K. von GEHLEN et al., 1962; R. STARKE, 1964). Sie sind aus hydrothermalen Restlösungen des herzynischen Magmatismus gebildet worden. Es wurden hier nur je eine Probe aus dem Schwarzwald und aus den Vogesen untersucht.

#### FUNDGEBIET 6

##### *Verschiedene ausländische Vorkommen*

(Fundstellen Nr. 73-76)

Zum Vergleich wurden Baryte von vier entfernten ausländischen Fundstellen untersucht. Zwei schienen wegen besonderer Färbung interessant, zwei wegen ihres hohen Sr-Gehaltes.

### III. BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSMETHODEN

#### 1. Analysen mit der Röntgenmikrosonde (RMS)

Zur Bestimmung des Ba-, Sr- und Ca-Gehaltes wurden an allen untersuchten Proben RMS-Analysen ausgeführt, im besonderen bei zonargebauten Kristallen. Weiter konnte mit der RMS die Zusammensetzung von Einschlüssen bestimmt werden.

##### 1.1. Apparatives

Mikrosonde: ARL SEMQ

Anregungsbedingungen: 20 kV / 100 nA (Au-Sputterung 4 Min.)  
15 kV / 100 nA (Ag-Sputterung 2 Min.)

Strahlstrom-Integration, Integrationszeit ca. 10 sec, Strahldurchmesser ca. 1  $\mu\text{m}$

|                              |     |          |
|------------------------------|-----|----------|
| Ba $\text{L}_{\alpha_1}$     | ADP | 1,0505 Å |
| Sr $\text{L}_{\alpha_1}$     | RAP | 1,0579 Å |
| Ca $\text{K}_{\alpha_{1/2}}$ | PET | 1,5474 Å |
| S $\text{K}_{\alpha_{1/2}}$  | PET | 2,4749 Å |

##### 1.2. Präparation und Messmethode

Die Kristalle (Grösse meist unter 1 mm) wurden mit Araldit in kleine Glasringe eingegossen. Etwa ein Dutzend davon wurden jeweils zu einem Probenhalter vereinigt, der poliert und anschliessend besputtert wurde. Häufig mussten die Kristalle orientiert angeschliffen werden; besonders bei zonargebauten Kristallen muss die Schnittlage bekannt sein (vgl. Fig. 13).

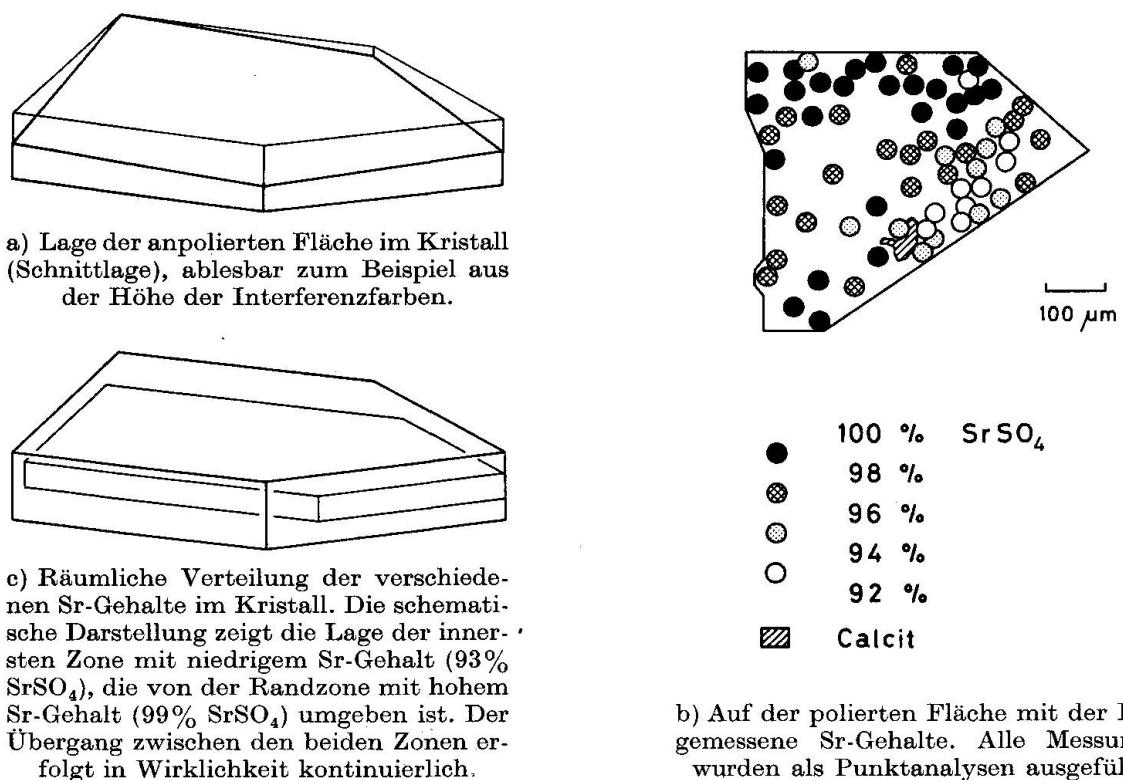


Fig. 13. Beispiel zur RMS-Analyse der untersuchten Kristalle (M 17349, Fundstelle Nr. 14: Frickberg bei Frick).

Von allen polierten Proben wurden genaue Kristallzeichnungen angefertigt, in welche die Lage der einzelnen Messpunkte eingezeichnet wurde. Es wurden nur Punktanalysen ausgeführt.

### 1.3. Standardisierung

Als Eichsubstanzen dienten neun künstlich hergestellte, reine Baryt-Coelestin-Mischkristalle mit Zusammensetzungen über den ganzen Mischungsbereich (inkl. Endglieder). Diese Kristalle waren zuvor optisch und röntgenographisch untersucht worden (A. BURKHARD, 1973).

Die Reproduzierbarkeit der Analysen liegt bei  $\pm 0,5\%$  für  $\text{BaSO}_4$  bzw.  $\text{SrSO}_4$ . Es zeigte sich, dass bei allen Kristallen gilt:

$$\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4 = 100\% (\pm 1\%)$$

SO<sub>4</sub>-Gehalt = konstant

Es handelt sich somit durchwegs um echte Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  (vgl. Röntgenuntersuchungen). Die Angabe ihrer Zusammensetzung erfolgt jeweils in Mol-%  $\text{SrSO}_4$ .

Als Ca-Standard wurde ein Anhydrit verwendet, die Nachweisgrenze liegt bei zirka 100 ppm Ca. Wegen des hohen Untergrundes sind – vor allem bei tiefen Gehalten – Absolutfehler bis 50% möglich. Der relative Fehler der Ca-Bestimmung (z. B. bei Konzentrationsprofilen) ist bedeutend kleiner und beträgt höchstens 10–20%.

## 2. Emissions-Spektralanalyse

Das Ziel dieser Analysen war eine möglichst empfindliche, quantitative Bestimmung der im Baryt enthaltenen Spurenelemente. Qualitative Analysen an einem Dutzend Baryt- und Coccoleinproben aus verschiedenster geologischer Umgebung zeigten, dass folgende Spurenelemente zu erwarten sind: Sr, Ca, Pb, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Al.

### 2.1. Analysenverfahren

Um eine Verfälschung der Resultate durch Einschlüsse zu vermeiden, wurden alle Proben unter dem Binokular ausgewählt und wenn nötig mechanisch von Verunreinigungen befreit. Jeweils 10 mg Substanz wurden mit Kohle und CuO als internem Standard im Verhältnis 4 : 15 : 1 gemischt und zu einer Pille gepresst. Versuche zur Verwendung von  $\text{La}_2\text{O}_3$  mussten wieder aufgegeben werden, weil das käufliche  $\text{La}_2\text{O}_3$  zu wenig rein war.

Verwendete Geräte:

- Jarrel-Ash-1,5-m-Wadsworth-Gitterspektrograph  
Gleichstrom-Abreissbogen mit anodischer Anregung und Stallwood-Jet
- KODAK Spectrum Analysis Film Nr. 1  
Serienweise Entwicklung von 15 Spektralfilmen, gemeinsam mit den entsprechenden Standardproben
- Schnellphotometer II (VEB-Optik C. Zeiss)

Das Verfahren wurde von H. SCHWANDER (1960) ausführlich beschrieben.

Benützte Analysenlinien:

|    |        |                       |        |                       |
|----|--------|-----------------------|--------|-----------------------|
| Ti | 3200 Å | Mg                    | 2780 Å |                       |
| Ca | 3179 Å | Mn                    | 2576 Å | bezogen auf Cu 2492 Å |
| Al | 3082 Å |                       |        |                       |
| Fe | 3020 Å | bezogen auf Cu 3094 Å | Ni     | 3414 Å                |
| Si | 2882 Å |                       | Sr     | 3464 Å                |
| Pb | 2833 Å |                       |        | bezogen auf Cu 3365 Å |

### 2.2. Standardisierung

Die Eichproben wurden durch Zumischen der oben angeführten Elemente zu spektralreinem  $\text{BaSO}_4$  hergestellt. Das benötigte  $\text{BaSO}_4$  wurde durch Zufügung von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in heiße  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung in Quarzgefäß ausgefällt. Die Elemente Ca, Mg, Al, Si, Ti, Fe und Mn wurden in Form eines Hornblende-standards zugemischt. Pb, Ni, Sr und zusätzliches Mn wurden als Nitratlösung zugetropft und durch Erhitzen in die Oxide übergeführt. Durch Zumischen von spektralreinem  $\text{BaSO}_4$  wurden insgesamt 9 Standards im Konzentrationsbereich von 1–1000 ppm hergestellt.

### 2.3. Nachweisgrenzen und Reproduzierbarkeit

Die Nachweisgrenzen sind einerseits gegeben durch die Empfindlichkeit des gewählten Verfahrens und andererseits durch den Restgehalt des betreffenden Elements in den verwendeten Reagenzien. Es gelten folgende Werte:

|    |        |    |       |    |        |
|----|--------|----|-------|----|--------|
| Pb | 10 ppm | Fe | 1 ppm | Si | 10 ppm |
| Ca | < 1    | Mn | 5     | Al | 1      |
| Mg | 5      | Ni | 5     | Ti | 10     |

Ti wurde in keiner Probe nachgewiesen.

Mehrfachbestimmungen derselben Probe (Analysen- und Standardproben) zeigen folgende analytische Streuung:

Gehalte um 1000 ppm:  $\pm$  5–10% relativ  
 100 ppm:  $\pm$  10–20% relativ  
 10 ppm:  $\pm$  50% relativ

### 3. Optische Bestimmungen

An allen untersuchten Kristallen wurden der optische Achsenwinkel  $2V_\gamma$  sowie die Brechungsindizes  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  und  $n_\gamma$  bestimmt. Aus der räumlichen Lage der Indikatrix wurde die kristallographische Orientierung des Kristalls ermittelt. Weiter liess sich die Art und Anordnung von Einschlüssen untersuchen.

Alle Messungen wurden unter Verwendung von NaD-Licht auf dem von STECK und GLAUSER (1968) beschriebenen Universaldrehtisch für Mineralkörper ausgeführt. Die Kristalle bzw. Spaltstücke (Grösse wenige 0,1 mm) werden auf einer Nadelspitze aufgeklebt und so montiert, dass sie vollständig um die Richtung von  $n_\beta$  drehbar sind. Damit lassen sich alle vier Winkel zwischen den optischen Achsen direkt einmessen, was eine sehr genaue Bestimmung von  $2V_\gamma$  erlaubt. Zugleich können die Brechungsindizes  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  und  $n_\gamma$  nach der Immersionsmethode gemessen werden.

Mehrfachbestimmungen ergaben für  $2V_\gamma$  eine Reproduzierbarkeit von  $\pm 0,2^\circ$  bei einer statistischen Sicherheit von 95% (DEAN und DIXON, 1951). Der Fehler bei der Bestimmung der Brechungsindizes liegt in der Grössenordnung  $\pm 0,001$ .

### 4. Röntgendiffraktion

Zur Identifikation der verschiedenen Mineralien sowie zur Abschätzung des Sr-Gehaltes bei Baryten wurde eine grosse Zahl von Pulveraufnahmen mit Bradley-Kameras ausgeführt. Alle zahlenmäßig ausgewerteten Aufnahmen wurden mit  $FeK_\alpha$ -Strahlung hergestellt; bei der Berechnung der d-Werte wurde für Filmschrumpfung korrigiert.

Einkristallaufnahmen erfolgten auf einer Weissenberg-Kamera mit  $\text{CuK}_\alpha$ -Strahlung.  $a_0$  und  $c_0$  wurden aus Weissenberg-,  $b_0$  aus Schwenkaufnahmen bestimmt. Die auf dem Film gemessenen  $\theta$ -Werte wurden nach dem von CHRIST (1956) angegebenen Verfahren für Filmschrumpfung (Eichung mit Ag-Standard) und Absorption (Extrapolation auf  $\theta = 90^\circ$ ) korrigiert.

### 5. Goniometrische Vermessung der Kristalle

Die Vermessung der Kristalle erfolgte auf einem Nedinsco-Goniometer nach Prof. Terpstra. Die Kristallzeichnungen wurden nach dem von PENFIELD (1907) angegebenen Verfahren konstruiert. Der Drehwinkel des Kristalls und die Kippung der Projektionsebene betragen beide  $20^\circ$ .

Die Vermessung der alten Wachstumsformen des Baryts von Bassecourt erfolgte in Immersionsflüssigkeit auf dem Universaldrehtisch nach STECK und GLAUSER (1968).

## IV. RESULTATE

### 1. Chemische Zusammensetzung

#### 1.1. Sr-Gehalt

Die Bildung von Mischkristallen  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  ist die wichtigste geochemische Eigenschaft von Baryt und Coelestin. Schon seit längerer Zeit war bekannt, dass *künstlich* alle Mischungsglieder herstellbar sind (GRAHMANN, 1920; SABINE und YOUNG, 1954; BOSTRÖM, FRAZER und BLANKENBURG, 1967).

Die bisher in der Literatur publizierten Analysendaten *natürlicher* Baryte und Coelestine legten dagegen den Schluss nahe, dass unter den natürlichen Bildungsbedingungen keine Mischkristalle im Bereich von etwa 10 bis zirka 90%  $\text{SrSO}_4$  gebildet würden. Um diese Annahme mit Hilfe moderner Analysenverfahren (RMS) zu überprüfen, wurde besonderes Gewicht auf die Bestimmung des Sr-Gehaltes in möglichst vielen Proben gelegt. Es gelang damit, zu zeigen, dass *auch in der Natur* Baryt-Coelestin-Mischkristalle mit allen denkbaren Sr : Ba-Verhältnissen gebildet werden.

Die RMS-Analysen zeigten, dass der Sr-Gehalt häufig nicht homogen im Kristall verteilt ist; er kann zonar variieren oder (in Kristallen aus dem Jura) regellos schwanken.

In Tabelle I sind die Analysenresultate aufgeführt und in den Figuren 14–19 getrennt für die einzelnen Fundgebiete graphisch dargestellt.

Tabelle I. *Sr- und Ca-Gehalte der untersuchten Proben*

| Fundstelle<br>Nr.   | Probe<br>Nr. | % SrSO <sub>4</sub> | ppm Ca      |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------|
| <i>Fundgebiet 1</i> |              |                     |             |
| 1                   | AB 1315      | 0-10                | 60 (SP)     |
|                     | AB 1328      | 0-10                |             |
|                     | AB 1329      | 0- 2,5              |             |
|                     | AB 1596      |                     | 290 (SP)    |
|                     | AB 1599      | 0-10                | -           |
| 2                   | AB 1323      | 2                   |             |
| 3                   | St. 3        | 100                 | ca. 150     |
|                     | St. 4        | 100                 |             |
| 4                   | AB 1630      | 68-79               | 750-1850    |
| 5                   | AB 1215      | 92-98               | 100- 400    |
| 6                   | AB 1353      | 13                  | ca. 100     |
| 7                   | Ho 14.1      | 2                   | -           |
|                     | Ho 14.3      | 99                  | -           |
|                     | AB 1648      | 89,5-97,5 (1. Gen.) | 500-2600    |
|                     |              | 89,5-97,5 (2. Gen.) | 0- 500      |
|                     | M 17432      | 91                  | 50          |
| 8                   | AB 1471      | 1,5                 |             |
|                     | Ho 18        | 2,5-8,5             | 40 (SP)     |
|                     | AB 1625      | 2,5-9,5             | 0-2400      |
|                     | Ho 8.1       | 13,5-24,5           | -           |
|                     | Ho 8.2       | 96-99,5             | 100-500     |
|                     | Ho 1.4       | 21-30,5             | -           |
|                     | Ho 1.5       | 67,5-87,5           | 0-1800      |
|                     | AB 1615      | 83-97               | 600-2450    |
|                     | BIm 1        | 99,5 (Kern)         | 370 (SP)    |
|                     |              | 98,5 (Rand)         | 870 (SP)    |
| 10                  | A 5678       | 98                  | 150         |
| 11                  | AB 1448      | ca. 90              | 180 (SP)    |
| 12                  | AB 1355      | 82,5-87 (1. Gen.)   | 300         |
|                     |              | 72,5-92 (2. Gen.)   | 0-800       |
|                     | 9387         | 99                  | 200         |
| 13                  | Ho 2         | 75,5-90 (1. Gen.)   | 300-1400    |
|                     |              | 28-75 (2. Gen.)     | 300-1100    |
| 14                  | M 17349      | 93 (Kern)           | ca. 250     |
|                     |              | 99 (Rand)           | ca. 250     |
| 15                  | M 18236      | 98,5                | -           |
| 17                  | M 17353      | 2,5-6               | 0-700       |
|                     | RE 1.4       | 96-99               | 100-1300    |
|                     | RE 1.5       | 35,5-92             | 100-1300    |
|                     | AB 1273      | 99,5                | 400 (SP)    |
|                     | RE 3-68      |                     | (1400) (SP) |
|                     | AB 1591      | 100                 | 400         |
| 18                  | Ho 13        | 3                   | -           |
| 19                  | M 11152      | 2                   | -           |
|                     | AB 1456      | ca. 35              | -           |
| 20                  | AB 1259      | 2,5                 | -           |
| 21                  | M 16489      | 2                   | 100 (SP)    |
| 22                  | AB 834       | 99,5                | 100         |
| 23                  | M 17430      | 3                   | -           |
| 24                  | AB 1361      | 3,5-10              |             |
|                     | M 17345      |                     | ca. 100     |
| 25                  | AB 1634      | 2,5 (0-5)           | -           |

| Fundstelle<br>Nr.   | Probe<br>Nr. | % SrSO <sub>4</sub>    | ppm Ca       |
|---------------------|--------------|------------------------|--------------|
| 26                  | AB 1284      | 0,5                    | —            |
|                     | AB 1288      | 0,5                    | —            |
| 27                  | AB 1290      | 3                      |              |
| <i>Fundgebiet 2</i> |              |                        |              |
| 29                  | M 17431      | 0,2 (SP) (blau)        | 35 (SP)      |
|                     |              | 0,2 (SP) (gelb)        | 50 (SP)      |
| 30                  | M 17425      | 1,5                    | 150 (SP)     |
|                     | M 17421      | 5                      | ca. 100      |
|                     | M 17417      | 0 (Kern)<br>2 (Rand)   | —<br>ca. 100 |
|                     | AB 1255      | 0                      | —            |
| 31                  | M 14276      | 0                      | —            |
|                     | M 11489      | 1,5                    | —            |
| 32                  | M 5697       | 8                      | —            |
|                     | M 6112       | 99                     | ca. 100      |
|                     | AB 1534      | 4 (Kern)<br>0,5 (Rand) | —<br>—       |
| 34                  | AB 1382      | 0–7                    | 0–700        |
|                     | AB 1383      | 0–7,5                  | 0–900        |
|                     | AB 1381      | 4 (Kern)<br>2,5 (Rand) |              |
|                     | AB 1371      | 0,5–4,5                | 50–250       |
|                     | AB 1566      | 0,3 (SP) (Kern)        | (1500) (SP)  |
|                     | AB 822       | 0,5–4,5                | 0–200        |
|                     | L 2215       | 0,6 (SP)               | 150 (SP)     |
|                     | AB 140       | 0,5–3,5                | 100–800      |
|                     | AB 1148      | 0,5–2                  | 0–350        |
|                     | AB 1073      | 0,5–2,5                | 0–300        |
|                     | AB 1126      | 2 (SP)                 | 350 (SP)     |
|                     | AB 821       | 0–2                    | 0–300        |
| 35                  | AB 995/997   | 5 (Kern)<br>3 (Rand)   | 500<br>50    |
|                     | M 17346      | 1                      | 110 (SP)     |
| 36                  | AB 983       | 3 (1,5–5)              | —            |
| 38                  | SG 565       | 3                      | —            |
|                     | AB 991       | 0,5–3                  | —            |
| 39                  | AB 1342      | 4                      | —            |
| 40                  | 6348         | 90–98                  | 200–450      |
| 41                  | AB 1573      | 4                      | —            |
| 42                  | AB 877       | 4                      | 800          |
| <i>Fundgebiet 3</i> |              |                        |              |
| 43                  | AB 1235      | 3 (Kern)<br>1 (Rand)   | —<br>—       |
|                     | AB 1461      | 1,5                    | ca. 50       |
| 45                  | A 4506       | 1                      | —            |
| 46                  | AB 1592      | 2,5                    | —            |
| 47                  | AB 1343      | 10                     | —            |
|                     | AB 1357      | 8                      | —            |
|                     | M 17351      | 0–12                   | —            |
| 48                  | AB 1635      | 5 (Kern)<br>2 (Rand)   | —<br>—       |
|                     | AB 1214      | 2                      |              |
| 49                  | AB 1477      | 1,5                    | 150          |

| Fundstelle<br>Nr. | Probe<br>Nr. | % SrSO <sub>4</sub> | ppm Ca |
|-------------------|--------------|---------------------|--------|
| 51                | AB 202       | 3                   | —      |
| 52                | AB 1551      | 7                   | 1700   |

*Fundgebiet 4*

|    |          |                          |                    |
|----|----------|--------------------------|--------------------|
| 53 | M 2139   | 8                        | —                  |
| 54 | AB 1295  | 3,5                      | —                  |
| 55 | M 17426  | 11 (Kern)<br>4,5 (Rand)  | 20 (SP)<br>15 (SP) |
| 56 | A 5968   | 10                       | 60 (SP)            |
| 57 | M 15599  | 0-5                      | —                  |
| 58 | 7185     | 3,5                      | —                  |
| 59 | AB 885   | 0,5                      | 60 (SP)            |
| 60 | M 16451  | 2                        | 35 (SP)            |
| 61 | M 18275  | 6                        | —                  |
| 62 | AB 1339  | ca. 6                    | ca. 200            |
| 63 | AB 1364  | 2                        | —                  |
|    | M 6631   | 2                        | 100 (SP)           |
| 64 | M 17338  | 9 (Kern)<br>2 (Rand)     | 10 (SP)<br>70 (SP) |
| 65 | AB 1426  | 3-5 (Kern)<br>0,5 (Rand) |                    |
|    | AB 1601  | 1 (SP)                   | 40 (SP)            |
|    | AB 1433  | 3 (SP)                   | 40 (SP)            |
| 66 | M 10881a | 16 (Kern)<br>5 (Rand)    |                    |
|    | M 10858  | 19 (Kern)                | 230 (SP)           |
|    | M 17312  | 21 (Kern)<br>5 (Rand)    |                    |
|    | AB 831   | 21 (Kern)                | 190 (SP)           |
|    | M 17322  | 26 (Kern)<br>3-11 (Rand) |                    |
|    | AB 1195  | 27 (Kern)<br>11 (Rand)   |                    |
|    | M 17317  | 27 (Kern)                |                    |
|    | M 17332  | 29 (Kern)                |                    |
| 67 | A 7159.2 | 12                       | —                  |
|    | A 7159.3 | 9                        | —                  |

*Fundgebiet 5*

|    |            |        |          |
|----|------------|--------|----------|
| 68 | AB 1333    | 3,5    | 350 (SP) |
| 69 | AB 939/940 | 6      |          |
| 70 | AB 1354    | 3      | 520 (SP) |
| 71 | AB 1201    | 2      | ca. 100  |
| 72 | AB 855     | 1 (SP) | 100 (SP) |

*Fundgebiet 6*

|    |         |    |          |
|----|---------|----|----------|
| 73 | AB 1229 | 1  | —        |
| 74 | AB 927  | 2  | ca. 50   |
| 75 | AB 1209 | 7  | ca. 50   |
| 76 | AB 1188 | 88 | 560 (SP) |

— nicht nachweisbar mit RMS  
nicht bestimmt  
(SP) bestimmt mit Emissions-Spektralanalyse  
Alle übrigen Gehalte wurden mit der Röntgenmikrosonde (RMS) bestimmt.

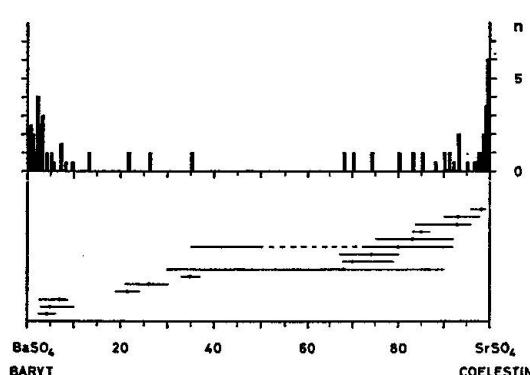


Fig. 14a. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Fundgebiet 1).  $n = 50$ . Für Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt sind nur die Mittelwerte eingezeichnet. Die Variationsbereiche dieser Proben sind im unteren Teil des Diagramms mit waagrechten Linien angegeben.

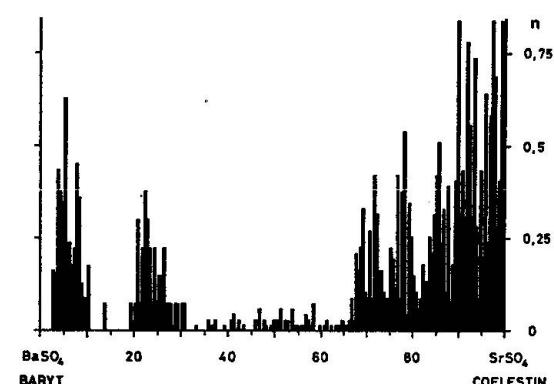


Fig. 14b. Getrennte Darstellung der Häufigkeitsverteilung von Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt aus Fundgebiet 1.  $n = 19$ . Es sind die Werte aller einzelnen RMS-Punktanalysen eingetragen. Die Daten sind normiert, so dass jede Probe im Diagramm die gleiche Gesamtfläche beansprucht.

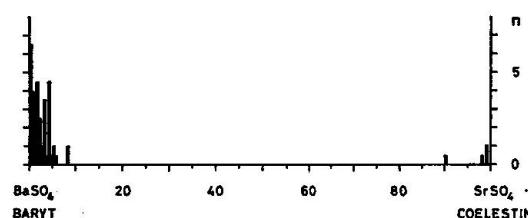


Fig. 15. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus metamorphen Dolomiten und Kalken (Fundgebiet 2).  $n = 34$ .

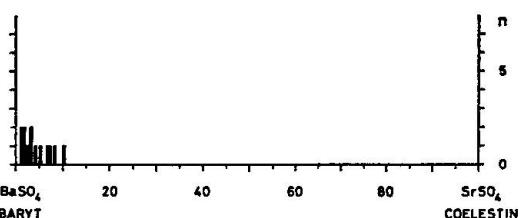


Fig. 16. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus Gneisen und Schiefern ausserhalb der Massive (Fundgebiet 3).  $n = 14$ .

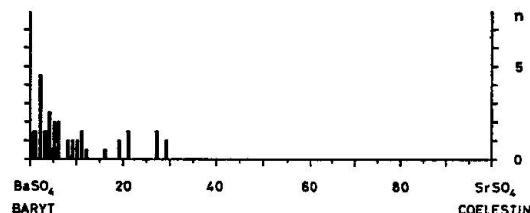


Fig. 17. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus den Massiven (Fundgebiet 4).  $n = 28$ .

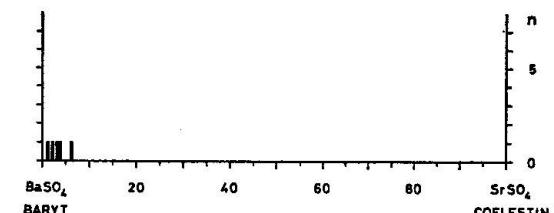


Fig. 18. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus unmetamorphen Barytvorkommen in kristallinen Gesteinen (Fundgebiet 5).  $n = 5$ .

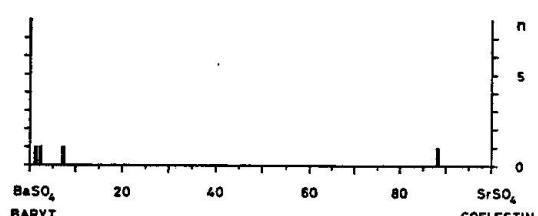


Fig. 19. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Proben aus ausländischen Vorkommen (Fundgebiet 6).  $n = 4$ .

Die Figuren wurden dabei so konstruiert, dass bei zonargebauten Kristallen die Sr-Gehalte der beiden wichtigsten Zonen angegeben sind. In Fig. 14b sind zudem die Daten für Kristalle mit stark schwankendem Sr-Gehalt aus dem Jura, in anderem Massstab, gesondert dargestellt. In diesem Diagramm wurde jeder einzelne RMS-Messwert eingetragen. Zur Konstruktion aller Diagramme wurden die Daten normiert, so dass jeder Kristall durch die gleiche Gesamtfläche im Diagramm repräsentiert wird.

In den primären, unmetamorphen Barytvorkommen (Fig. 18) wurden niedrige Sr-Gehalte zwischen 1% und 6%  $\text{SrSO}_4$  gefunden, in Übereinstimmung mit zahlreichen Literaturdaten (z. B. STARKE, 1964; CAMPBELL, 1959; VON GEHLEN et al., 1962). In der gleichen Größenordnung liegen die Gehalte bei Baryten aus metamorphen Kalken und Dolomiten (Fig. 15). Werte zwischen 0% und 4%  $\text{SrSO}_4$  sind etwa gleich häufig; besonders oft wurden Gehalte unter 0,5%  $\text{SrSO}_4$  gemessen.

In Baryten aus metamorphen kristallinen Gesteinen (Fig. 16 und 17) wurden zum Teil sehr hohe Sr-Gehalte bestimmt, die weit ins Coelestobaryt-Feld hineinreichen. Das wenig ausgeprägte Häufigkeitsmaximum liegt bei etwa 2%  $\text{SrSO}_4$ .

Die weitaus grösste Variation im Sr-Gehalt findet man im Jura, in Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Fig. 14). Hier war es möglich, mit der RMS Zusammensetzungen über den ganzen Mischungsbereich zu bestimmen und zu beweisen, dass auch in der Natur alle Mischglieder gebildet werden können. In

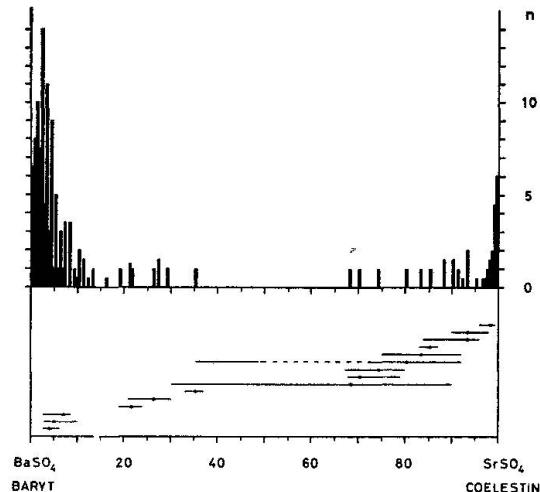


Fig. 20. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte aller untersuchten Proben (Fundgebiete 1-6).  $n = 135$ . Die Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt aus dem Fundgebiet 1 sind mit ihrem Mittelwert eingezzeichnet. Die Variationsbereiche dieser Proben sind im unteren Teil des Diagramms mit waagrechten Linien angegeben.

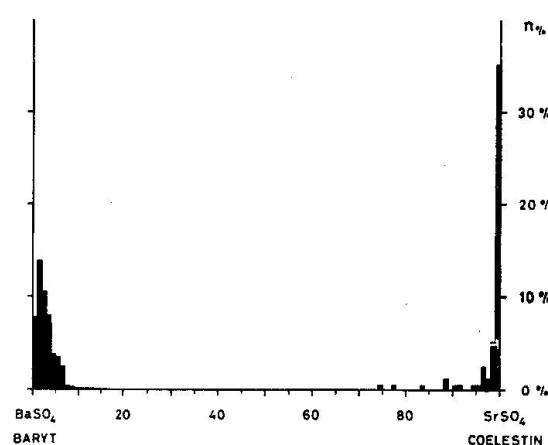


Fig. 21. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte von über 2300 Baryt- und Coelestinanalysen aus der Literatur, nach J. S. HANOR (1968).

Fig. 14 ist die gemessene Häufigkeitsverteilung dargestellt. Sie zeigt, dass auch im Jura die grössten Häufigkeiten im Baryt- und Coelestinfeld liegen, dass aber Gehalte bis 30%  $\text{SrSO}_4$  und über 70%  $\text{SrSO}_4$  ebenfalls recht häufig vorkommen. Zusammensetzungen zwischen 30% und 70%  $\text{SrSO}_4$  treten nur selten auf.

Den gleichen Verlauf zeigt die Zusammenstellung aller Analysendaten (Fig. 20). Ein Vergleich mit der von HANOR (1968) aus über 2300 Analysendaten berechneten Häufigkeitsverteilung (Fig. 21) zeigt eine weitgehende Übereinstimmung. Die grösste Häufigkeit liegt bei etwa 2%  $\text{SrSO}_4$  für Baryt und etwa 99%  $\text{SrSO}_4$  für Coelestin. Im Unterschied zur Verteilung von HANOR (1968) sind bei unseren Daten Gehalte bis 30%  $\text{SrSO}_4$  und über 70%  $\text{SrSO}_4$  deutlich häufiger. Die (scheinbare) Mischungslücke zwischen 30% und 70%  $\text{SrSO}_4$  wird durch das sehr seltene Auftreten dieser Sr-Gehalte vorgetäuscht.

## 1.2. Spurenelemente

### 1.2.1. Ca-Gehalt

Über die Ca-Gehalte in Baryt und Coelestin sind in der Literatur nur wenige Angaben vorhanden. Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) besitzt wegen des kleineren Ionenradius von  $\text{Ca}^{2+}$  gegenüber  $\text{Ba}^{2+}$  und  $\text{Sr}^{2+}$  eine andere Struktur als Baryt und Coelestin; daher ist nur eine beschränkte Mischbarkeit mit den Mineralien der Barytgruppe möglich. Nach GRAHMANN (1920) kann Coelestin etwas über 10%, Baryt aber höchstens 5%  $\text{CaSO}_4$  ins Gitter aufnehmen.

In hydrothermalen Barytvorkommen im Harz und im Erzgebirge fanden BOLDUAN et al. (1961) Ca-Gehalte zwischen 5 und 300 ppm. In einem Baryt aus Marokko bestimmten DIETRICH und GRITTI (1972) Ca-Gehalte von 200 und 1000 ppm (halbquantitativ), und TAKANO und WATANUKI (1974) fanden in japanischen Baryten Gehalte zwischen 350 und 500 ppm Ca.

Die Ca-Bestimmungen dieser Arbeit erfolgten zum grössten Teil mit der RMS (Nachweisgrenze etwa 100 ppm Ca), zum kleineren mit Spektralanalyse (Nachweisgrenze unter 1 ppm). Das Ca ist normalerweise homogen im Kristall verteilt, daneben sind aber auch Kristalle mit zonarer Ca-Verteilung recht häufig (vgl. Kapitel Zonarbau). Die Analysenresultate sind in Tabelle I aufgeführt und in den Figuren 22–27 getrennt nach Fundgebieten graphisch dargestellt, wobei die Ca-Gehalte (in ppm Ca) gegen die Sr-Gehalte der Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  aufgetragen sind. Bei zonaren Kristallen wurden die Gehalte der wichtigsten Zonen eingezeichnet, bei den Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt aus dem Jura (Fig. 22) ist der Variationsbereich des Ca-Gehaltes schraffiert angegeben.

Die Zusammenstellung aller Ca-Analysen (Fig. 28) zeigt, dass weitaus die meisten Baryte Ca-Gehalte unter 100 ppm besitzen. Daneben treten auch Werte

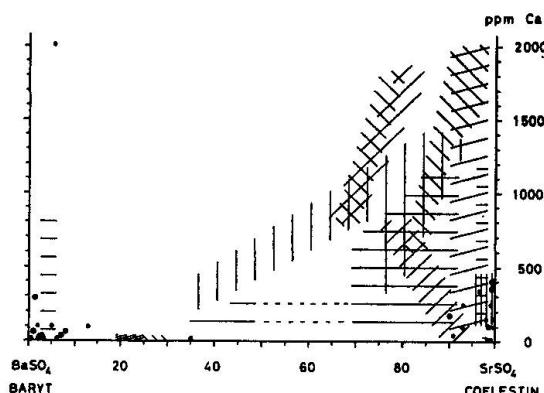


Fig. 22. Ca-Gehalt der Proben aus unmetamorphen Sedimenten (Fundgebiet 1), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt. Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS. Die Bereiche, in denen die Werte der Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt liegen, sind durch unterschiedliche Schraffuren angegeben.

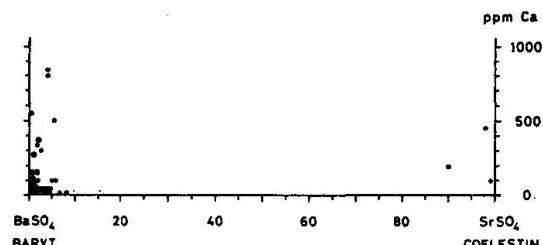


Fig. 23. Ca-Gehalt der Proben aus metamorphen Dolomiten und Kalken (Fundgebiet 2), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt. Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS.

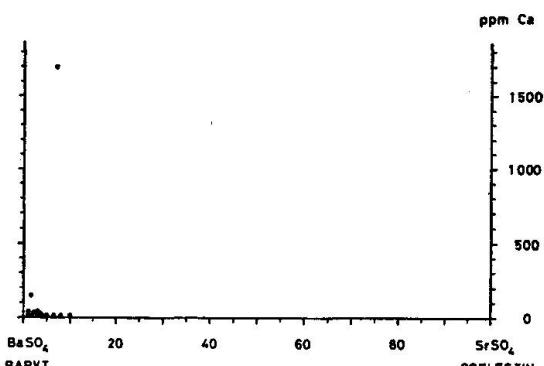


Fig. 24. Ca-Gehalt der Proben aus Gneisen und Schiefern ausserhalb der Massive (Fundgebiet 3), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt. Alle Analysen mit RMS.

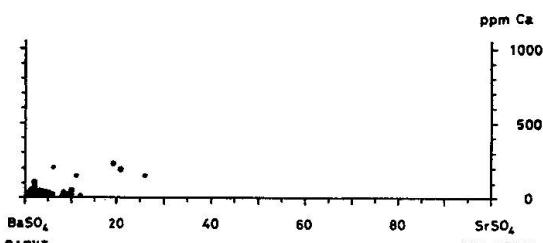


Fig. 25. Ca-Gehalt der Proben aus den Massiven (Fundgebiet 4), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt.

Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS.

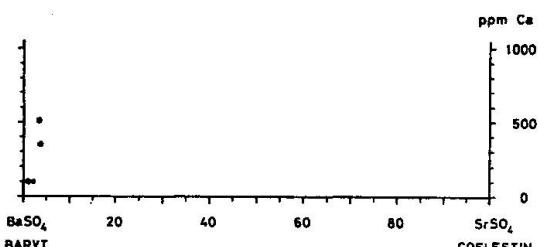


Fig. 26. Ca-Gehalt der Proben aus unmetamorphen Barytvorkommen in kristallinen Gesteinen (Fundgebiet 5), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt.

Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS.

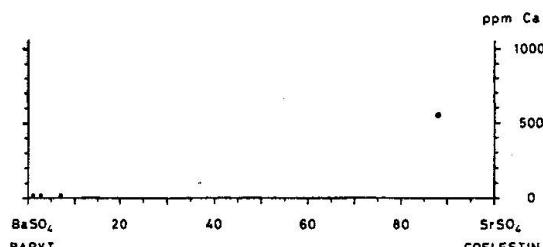


Fig. 27. Ca-Gehalte der Proben aus auslaendischen Vorkommen (Fundgebiet 6), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt.

Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS.

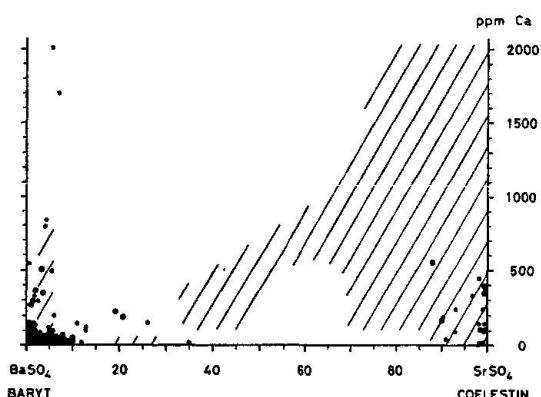


Fig. 28. Ca-Gehalte aller untersuchten Proben (Fundgebiete 1-6), aufgetragen gegen ihren Sr-Gehalt.

Grosse Punkte: Analysen mit Emissions-Spektralanalyse; kleine Punkte: Analysen mit RMS. Durch die Schraffur wird der Variationsbereich der Proben mit stark schwankendem Sr-Gehalt aus Fundgebiet 1 angegeben.

bis 800 ppm auf (Ausnahmen bis 2000 ppm). Beim Coelestin liegen die Werte zwischen 50 und 2000 ppm, ohne ausgesprochene Häufung bei einem bestimmten Gehalt. Generell nehmen die mittleren Ca-Gehalte mit steigendem Sr-Gehalt von Baryt zu Coelestin hin zu. Im Jura (Fig. 22) wird dies besonders in Kristallen mit regellos wechselndem Sr-Gehalt deutlich. Die geochemische Verwandtschaft von Ca und Sr kommt dabei deutlich zum Ausdruck. Die unmetamorphen hydrothermalen Barytvorkommen (Fig. 26) enthalten Ca-Gehalte zwischen 100 und 500 ppm. Bei den Vorkommen im metamorphen Bereich (Fig. 23-25) zeigt sich ein starker Einfluss des Nebengesteins: Baryte im Dolomit enthalten bis 800 ppm Ca, dagegen sind in Gneisen und Schiefern durchwegs Gehalte unter 200 ppm Ca anzutreffen, wobei besonders tiefe Werte (zwischen 10 und 50 ppm) häufig sind.

### 1.2.2. Übrige Spurenelemente

In der Literatur konnten nur spärliche Angaben über den Spurengehalt von Baryten gefunden werden. DIETRICH und GRITTI (1972) bestimmten halbquantitativ an einem durchsichtigen Baryt aus Marokko folgende Spurengehalte:

10 ppm Pb, 1000 ppm Mg, 200 ppm Fe, 100 ppm Si, 10 ppm Al, 100 ppm Cu, 7 ppm Mn sowie 1000 ppm Ca und 2000 ppm Sr (= 0,5% SrSO<sub>4</sub>). TAKANO und WATANUKI (1974) fanden in Pb-haltigem Baryt zwischen 100 und 350 ppm Mg sowie Si-Gehalte von 2500 bis 25000 ppm.

Wegen der vollständigen Mischbarkeit zwischen Baryt und Anglesit können grosse Mengen von Pb im Baryt enthalten sein. In japanischen Thermalquellen wurden Baryte mit Gehalten bis zu 30% PbSO<sub>4</sub> gefunden (OHASHI, 1920). In gewöhnlichen hydrothermalen Vorkommen liegen die Gehalte zwischen 10 und 400 ppm Pb (BOLDUAN et al., 1961; TISCHENDORF, 1962; TAKANO und WATANUKI, 1974).

In der Tabelle II sowie in Fig. 29 sind die Resultate der Spurenanalysen für die einzelnen Fundgebiete zusammengefasst. Im Fundgebiet 1 (Baryte und

Coelestine aus unmetamorphen Sedimenten) sind die Proben aus dem Buntsandstein von Waldshut weggelassen und getrennt als Fundgebiet 1A angegeben. Aus dem Fundgebiet 3 wurden keine Proben analysiert. In Fig. 29 sind die Resultate getrennt für jedes Element graphisch dargestellt; die jeweilige Nachweisgrenze ist durch eine horizontale Linie angegeben.

Die Gehalte an *Mn* und *Ni* wurden nicht aufgezeichnet, denn sie liegen praktisch alle unter der Nachweisgrenze von 5 ppm. Von diesen Elementen konnten nur folgende Werte bestimmt werden:

1 Probe aus Fundgebiet 1 mit 20 ppm *Mn* und 50 ppm *Ni* sowie 1 Probe aus Fundgebiet 1A mit 5 ppm *Ni*. Alle übrigen Proben besitzen Gehalte unter 5 ppm *Mn* bzw. *Ni*. *Ti* mit einer Nachweisgrenze von 10 ppm konnte in keiner Probe gefunden werden.

*Mg* kommt in Gehalten vor, die im Bereich der Nachweisgrenze (5 ppm *Mg*) liegen. In Baryten aus metamorphem Dolomit ist der *Mg*-Gehalt erwartungsgemäss deutlich erhöht.

Die *Fe*-Gehalte liegen zwischen 5 und 100 ppm und sind nur wenig vom Fundgebiet abhängig.

*Si* ist das mengenmässig wichtigste Spurenelement, mit Gehalten, die normalerweise zwischen 10 und 200 ppm *Si* liegen. Die Baryte aus dem  $\text{SiO}_2$ -reichen Milieu des Buntsandsteins von Waldshut stechen durch ihre hohen *Si*-Gehalte (200–1500 ppm) hervor.

Die *Al*-Gehalte liegen zwischen 1 und 70 ppm; in den metamorphen Fundgebieten 2 und 4 werden die tiefsten Gehalte gefunden.

*Pb* konnte nur in Baryten aus metamorphen Gesteinen nachgewiesen werden. Die Gehalte liegen entweder im Bereich der Nachweisgrenze (10 ppm) oder aber bei sehr hohen Werten von 1000 bis 2000 ppm in den Colestobaryten der Cavradischlucht.

Trägt man die Spurengehalte in Abhängigkeit vom *Sr*-Gehalt der Baryte auf, so erkennt man eine generelle Abnahme der Spurengehalte gegen die Mitte der Mischungsreihe  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ . *Si* und *Al* nehmen in allen Gebieten gleichförmig zu oder ab, ausgenommen davon sind nur Proben mit sehr hohem *Si*-bzw. *Al*-Gehalt. Denselben Verlauf zeigen häufig auch *Mg* und *Fe*.

*Ca* und *Mg* nehmen in Baryten aus metamorphem Dolomit gleichförmig zu bzw. ab und verhalten sich gegenläufig zu *Si*, *Al* und *Fe*. In den übrigen Gebieten ist kein Zusammenhang zwischen *Ca*- und *Mg*-Gehalt vorhanden.

Die klaren, meist blau gefärbten *Sr*-reichen Baryte und Colestobaryte aus den Massiven sind besonders spurenarm. In ihren trüben Randschichten sind erhöhte Gehalte aller Spurenelemente feststellbar. Eine Sonderstellung nehmen die *Sr*-reichen Colestobaryte der Cavradischlucht mit ihren hohen *Pb*-Gehalten ein (vgl. Kapitel Zonarbau).

Tabelle II. Zusammenstellung der spektralanalytisch ermittelten Spurengehalte

| Fundstelle<br>Nr.   | Stufe<br>Nr. |    | SrSO <sub>4</sub><br>% | Ca<br>ppm | Mg<br>ppm | Fe<br>ppm | Si<br>ppm | Al<br>ppm | Pb<br>ppm |
|---|--------------|----|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Nachweisgrenzen   |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| <1 5 1 10 1 10  |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| <i>Fundgebiet 1: Baryte und Coelestine aus unmetamorphen Sedimenten (excl. Buntsandstein)</i> |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 8   | Ho 18        | B  | 7                      | 40        | —         | 20        | 30        | 1         | —         |
|   | BI 1.1       | C  | 99,5                   | 370       | —         | 30        | 60        | 20        | —         |
|   | BI 1.2       | C  | 98,5                   | 870 E     | —         | 15        | 60        | 15        | —         |
| 11  | AB 1448      | C  | 90                     | 180       | 25        | 50        | 180       | 45        | —         |
| 17  | AB 1273      | C  | 99,5                   | 400       | 20        | 25        | 70        | 15        | —         |
|   | * RE 3-68    | C  | 99,5                   | 1400 E    | 10        | 65 E      | 40        | 3         | —         |
|   | * AB 1591    | C  | 100                    | 980 E     | 20        | 150 E     | 100       | 30        | —         |
| 20  | AB 1259      | B  | 2,5                    | 3400 E    | 10        | 75        | 80        | 30        | —         |
| 21  | M 16489      | B  | 2                      | 100       | —         | 5         | 20        | 2         | —         |
| 23  | * AB 829     | B  | 3                      | 720       | 25        | 60 E      | 480 E     | 230 E     | —         |
| <i>Fundgebiet 1 A: Baryte aus dem Buntsandstein</i>   |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 1   | AB 1315      | B  | 8                      | 60        | 25        | 40        | 1500      | 70        | —         |
|   | AB 1599      | B  | 7                      | 10000 E   | 25        | 35        | 190       | 45        | —         |
|   | AB 1596      | B  | 1                      | 290       | 20        | 35        | 470       | 30        | —         |
| <i>Fundgebiet 2: Baryte aus metamorphen Kalken und Dolomiten</i>                              |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 29  | M 17431.4    | B  | 0,2                    | 35        | 10        | 10        | 50        | 10        | —         |
|   | M 17431.3    | B  | 0,2                    | 55        | 15        | 15        | 130 E     | 10        | —         |
| 30  | M 17425      | B  | 1,5                    | 150       | 15        | 10        | 60        | 10        | 10        |
| 34  | AB 1566      | B  | 0,5                    | 1500 E    | 550 E     | 55        | 70        | 15        | —         |
|   | L 2215       | B  | 0,5                    | 150       | 75        | 15        | 70        | 250       | —         |
|   | AB 821       | B  | 0,8                    | 270       | 30        | 15        | 60        | 10        | —         |
|   | AB 1126      | B  | 2                      | 350       | 30        | 5         | 30        | 5         | —         |
| 36  | M 17346      | B  | 1                      | 110       | 15        | 25        | 140       | 15        | 10        |
| <i>Fundgebiet 4: Baryte aus metamorphen Gesteinen der Massive</i>                             |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 55  | M 17426.5    | CB | 11                     | 25        | 10        | 5         | 45        | 3         | —         |
|   | M 17426.6    | B  | 4,5                    | 15        | 10        | 30        | 65        | 20        | —         |
| 56  | A 5968       | CB | 10                     | 60        | —         | 5         | 60        | 10        | —         |
| 59  | AB 885       | B  | 0,5                    | 60        | 10        | 50        | 80        | 50        | —         |
| 60  | M 16451      | B  | 2                      | 35        | —         | 10        | 35        | 5         | —         |
| 63  | M 6631       | B  | 2,5                    | 100       | 15        | 80        | 65        | 20        | —         |
| 64  | M 17338.3    | B  | 9                      | 10        | 5         | 5         | 35        | 1         | —         |
|   | * M 17338.4  | B  | 2                      | 70        | 25        | 350 E     | 160       | 70        | 20        |
| 65  | AB 1433      | B  | 3                      | 40        | —         | 20        | 55        | 7         | —         |
|   | * AB 1601    | B  | 1                      | 40        | 20        | 3000 E    | 930 E     | 170 E     | 10        |
| 66  | M 10858      | CB | 19                     | 230       | —         | 5         | 10        | 1         | 2000      |
|   | AB 831       | CB | 21                     | 190       | —         | 10        | 20        | 10        | 1000      |
| <i>Fundgebiet 5: Unmetamorphe Barytvorkommen im Kristallin</i>                                |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 68  | AB 1333      | B  | 3,5                    | 350       | —         | 30        | 150       | 25        | —         |
| 70  | AB 1354      | B  | 3                      | 520       | 5         | 980 E     | 170       | 65        | —         |
| 72  | AB 855       | B  | 1                      | 100       | 15        | 100       | 100       | 50        | —         |
| <i>Fundgebiet 6: Verschiedene ausländische Vorkommen</i>                                      |              |    |                        |           |           |           |           |           |           |
| 76  | AB 1188      | BC | 88                     | 560       | 20        | 60        | 130       | 60        | —         |

E wegen Einschlüssen zu hoher Wert

\* in der graphischen Darstellung Fig. 29 nicht eingetragen wegen Einschlüssen

B Baryt

CB Colestobaryt

BC Barytocolestin

C Coelestin

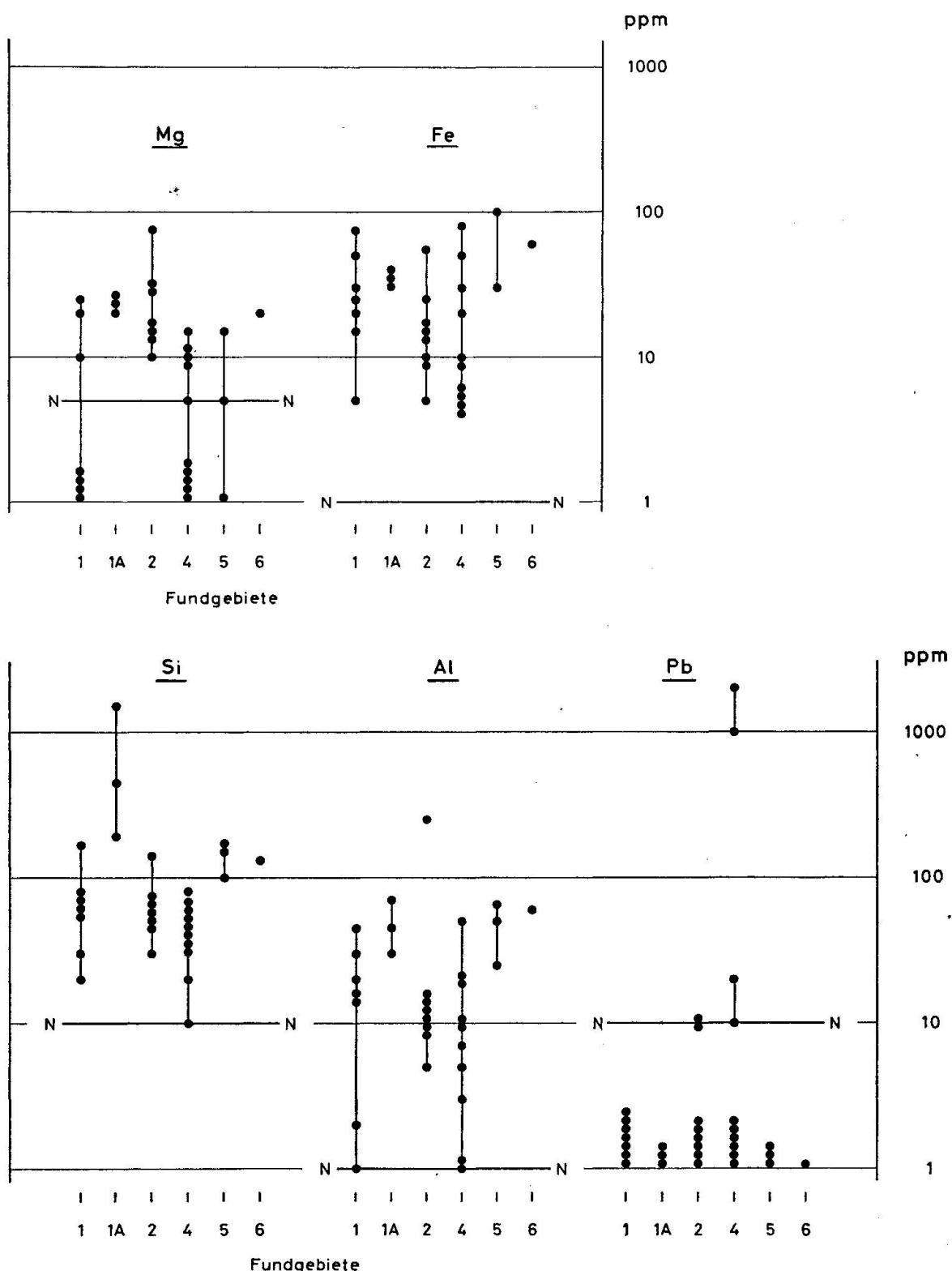


Fig. 29. Graphische Darstellung der spektralanalytisch bestimmten Spurengehalte von Mg, Fe, Si, Al und Pb für die verschiedenen Fundgebiete. Die Proben aus dem Buntsandstein von Waldshut sind getrennt als Fundgebiet 1A dargestellt. Mit einer waagrechten Linie N—N ist die Nachweisgrenze für jedes Element angegeben.

## 2. Morphologie und Kristallwachstum

### 2.1. Morphologie

Neben der chemischen Zusammensetzung ist die Morphologie eine wichtige Eigenschaft eines Minerals, und besonders bei Baryt und Coelestin sind sehr unterschiedliche Ausbildungsweisen möglich. Im Laufe der Untersuchungen zeigte es sich zudem öfters, dass Baryt und Coelestin nicht immer eindeutig nach ihrer Farbe und Morphologie unterscheidbar sind. Es ist deshalb von Interesse, die Verbreitung der verschiedenen Kristallformen festzustellen. In Fig. 30 sind die Ergebnisse der untersuchten Kluft- und Drusenkristalle zusammengestellt. In der Mitte sind die verschiedenen Morphologietypen abgebildet; es ist klar, dass dazwischen auch Übergangsformen existieren. Links ist angegeben, in welchen Fundgebieten sie auftreten, und rechts ist durch horizontale Striche dargestellt, in welchem Bereich der Mischungsreihe Baryt-Coelestin die entsprechende Morphologie vorkommt.

Tafelige, meist flächenarme Kristalle sind in allen Fundgebieten als Baryt und Coelestin anzutreffen.

In den metamorphen kristallinen Gesteinen (Fundregion 3 und 4) treten bevorzugt besondere tafelige oder dicktafelige Kristalle auf: Baryte und Colestobaryte mit fehlendem Prisma  $m(210)$ , tafelige Baryte mit dem seitlichen Pinakoid  $b(010)$  sowie dicktafelige Baryte und Colestobaryte mit deutlich ausgebildeter Bipyramide  $z(211)$ .

Vielfältige und oft ungewohnte Ausbildungen von Tracht und Habitus zeigen die Baryte im metamorphen Dolomit (ähnliche Kristalle treten auch im Jura auf). Sie sind meist gestreckt nach einer der drei kristallographischen Achsen (a, b und c) und sind häufig sehr flächenreich. Weiter kommen auch isometrische Baryte vor, die je nach Flächenverteilung und Anwachsfläche pseudokubischen oder pseudorhomboedrischen Habitus zeigen.

Die untersuchten Coelestine zeigen tafelige, isometrische, nach der a-Achse gestreckte sowie in Richtung der b-Achse verlängerte leistenförmige Kristalle. Barytocoelestin tritt nur im Jura und nur als leistenförmige Kristalle auf. Der Colestobaryt ist auf alpinen Fundstellen tafelig bis dicktafelig ausgebildet; im Jura bildet er isometrische, miteinander verwachsene Kristalle sowie leistenförmige bis faserige, radialstrahlige Aggregate.

Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Morphologie und Genese wurden von BRAUN (1932) an Baryt und von SCHILLY (1933) an Coelestin durchgeführt. Beide Arbeiten beruhen auf rein morphologischen Methoden und besitzen nur beschränkte Aussagekraft, da chemische Analysen fehlen. Der grösste Teil der Baryte nach BRAUN (1932) stammt aus primären Erzlagerstätten mit Paragenesen, die von den hier untersuchten metamorphen und sedimentären Bildungen stark abweichen, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen

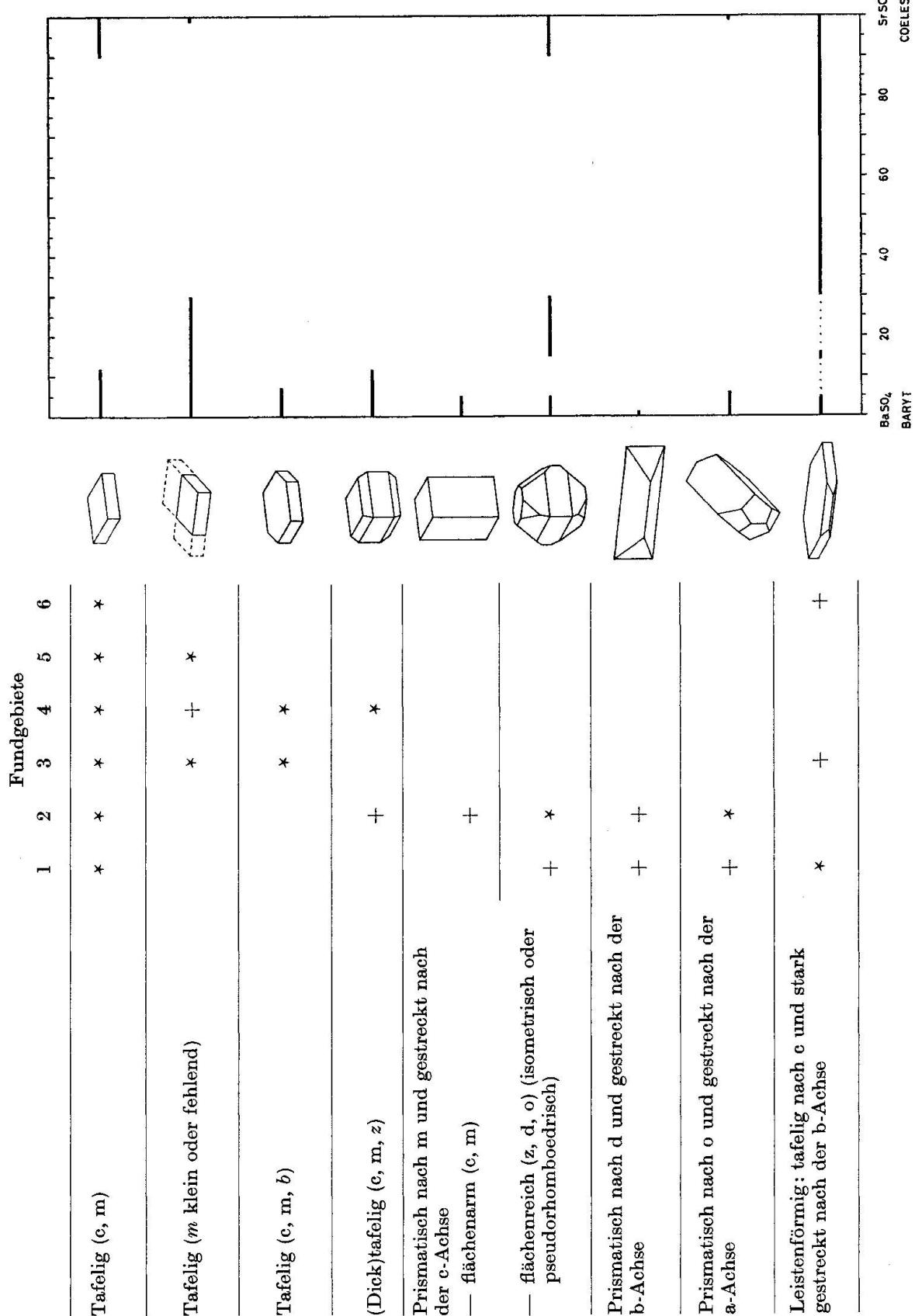


Fig. 30. Verteilung der verschiedenen Morphologietypen auf die sechs Fundgebiete (links) sowie innerhalb der Mischkristallreihe Baryt-Coelestin (rechts). \* häufig, + selten.

wird. Die Einteilung von SCHILLY (1933) in einen tafeligen, einen säuligen und einen Übergangstyp entspricht etwa der hier gewählten Klassierung.

## 2.2. Kristallwachstum

Eine wichtige Eigenschaft vieler Baryte ist ein von Auge erkennbarer zonarer Aufbau, der häufig zugleich mit einem Wechsel der chemischen Zusammensetzung verbunden ist (vgl. Kapitel Zonarbau). Durch Flüssigkeitseinschlüsse und eingeschlossene Mineralien oder Gesteinsbruchstücke werden im Innern eines Kristalls alte Wachstumsformen abgebildet, die Rückschlüsse auf das Kristallwachstum erlauben. Hier soll im besonderen auf die Veränderung der Morphologie im Verlaufe des Wachstums eingegangen werden.

Am *Pazolabach* (Fundstelle Nr. 65) konnten kleine, farblos klare Barytkristalle gefunden werden, in denen durch feine Pyriteinschlüsse ein altes Wachstumsstadium sichtbar ist (vgl. Fig. 31). Die erste Barytgeneration zeigt neben c(001) und m(210) etwa gleich grosse Flächen der Prismen d(101) und o(011). Darauf sind winzige Pyritkristalle, besonders auf der Fläche o und entlang den Kanten des Baryts aufgewachsen. Nach einem Unterbruch wuchs der Baryt bevorzugt in Richtung der Fläche o weiter, die zugunsten von c, m und b (nur klein) verschwand.

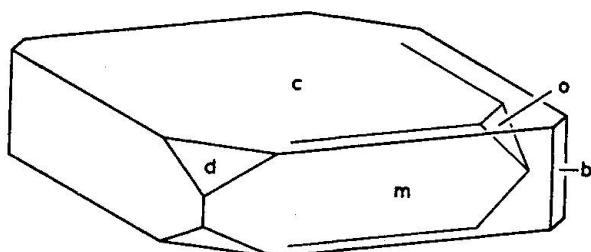


Fig. 31. Kristallzeichnung eines Baryts vom *Pazolabach* am Oberalppass (Fundstelle Nr. 65). Durch feine, eingelagerte Pyritkristalle ist ein altes Wachstumsstadium mit den Flächen c, m, d und o sichtbar geblieben.

Dasselbe zeigen die rotbraunen Kristalle mit rechteckigem Grundriss vom selben Fundort. Die erste, einschlusstreiche Barytgeneration wird von c, d und o begrenzt. Darauf ist, vorwiegend auf o, eine zweite farblose Generation aufgewachsen, welche die Kristalle mit den Flächen c, d und b (und teilweise o als kleiner Fläche) umgibt.

In der äusseren Barytschicht eingewachsene Quarzsplitter zeigen, dass zwischen den beiden Barytgenerationen tektonische Bewegungen stattfanden. Der Sr-Gehalt zeigt eine Abnahme von 3–5%  $\text{SrSO}_4$  im Kristallinnern auf 0,5%  $\text{SrSO}_4$  in der Randschicht.

Auf der Stufe M 6631 aus der *Lukmanierschlucht* (Fundstelle Nr. 63) sind mehrere tafelige Baryte mit den Flächen c(001) und m(210) aufgewachsen. Die Kristalle sind farblos durchsichtig und enthalten im Innern mehrere weisse, durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübte Zonen, die einen zweimaligen Trachtwchsel während des Wachstums abbilden (vgl. Fig. 32). Die innerste, undeut-



Fig. 32. Foto eines Barytkristalls aus der Lukmanierschlucht (Fundstelle Nr. 63). Durch feine Flüssigkeitseinschlüsse ist ein zweimaliger Trachtwechsel während des Kristallwachstums erkennbar. Grösse des Kristalls ca. 1 mm.

lich erkennbare weisse Zone ist nur durch das Prisma  $m$  begrenzt. Im weiteren Verlauf des Kristallwachstums begann sich das Pinakoid  $b$  (010) auszubilden, das in der äussersten trüben Zone am grössten ausgebildet ist. Mit der Bildung der klaren Randzone des Kristalls nahm die Bedeutung von  $b$  wieder rasch ab; an der jetzigen Kristallbegrenzung ist  $b$  nur noch als sehr schmale Fläche vorhanden.

Mit der RMS konnten keine Unterschiede im Sr- und Ca-Gehalt der einzelnen Zonen festgestellt werden.

Eine starke Änderung im Kristallhabitus zeigt ein nach der  $c$ -Achse gestreckter, flächenreicher Baryt von der *Greina* (Fundstelle Nr. 33). Im Kristallinnern ist durch grosse Flüssigkeitseinschlüsse (zum Teil mit Gasblase) ein altes, tafeliges Wachstumsstadium erkennbar (Fig. 33). Der Baryt wuchs zuerst (mit einem  $\text{SrSO}_4$ -Gehalt von 4%) als gewöhnlicher tafeliger Kristall, wobei sich Flüssigkeitseinschlüsse bildeten. Das weitere Wachstum (mit 0,5–1%  $\text{SrSO}_4$ ) erfolgte vornehmlich in Richtung der  $c$ -Achse, was zu einer starken Verkleinerung der Fläche  $c$  (001) führte. Kurz vor dem Ende des Wachstums wurden zudem auf den Flächen des Prismas  $o$  (011) feine Flüssigkeitseinschlüsse gebildet.

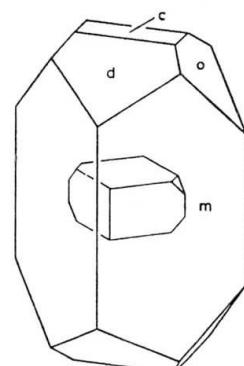


Fig. 33. Nach der  $c$ -Achse gestreckter Baryt von der Greina (Fundstelle Nr. 33). Im Kristallinnern ist durch grosse Flüssigkeitseinschlüsse (z. T. mit Gasblase) ein altes, tafeliges Wachstumsstadium erkennbar.

Das letzte Beispiel behandelt die Phantombaryte von *Bassecourt* im Berner Jura (Fundstelle Nr. 26). Die nach der b-Achse stengeligen Kristalle enthalten gelbe Einschlüsse, die ebenfalls stengelig ausgebildet sind und immer parallel zur Stengelachse des grossen Kristalls liegen. Eingehende optische, goniometrische und RMS-Untersuchungen zeigten, dass es sich dabei um ältere Wachstumsstadien des Baryts handelt, die durch Einschlüsse sichtbar gemacht sind. Zuerst wuchs ein Baryt mit einem Sr-Gehalt, der leicht über dem der später gebildeten Teile liegt. Das Wachstum wurde mindestens zweimal unterbrochen, und der Kristall (ausgenommen das Basispinakoid c) wurde von sehr feinen Eisenoxidpartikeln überzogen. Das weitere Wachstum verlief dann ohne (sichtbare) Unterbrüche. In der Figur 34 sind die Resultate der goniometrischen Vermessungen dargestellt. Bei der jetzigen Kristallbegrenzung herrschen die Flächen d(101) und m(210) stark vor, z(211) und besonders o(011) sowie b(010)

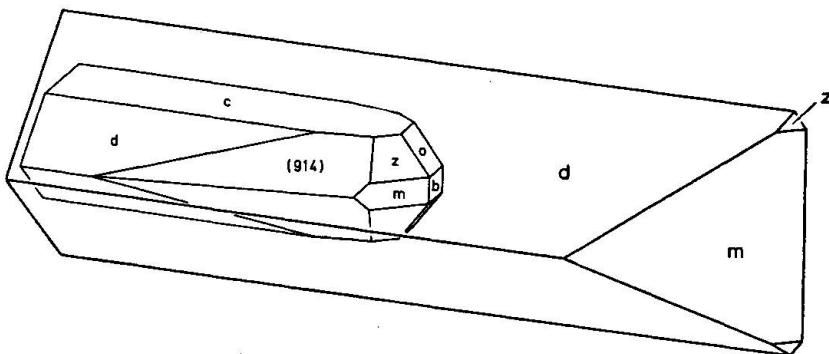


Fig. 34. Phantom-Baryt von Bassecourt (Berner Jura, Fundstelle Nr. 26), gestreckt nach der b-Achse. Durch feine Einschlüsse von Eisenoxid sind alte Wachstumsstadien sichtbar geblieben. In der Kristallzeichnung sind die Resultate der goniometrischen Vermessung dargestellt.

sind nur sehr klein ausgebildet. Der Phantombaryt wird vorwiegend von zwei Bipyramiden begrenzt und besitzt eine eher abgestumpfte Gestalt. Bei einer der beiden Bipyramiden handelt es sich um die Form z(211). Die andere Bipyramide wird vermutlich durch Flächen der Form (914) gebildet; die Messgenauigkeit auf dem Universaldrehtisch genügte aber nicht zur eindeutigen Bestimmung dieser Flächen. Die Bipyramiden verschwinden ganz oder teilweise im Verlauf des späteren Wachstums und werden von einfach indizierten Prismen abgelöst.

Aus den oben angeführten Beispielen und Beschreibungen der Literatur (SEAGER und DAVIDSON, 1952; KOSAKEVITCH, 1970; DIETRICH und GRITTI, 1972) wird deutlich, dass in der Art und Abfolge verschiedener Wachstumsphasen sehr grosse Unterschiede möglich sind. Daneben sind aber auch Gemeinsamkeiten feststellbar. So beschreiben SEAGER und DAVIDSON (1952) das Erscheinen und spätere Verschwinden von o(011) ähnlich der Baryte vom Pazolabach. Das Erscheinen und Verschwinden der Fläche b(010) beim Baryt der

Lukmanierschlucht findet seine Parallele bei einem Baryt aus Marokko (DIETRICH und GRITTI, 1972).

SEAGER und DAVIDSON (1952) beschreiben aufgrund ihrer Beobachtungen zwei Mechanismen: einen kontinuierlichen und einen plötzlichen Wechsel der Kristallform. Im ersten Fall tritt durch äussere Einflüsse eine Verschiebung der relativen Wachstumsgeschwindigkeiten der betreffenden Formen ein. Eine rasch wachsende Fläche verschwindet dann im weiteren Verlauf zugunsten ihrer langsameren Nachbarn (z. B. beim Baryt Lukmanierschlucht). Im zweiten Fall bilden sich auf einer unter geänderten Bedingungen instabilen Form zahlreiche Kristallkeime. Diese wachsen zu sägezahnartigen Gebilden, die miteinander einspringende Winkel bilden. Im weiteren Verlauf wachsen die «Sägezähne» zusammen und bilden eine neue Kristallbegrenzung ohne einspringende Winkel. Ein Beispiel dieses Wachstums zeigt der dünntafelige Baryt AB 1383 aus dem Lengenbach (Fig. 39), bei dem ein Zwischenstadium mit einspringendem Winkel als Kristallbegrenzung erhalten geblieben ist. Auffällig ist auch die unterschiedliche Tendenz der verschiedenen Flächen zur Anlagerung von Fremdmaterial. In zwei der obigen Beispiele bildeten sich Einschlüsse bevorzugt auf  $\text{o}(011)$ ; nach HARTMAN und PERDOK (1955) und FOLLNER (1973) verdankt diese Fläche ihr häufiges Auftreten der Adsorption von Fremdpartikeln. Umgekehrt werden auf der normalerweise nur extrem langsam wachsenden Fläche  $\text{c}(001)$  kaum Einschlüsse gebildet. So sind zum Beispiel die c-Flächen des Baryts von Bassecourt im Gegensatz zu allen anderen Flächen nicht von Einschlüssen übersät. Ebenso fehlen Einschlüsse auf der Basis c bei vielen zonargebauten Kristallen; diesem Umstand ist es zu verdanken, dass der Zonarbau von aussen überhaupt sichtbar ist.

### 3. Färbung

Chemisch reines  $\text{BaSO}_4$  und  $\text{SrSO}_4$  sind zwei vollkommen farblose Substanzen, ebenso sind künstlich hergestellte, reine Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  (BURKHARD, 1973) klar und ohne Farbe.

Natürliche Baryte und Coelestine andererseits sind häufig gefärbt; eine blaue Farbe ist für Coelestin geradezu typisch und gab dem Mineral seinen Namen. Blau gefärbte Baryte (und umgekehrt rötliche Coelestine) sind aber ebenfalls recht häufig, so dass die Farbe nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen Baryt und Coelestin dienen kann.

Es lassen sich zwei verschiedene Arten von Färbung unterscheiden:

- über den ganzen Kristall homogen verteilte Färbung ohne sichtbare Einschlüsse,
- Färbung durch Einlagerung von Fremdmineralien.

Zur ersten Art gehören gelb gefärbte Baryte aus dem Lengenbach (Fundstelle Nr. 34) und vom Unter Erlimoos (Fundstelle Nr. 8) sowie zahllose blaue Baryte und Coelestine von verschiedenen Fundstellen. Für viele der blau gefärbten Kristalle (z. B. vom Lengenbach) ist typisch, dass ihre Farbe am Sonnenlicht rasch verblasst, während sie im Dunkeln erhalten bleibt. Dieselbe Erscheinung wurde von HAGER (1967) für Baryt von Baumholder (Pfalz) erwähnt. SWEET (1930) beschreibt an englischen Baryten Farbveränderungen von Hell-gelb über Grün nach Blau durch Tageslicht, und nach MÖHLER (1973) erhalten gewisse schwach blassblaue rumänische Baryte durch Bestrahlen mit einer Quarzlampe eine intensiv blaue Farbe, die nach einiger Zeit wieder verblasst.

FRIEND und ALLCHIN (1939, 1940) bestimmten nasschemisch den Au-Gehalt verschiedener Mineralien. Sie vermuten, dass die Blau- und Rotfärbung der von ihnen analysierten Coelestine auf der Einlagerung von kolloidalem Gold beruht. Aus diesem Grund wurden alle hier analysierten Proben auf Au geprüft. Es konnte in keiner Probe Au nachgewiesen werden, wobei allerdings die Nachweisgrenze eher schlechter als die von FRIEND und ALLCHIN angegebenen Werte war.

Die Spektralanalyse der blauen und der farblosen Partie eines klaren Coelestins vom Unter Erlimoos (BIm 1) ergab folgende Spurengehalte:

|    | Blaue Partie (innen) | Farblose Partie (außen) |
|----|----------------------|-------------------------|
| Mg | —                    | —                       |
| Fe | 30 ppm               | 15 ppm                  |
| Si | 60                   | 60                      |
| Al | 20                   | 15                      |
| Pb | —                    | —                       |

Nach diesem Resultat könnte der Fe-Gehalt für die Blaufärbung verantwortlich gemacht werden. Der Unterschied der Fe-Gehalte ist aber zu gering für eine eindeutige Aussage, ebenso zeigt ein Vergleich mit anderen Resultaten, dass dies nicht zutreffen kann.

Es konnte kein Spurenelement gefunden werden, das eindeutig mit der Blau- oder Gelbfärbung der analysierten Kristalle in Beziehung steht. Immerhin ist zu bemerken, dass die gelben Baryte tiefe Fe-Gehalte besitzen (15–20 ppm Fe) und damit sicher nicht durch eisenhaltige Einschlüsse gefärbt sind. Es wäre denkbar, dass die Blau- und Gelbfärbung durch unterschiedliche Oxidationsstufen des Eisens erzeugt werden.

Ebenfalls recht häufig ist die zweite Art der Färbung durch den Einbau von Fremdmineralien. Diese sind fleckig im an sich farblosen Kristall verteilt und färben ihn durch ihre Eigenfarbe. Als Beispiel seien ein blauer, gelber und roter Coelestin von Herznach (Fundstelle Nr. 17) beschrieben. Der blaue Kristall ist klar und einschlusselfrei, der gelbe und stärker noch der rote enthalten dendritenartige rote Hämatiteinschlüsse. Dementsprechend steigt auch der Fe-

Gehalt von 25 ppm Fe beim blauen, über 65 ppm beim gelben auf 150 ppm Fe beim roten Kristall. Hämatit und andere Eisenoxide/-hydroxide sind häufig für eine Rot- oder Gelbfärbung verantwortlich: Baryt Serpiano (Fundstelle Nr. 68), Pazolabach (Fundstelle Nr. 65), Cuasso al Monte (Fundstelle Nr. 70). Die Gelbfärbung des Baryts von Le Châtelard (Fundstelle Nr. 29) beruht auf feinen Muskoviteinschlüssen, die Grünfärbung des Baryts von Mellikon (Fundstelle Nr. 23) auf Einschlüssen von Glaukonit. Der Baryt von Habkern (Fundstelle Nr. 24) ist vermutlich durch Einschlüsse von organischem Material (eventuell zusammen mit Pyrit) braun gefärbt. Die in vielen Kristallen vorhandenen weissen, undurchsichtigen Partien werden durch Streuung des Lichts an Flüssigkeitseinschlüssen und Spalttrissen erzeugt.

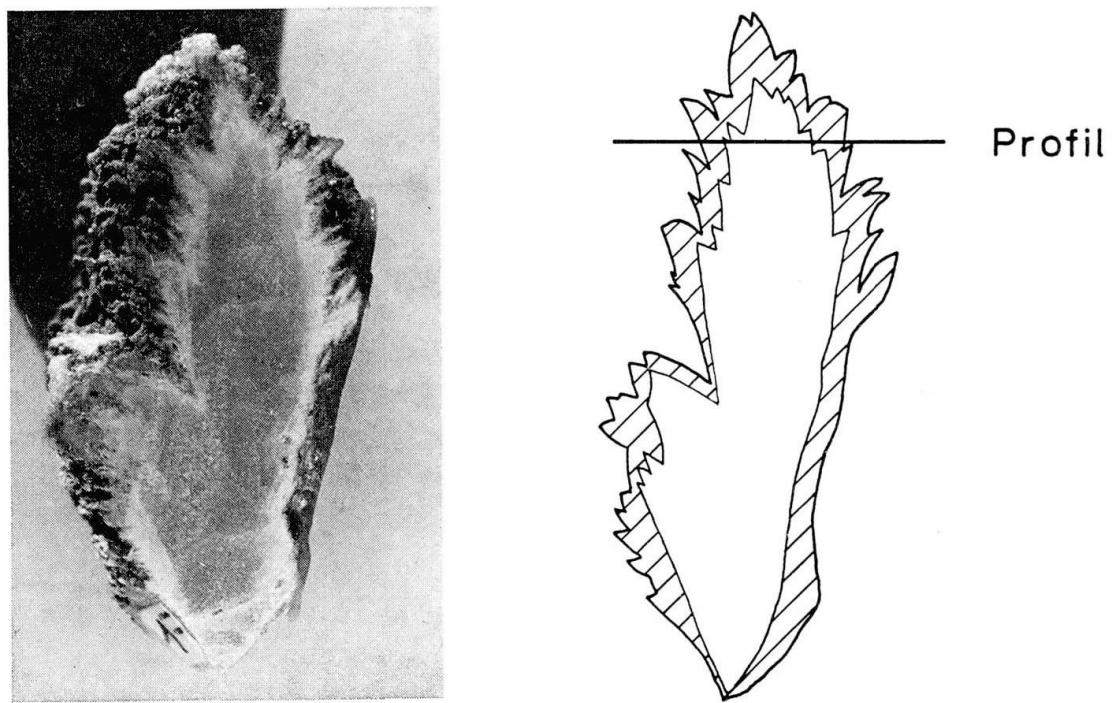
KÖHLER und LEITMEIER (1934) untersuchten die Fluoreszenz von Sulfaten und fanden, dass zahlreiche Baryte und Coelestine im UV-Licht fluoreszieren. Die hier untersuchten Proben wurden alle mit einer kurzweligen (KW) und langwelligen (LW) UV-Lampe geprüft. Nur folgende vier Baryte zeigten eine Fluoreszenz:

| Fundstelle Nr. | Ort          | LW         | KW                           |
|----------------|--------------|------------|------------------------------|
| 26             | Bassecourt   | —          | stark weiss,<br>Nachleuchten |
| 29             | Le Châtelard | weiss-gelb | weiss-gelb                   |
| 62             | Lumbrein     | —          | weiss                        |
| 68             | Serpiano     | —          | rot                          |

#### 4. Zonarbau

Optische Untersuchungen unter dem Mikroskop sowie ungezählte Analysen mit der RMS zeigten, dass der grösste Teil der Baryte und Coelestine im Millimeterbereich und oft auch darunter stofflich uneinheitlich aufgebaut ist. Kristalle aus dem Jura zeigen häufig Sr- und Ca-Gehalte, die anscheinend regellos im  $\mu\text{m}$ -Bereich schwanken. Diese Erscheinung wurde, abgesehen von stark korrodierten Baryten anderer Gebiete, nur in Kristallen aus unmetamorphen Sedimenten beobachtet.

Zahlreiche Kristalle zeigen einen gesetzmässig angeordneten Zonarbau. Dieser zonare Aufbau äussert sich je nachdem in wechselnder Färbung, in regelmässiger Anordnung von Einschlüssen oder in gesetzmässig wechselnder chemischer Zusammensetzung. Häufig treten diese Erscheinungen auch kombiniert auf. Sie sind, ähnlich den Jahrringen eines Baumes, Abbilder alter Wachstumsformen. Im Kapitel Morphologie wurde an einigen Beispielen gezeigt, welche Rückschlüsse daraus auf das Kristallwachstum möglich sind. Sie können aber auch als relativer Zeitmassstab dienen und erlauben so eine Rekonstruktion des Bildungsverlaufs einer Lagerstätte (vgl. Kapitel Genese). Im vorliegenden Ka-



a) Foto der analysierten Probenfläche. Die trübe Randschicht hebt sich deutlich vom klaren Kristallinnern ab.

b) Skizze der analysierten Probenfläche mit eingezeichnetem Profilverlauf. Es wurde eine grosse Zahl von Punktanalysen über die ganze Probenfläche verteilt gemessen.

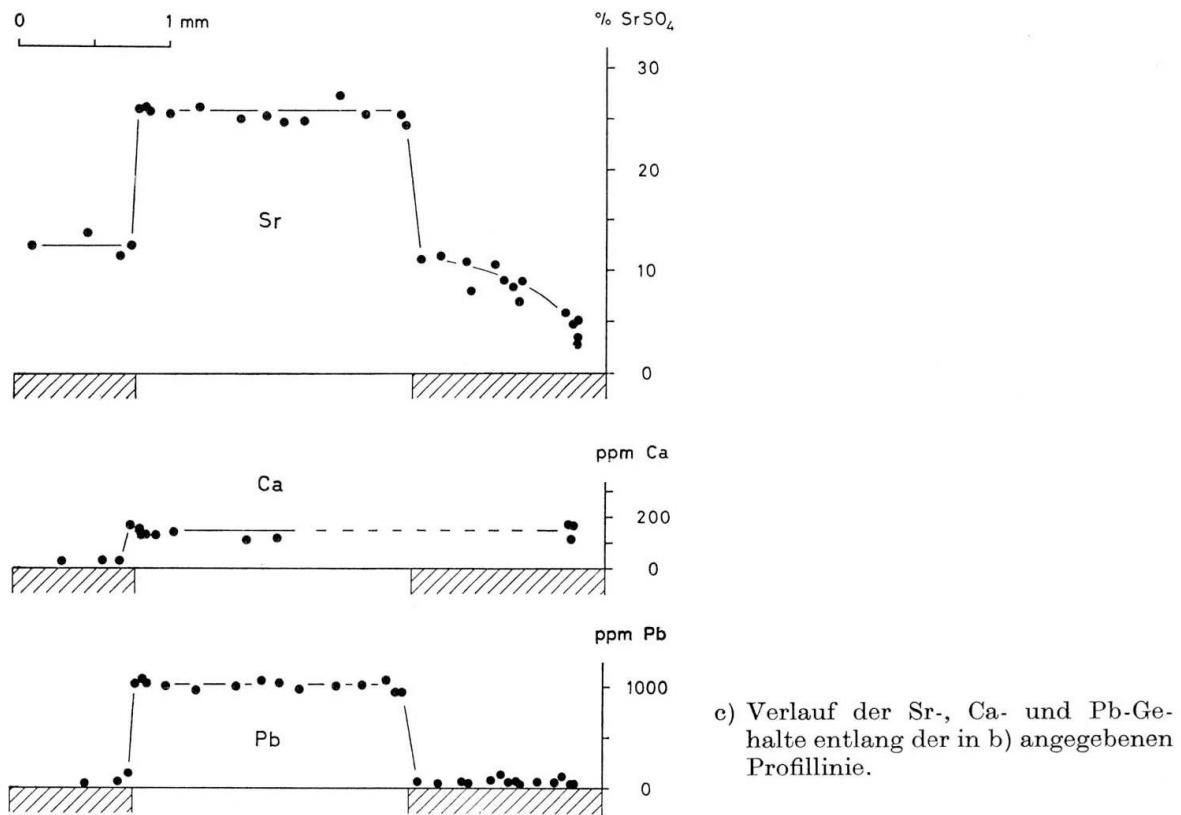


Fig. 35. RMS-Analyse eines Coelestobaryts (M 17322) aus der Cavradischlucht (Fundstelle Nr. 66).

pitel soll vor allem auf die chemischen Aspekte des Zonarbaus eingegangen werden.

Von Auge erkennbarer Zonarbau tritt in allen Fundgebieten auf, besonders häufig und typisch aber ist er für Baryte aus metamorphen Gebieten. Baryte und Coelestobaryte aus den Massiven sind häufig von einer weissen, durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübten Randschicht umgeben, die einen farblosen bis blauen, klaren Kristallkern umschliesst. Wie die Tabelle III zeigt, ist der Sr-

Tabelle III

| M 17426                                  |             | M 17338                                      |             |
|--|-------------|--|-------------|
| Trohlender Graben<br>(Fundstelle Nr. 55) |             | Faulhorn bei Oberwald<br>(Fundstelle Nr. 64) |             |
| <i>Kern</i>                              | <i>Rand</i> | <i>Kern</i>                                  | <i>Rand</i> |
| SrSO <sub>4</sub>                        | 11%         | 4,5%   | 9%          |
| Ca                                       | 20 ppm      | 15 ppm                                       | 10 ppm      |
| Mg                                       | 10          | 10   | 5           |
| Fe                                       | 5           | 30   | 5           |
| Si                                       | 40          | 70   | 35          |
| Al                                       | 5           | 20   | 1           |
| Pb                                       | —           | —  | 70          |

Gehalt im Kern normalerweise bedeutend höher als in der Randschicht. Umgekehrt sind die Gehalte aller übrigen Elemente (abgesehen von zwei konstant bleibenden Werten) in der Randschicht höher als im Kristallinnern. Feine gelbbraune Farbpunkte in der Randschicht deuten auf oxidierte Pyriteinschlüsse.

In der *Cavradiischlucht* (Fundstelle Nr. 66) werden Coelestobaryte mit sehr hohem Pb-Gehalt gefunden. Die RMS-Analyse (vgl. Fig. 35) zeigt, dass Pb und Sr homogen im klaren Kristallinnern verteilt sind und dass beide Gehalte, symmetrisch auf beiden Seiten des Kristalls, mit dem Beginn der trüben Randschicht sprunghaft abnehmen.

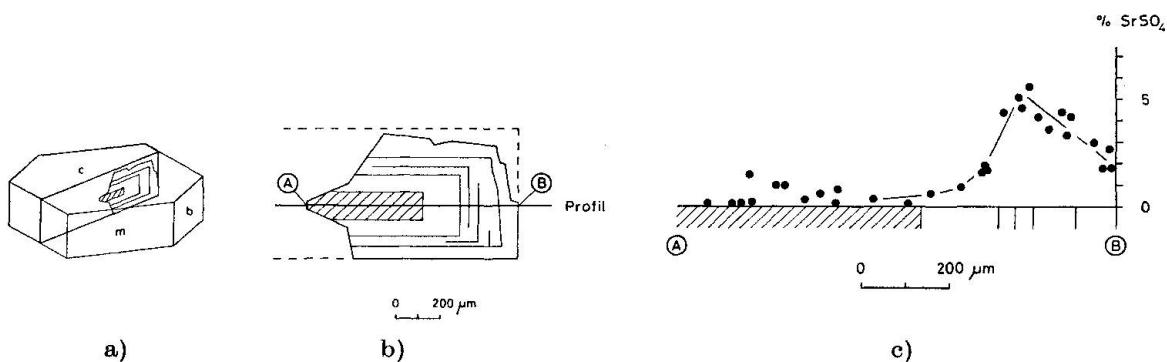


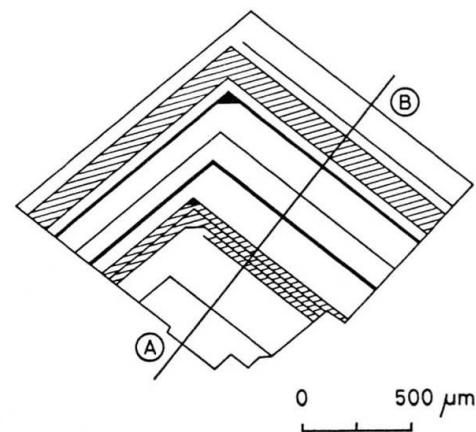
Fig. 36. RMS-Analyse eines tafeligen Baryts vom Lauteraarhorn (Fundstelle Nr. 57).

- Lage der analysierten Probenfläche im Kristall.
- Skizze der analysierten Probenfläche mit eingezeichnetem Profilverlauf. Insgesamt wurden gegen 100 Punktanalysen, verteilt über die ganze Probenfläche, ausgeführt.
- Sr-Gehalt der einzelnen Messpunkte entlang der Profillinie. Ausgehend vom Kristallinnern lässt sich die gleiche Veränderung im Sr-Gehalt über den ganzen Kristall hin verfolgen.

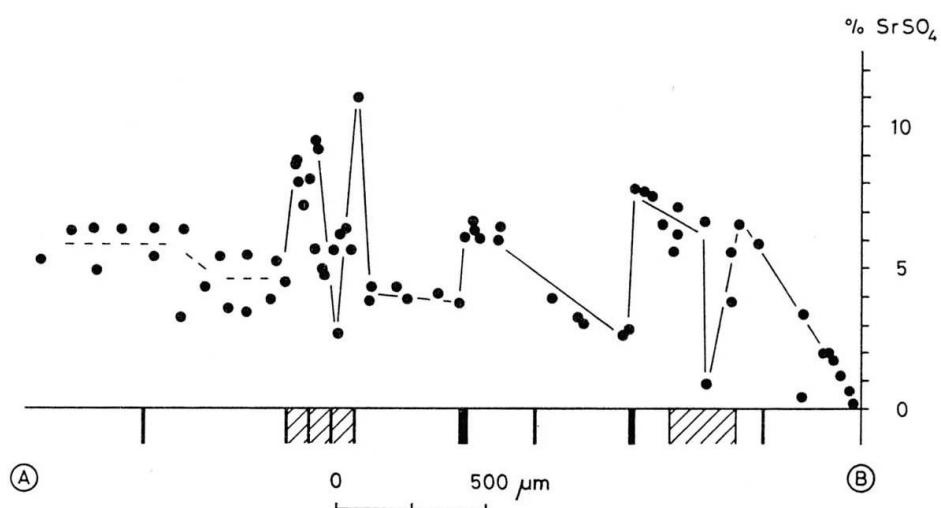
Neben diesen abrupten Veränderungen der Zusammensetzung, verbunden mit einer optisch erkennbaren Inhomogenität, konnten mit der RMS auch dem Auge verborgene, kontinuierliche Veränderungen gefunden werden. Als Beispiel ist die Sr-Verteilung in einem Baryt vom *Lauteraarhorn* (Fundstelle Nr. 57) in Fig. 36 dargestellt. Sie zeigt gegen das Ende des Kristallwachstums eine kon-



a) Foto des Kristalls.



b) Skizze der analysierten Probenfläche im Kristallinnern mit eingezeichnetem Profilverlauf. Ebenfalls angegeben ist die Lage der durch Einschlüsse markierten Zonen. Über die ganze Probenfläche verteilt wurden gegen 500 Punktanalysen ausgeführt.



c) Verlauf des Sr-Gehalts entlang der unter b) angegebenen Profillinie. Die Zonen mit unterschiedlichem Sr-Gehalt ziehen sich durch den ganzen Kristall und folgen genau der durch Einschlüsse markierten Zonierung.

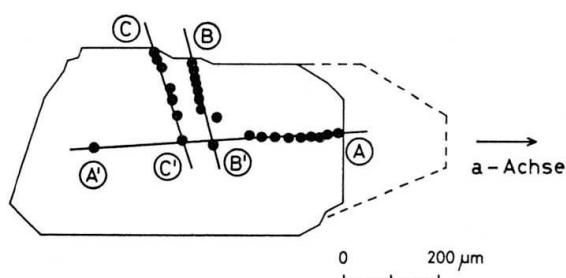
Fig. 37. RMS-Analyse eines Baryts (M 17351) von der Alp Taspegn (Fundstelle Nr. 47).

tinuierliche Zunahme, gefolgt von einer ebensolchen Abnahme des Sr-Gehaltes. Der Ca-Gehalt liegt dabei konstant unter 100 ppm Ca.

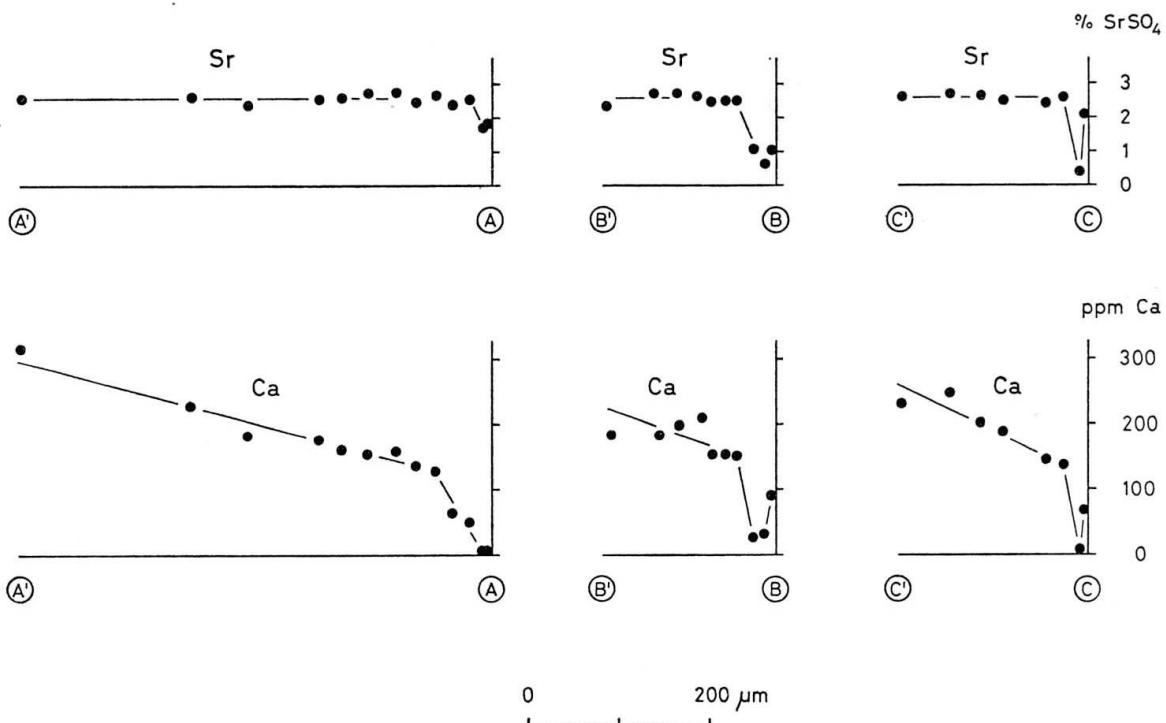
Einen extremen Fall mehrfacher starker Veränderungen im Sr-Gehalt, verbunden mit zonar eingelagerten Flüssigkeitseinschlüssen, stellen die Baryte von der *Alp Taspegn* (Fundstelle Nr. 47) dar. Ein Kristall wurde eingehend mit der



a) Foto des Kristalls.



b) Skizze der analysierten Probenfläche. Ein gezeichnet sind der Verlauf der unter c) dargestellten Analysenprofile mit der genauen Lage der einzelnen Messpunkte.



c) Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte entlang den unter b) angegebenen Profilrichtungen. Insgesamt 100 Punktanalysen, über die ganze Probenfläche verteilt, zeigen innerhalb des ganzen Kristalls den gleichen Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte.

Fig. 38. RMS-Analyse eines nach der a-Achse gestreckten, spitzpyramidalen Baryts (AB 1073) aus dem Lengenbach (Fundstelle Nr. 34).

RMS analysiert (gegen 500 Messpunkte!); die Resultate sind in Fig. 37 dargestellt. Sie zeigen ein mehrmaliges starkes Ansteigen und erneutes Absinken des Sr-Gehaltes zwischen den Extremwerten von 0% und 11%  $\text{SrSO}_4$ ; der Ca-Gehalt liegt überall deutlich unter 100 ppm. Das Zonierungsmuster des Sr-Gehaltes stimmt dabei genau mit den durch Flüssigkeitseinschlüssen getrübten Zonen überein.

Die Baryte aus metamorphen kristallinen Gesteinen enthalten im Durchschnitt niedrigere Ca-Gehalte, die meist unter der Nachweigrenze liegen. In Baryten aus metamorphem Dolomit oder aus unmetamorphen Sedimenten sind höhere Gehalte zu erwarten, und die RMS-Analyse zeigt, dass in diesen Kristallen häufig neben dem Sr- auch der Ca-Gehalt zonenweise variiert.

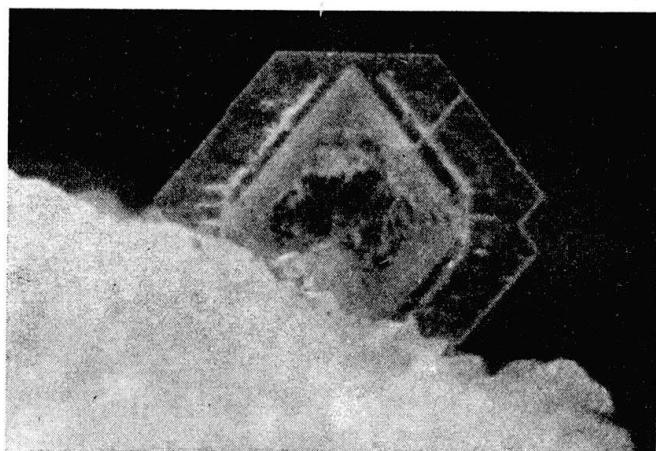
Diese Erscheinung ist typisch für alle analysierten Baryte aus dem *Lengenbach* (Fundstelle Nr. 34). Eine Gegenüberstellung und Interpretation der Resultate folgt später; hier werden zwei besonders eingehend untersuchte, typische Beispiele näher beschrieben.

Der erste, vollkommen durchsichtige, bläuliche Kristall (AB 1073) ist gestreckt nach der a-Achse, mit spitzpyramidalem Habitus und stammt aus dem südlichen Teil des Aufschlusses. In Fig. 38 sind drei Konzentrationsprofile für verschiedene Richtungen im Kristall dargestellt. Der Sr-Gehalt ist im gesamten Kristallinnern konstant, während der Ca-Gehalt gleichförmig nach aussen hin abnimmt. Etwa 20–50  $\mu\text{m}$  vom Rand entfernt nehmen beide Gehalte kräftig ab und steigen beim äussersten Messpunkt wieder gemeinsam an. In diesem Kristall ist somit ein im wesentlichen gleichförmiges Verhalten von Sr und Ca feststellbar.

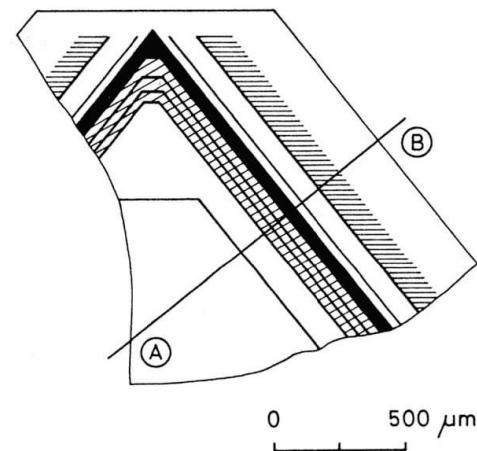
Ein gerade entgegengesetztes Verhalten wurde beim zweiten Typ aus dem nördlichen Teil des Lengenbachs gefunden. Es handelt sich um sehr dünntafelige farblose Baryte, in denen durch eingelagerte gelbe Eisenoxidpartikel und durch Flüssigkeitseinschlüsse ein Zonarbau sichtbar wird (vgl. Kapitel Kristallwachstum und Fig. 39). Es wurden zwei Kristalle (AB 1382 und AB 1383) untersucht, in denen insgesamt 350 Messpunkte analysiert und ausgewertet wurden. Beide Kristalle ergaben identische Resultate, die in Fig. 39 dargestellt sind. Der Sr-Gehalt nimmt vom Kristallinnern her gleichmässig bis etwa 6%  $\text{SrSO}_4$  zu und fällt am Rand des klaren Kristallkerns schlagartig auf 0%  $\text{SrSO}_4$ . Etwas weiter

Fig. 39. RMS-Analyse eines dünntafeligen, zonargebauten Baryts (AB 1383) aus dem Lengenbach (Fundstelle Nr. 34).

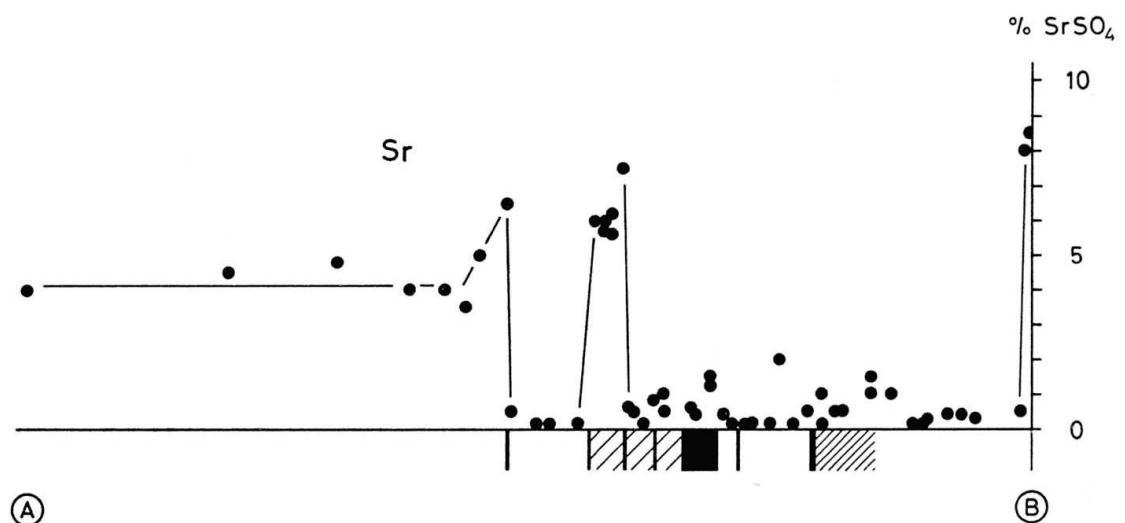
- Foto des Kristalls.
- Skizze der analysierten Probenfläche, die etwa durch das Zentrum des Kristalls verläuft. Ein gezeichnet ist der Verlauf des unter c) dargestellten Analysenprofils sowie die Lage der einschlussreichen Zonen.
- Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte entlang der unter b) angegebenen Profillinie. Mehr als 200 über die ganze Probenfläche verteilte Punktanalysen zeigen, dass die gleiche Abfolge der Sr- und Ca-Gehalte über den ganzen Kristall vorhanden ist und dass sie genau den durch Einschlüsse markierten Zonen folgt.



a)

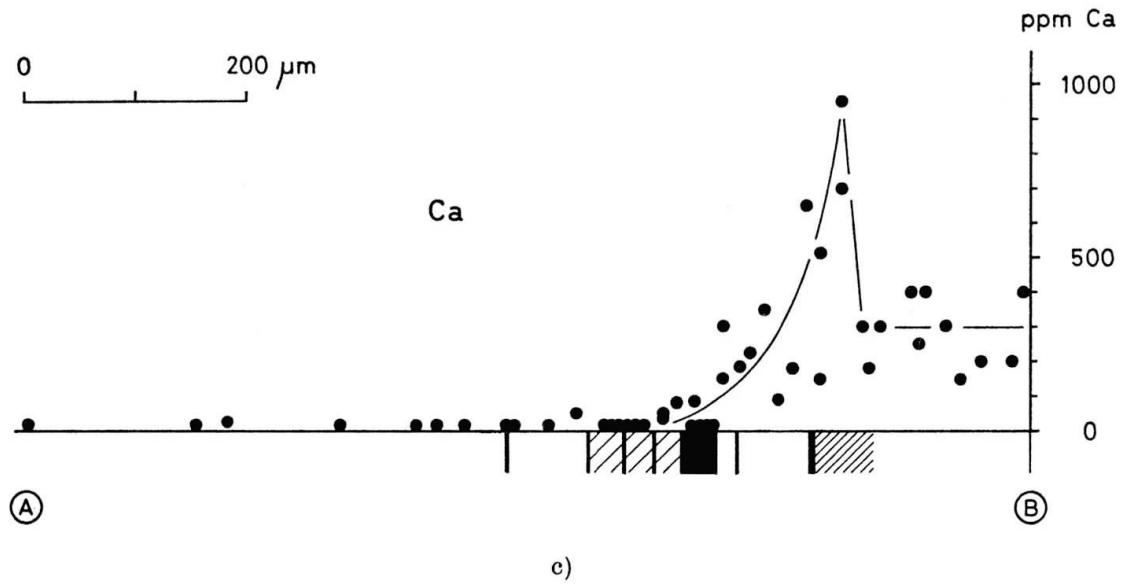


b)



A

B



A

B

c)

aussen sind unter dem Mikroskop mehrere schmale Zonen erkennbar. In der innersten dieser Zonen, die nur etwa  $20\text{ }\mu\text{m}$  breit ist, steigt der Sr-Gehalt schlagartig auf 6–7%  $\text{SrSO}_4$  und nimmt weiter aussen wieder ebenso plötzlich auf 0%  $\text{SrSO}_4$  ab. Diese schmale Zone mit hohem Sr-Gehalt lässt sich eindeutig um den ganzen Kristall herum nachweisen.

Der Ca-Gehalt zeigt einen völlig andersartigen Verlauf. Vom Zentrum des Kristalls bis zum äusseren Rand der Eisenoxid-haltigen Einschlusszonen liegt er konstant bei 0 ppm Ca, ungeachtet der starken Schwankungen des Sr-Gehaltes. Ausserhalb dieser einschlussreichen Zonen steigt er stark an zu etwas schwankenden Werten, die im Mittel bei etwa 300 ppm Ca liegen.

Ein ähnlich gegenläufiges Verhalten von Sr und Ca zeigt das letzte Beispiel aus dem Jura, von der Fundstelle Nr. 8, *Unter Erlimoos*. Es handelt sich um tafelige, etwas versetzt miteinander verwachsene bläuliche Baryte, die gegen

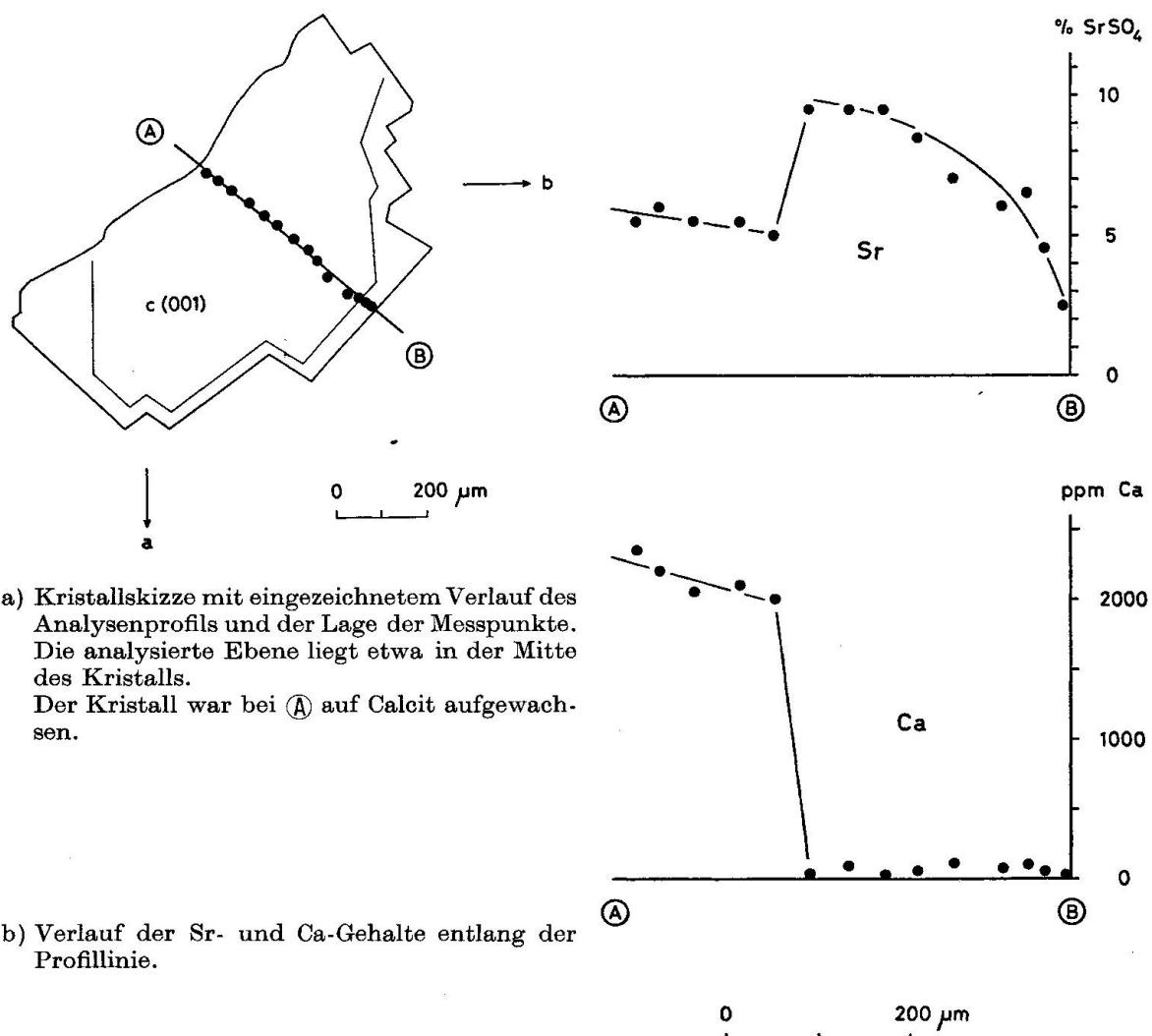


Fig. 40. RMS-Analyse eines tafeligen, bläulichen Baryts (AB 1625) vom Unter Erlimoos (Fundstelle Nr. 8).

den Rand zu mehrere feine, einschlussreiche Zonen besitzen. Die Resultate der RMS-Analyse der Stufe AB 1625 sind in Fig. 40 dargestellt. Der Sr-Gehalt, der im Kristallinnern ca. 5%  $\text{SrSO}_4$  beträgt, steigt gegen den Rand zu plötzlich auf ca. 10% an und sinkt später wieder ziemlich gleichmässig auf 2%  $\text{SrSO}_4$ . Der Ca-Gehalt liegt im Kristallkern bei über 2000 ppm Ca; an der Stelle der plötzlichen Sr-Zunahme sinkt der Ca-Gehalt schlagartig auf Werte zwischen 0 und 100 ppm, die bis zum Ende des Wachstums etwa konstant bleiben.

### 5. Optische Daten

An insgesamt 85 Kristallen wurden der optische Achsenwinkel  $2V_\gamma$  und die drei Hauptbrechungsindizes  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  und  $n_\gamma$  gemessen. Die Resultate sind in Tabelle IV zusammengefasst und in den Figuren 41 und 42 graphisch dargestellt. In den beiden Figuren sind zusätzlich die Messwerte der künstlich her-

Tabelle IV. Zusammenstellung der gemessenen optischen Daten

| Fundstelle Nr. | Probe     | $2V_\gamma$       | $n_\alpha$         | $n_\beta$          | $n_\gamma$         | % $\text{SrSO}_4$ |
|----------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1              | AB 1328   | 37,5              | 1,636              | 1,638              | 1,648 <sub>5</sub> | 0,5               |
|                | AB 1599   | 39,1              | 1,635              | 1,637              | 1,649              | 0,5               |
|                | AB 1329   | 37,7              | 1,637              | 1,638              | 1,648              | 1                 |
|                |           | 37,7              | 1,636              | 1,637              | 1,648 <sub>5</sub> | 1                 |
|                | AB 1596   | 37,6 <sub>5</sub> | 1,635              | 1,637              | 1,649              | 1                 |
|                |           | 37,8              | —                  | —                  | —                  | 1                 |
| 5              | AB 1215   | 52,2              | 1,622              | 1,624              | 1,632              | 93-96,5           |
| 7              | M 17432   | 52,2              | 1,623 <sub>5</sub> | 1,626              | 1,632              | 91                |
| 8              | Ho 18     | 42,3              | 1,635              | 1,636 <sub>5</sub> | 1,647              | 7                 |
|                | Ho 1.3    | 50,5              | 1,633              | 1,634              | 1,641              | 21-30             |
|                | AB 1615   | 54,2              | 1,625              | 1,627              | 1,633              | 88                |
| 10             | A 5678    | 50,8              | 1,622 <sub>5</sub> | 1,624              | 1,631              | 98                |
| 11             | AB 1448   | 52,7              | 1,624              | 1,625              | 1,632              | 90                |
| 12             | 9387      | 50,8              | 1,622              | 1,624              | 1,632              | 99                |
|                | AB 1355.1 | 54,6              | 1,625              | 1,626              | 1,633              | 85                |
| 14             | M 17349   | 51,1              | 1,623              | 1,625              | 1,633              | 99                |
| 15             | M 18236   | 51,0 <sub>5</sub> | 1,622              | 1,624              | 1,631              | 98,5              |
| 17             | AB 1273   | 51,1              | 1,623              | 1,624 <sub>5</sub> | 1,631 <sub>5</sub> | 99,5              |
|                | RE 1.1    | 51,7 <sub>5</sub> | 1,622              | 1,624              | 1,631 <sub>5</sub> | 97,5              |
| 19             | M 11152   | 39,4              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 2                 |
| 21             | M 16489   | 38,0              | 1,636              | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648              | 2                 |
| 22             | AB 834    | 51,3              | 1,622 <sub>5</sub> | 1,624              | 1,631 <sub>5</sub> | 99,5              |
| 23             | M 17430   | 38,9 <sub>5</sub> | 1,635 <sub>5</sub> | 1,637              | 1,648 <sub>5</sub> | 3                 |
| 24             | AB 1361   | 41,2              | 1,635              | 1,636 <sub>5</sub> | 1,648              | 5                 |
| 26             | AB 1288   | 38,3              | 1,634              | 1,635              | 1,648              | 0,5               |
| 29             | M 17431.2 | 46,1              | 1,635              | 1,636              | 1,645              | 0                 |
|                | M 17431.1 | 44,5              | 1,634              | 1,636              | 1,647              | 0,1               |
|                | M 17431.5 | 39,6              | 1,635              | 1,636              | 1,648              | 0,2               |
|                | M 17431.7 | 40,8              | —                  | —                  | —                  | 0,2               |
| 30             | M 17425   | 38,9              | 1,636              | 1,637              | 1,646 <sub>5</sub> | 1,5               |

| Fundstelle Nr. | Probe      | 2V <sub>γ</sub>   | n <sub>α</sub>     | n <sub>β</sub>     | n <sub>γ</sub>     | % SrSO <sub>4</sub> |
|----------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 31             | AB 1255    | 37,2              | ~ 1,635            | ~ 1,636            | ~ 1,647            | 0                   |
|                | M 14276    | 38,0              | 1,635              | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648 <sub>6</sub> | 0                   |
| 32             | M 5697     | 43,5              | 1,634              | 1,636              | 1,647              | 8                   |
|                | M 11489    | 37,5              | 1,636              | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648              | 1,5                 |
| 33             | M 6112     | 51,9              | 1,622              | 1,624              | 1,630              | 99                  |
|                | AB 1534    | 37,9              | 1,636              | 1,638              | 1,649              | 0,5                 |
| 34             | AB 1566    | 37,2              | 1,636              | 1,638              | 1,649              | 0,5                 |
|                | AB 1371    | 39,2              | 1,634              | 1,637              | 1,647              | 0,5-4,5             |
|                | L 2215     | 37,1              | 1,635              | 1,637              | 1,649              | 0,5                 |
|                | AB 822     | 40,0              | 1,635              | 1,636              | 1,648              | 1-4                 |
|                | AB 140     | 38,1              | 1,637?             | 1,637              | 1,648 <sub>6</sub> | 1,5                 |
|                | AB 1148    | 39,0              | 1,635              | 1,637              | 1,648              | 0,5-2               |
|                | AB 821     | 37,8 <sub>5</sub> | 1,636              | 1,637              | 1,648 <sub>6</sub> | 1                   |
| 35             | AB 995     | 40,4              | ~ 1,633            | ~ 1,634            | ~ 1,644            | 3-5,5               |
|                | AB 997     | 40,6              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 3                   |
| 36             | M 17346    | 37,9              | 1,635 <sub>6</sub> | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648              | 1                   |
| 38             | SG 565     | 38,8              | 1,635              | 1,638              | 1,648              | 3                   |
| 39             | AB 1342    | 39,6              | 1,635              | 1,636              | 1,647              | 4                   |
| 40             | 6348       | 51,6              | 1,622              | 1,623 <sub>5</sub> | 1,629              | 98                  |
| 42             | AB 877     | 43,1              | 1,635              | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648              | 4                   |
| 43             | AB 1235    | 40,7              | 1,635              | 1,636              | 1,647              | 1                   |
|                |            | 40,3 <sub>5</sub> | 1,636              | 1,637              | 1,648              | 3                   |
|                |            | 40,7 <sub>5</sub> | 1,634              | 1,635              | 1,647              | 3                   |
| 44             | AB 1461    | 43,9              | 1,635              | 1,637              | 1,649              | 1,5                 |
| 45             | A 4506     | 38,4              | ~                  | ~ 1,637            | 1,647              | 1                   |
| 47             | AB 1343    | 43,6              | 1,636              | 1,636 <sub>5</sub> | ~ 1,645            | 10                  |
|                | AB 1357    | 42,6              | 1,636              | 1,637              | 1,647              | 8                   |
| 53             | M 2139     | 41,1              | 1,635              | 1,637              | 1,648              | 8                   |
| 54             | AB 1295.3  | 43,5              | 1,634              | 1,636              | 1,646              | 4                   |
|                | AB 1295.6  | 43,8              | 1,634              | 1,636              | 1,647              | 3,5                 |
| 55             | M 17426    | 44,2              | 1,634              | 1,636              | 1,645              | 11                  |
| 56             | A 5968     | 44,1              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 10                  |
| 58             | 7185       | 38,9              | 1,636 <sub>5</sub> | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648              | 3,5                 |
| 59             | AB 885     | 37,1              | 1,636              | 1,637 <sub>5</sub> | 1,648 <sub>6</sub> | 0,5                 |
| 60             | M 16451    | 38,4              | 1,635              | 1,636              | 1,647              | 2                   |
| 63             | AB 1364    | 39,4              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 2                   |
|                | M 6631.1   | 42,6              | 1,636              | 1,638              | 1,648              | 2                   |
|                |            | 42,7              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 2                   |
|                | M 6631.5   | 41,3              | 1,635              | 1,637              | 1,647              | 2                   |
|                | M 17338    | 42,6              | 1,634              | 1,636              | 1,648              | 9                   |
| 65             | AB 1426.1  | 40,0              | 1,633              | 1,635              | 1,644              | 0,5-4               |
|                | AB 1426.2  | 39,8              | 1,635              | 1,637              | 1,648              | 5                   |
| 66             | M 10881a   | 46,7              | 1,636              | 1,638              | 1,646 <sub>5</sub> | 16                  |
|                | M 10858    | 48,8              | 1,634              | 1,636              | 1,645 <sub>5</sub> | 19                  |
|                | M 17312    | 50,0              | 1,634              | 1,636              | 1,645              | 21                  |
|                | AB 831     | 49,8              | 1,634              | 1,636              | 1,644              | 21                  |
|                | AB 1195    | 52,5              | ~                  | ~                  | ~                  | 27                  |
|                | M 17317    | 52,6              | 1,634              | 1,636              | 1,643 <sub>5</sub> | 27                  |
|                | M 17332    | 53,6              | 1,634              | 1,636              | 1,644              | 29                  |
|                | A 7159     | 42,5 <sub>6</sub> | 1,633 <sub>6</sub> | 1,635              | 1,647              | 12                  |
| 68             | AB 1333    | 40,0              | 1,635              | 1,635 <sub>6</sub> | 1,647              | 3,5                 |
| 69             | AB 939/940 | 39,6              | ~ 1,635            | 1,637              | ~ 1,647            | 6                   |
| 71             | AB 1201    | 39,6              | 1,636              | 1,637              | 1,648              | 2                   |
| 75             | AB 1209    | 41,6              | 1,635              | 1,636              | 1,647              | 7                   |
| 76             | AB 1188    | 53,6              | 1,621 <sub>6</sub> | 1,625              | 1,633              | 88                  |

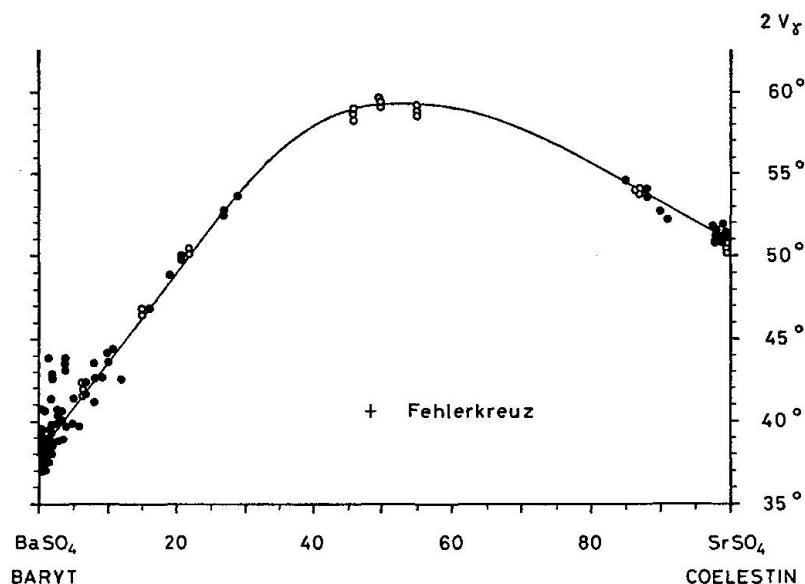


Fig. 41. Zusammenhang zwischen optischem Achsenwinkel  $2V_\gamma$ , gemessen mit  $\text{Na}_D$ -Licht, und der chemischen Zusammensetzung der untersuchten Proben. Zum Vergleich sind die Werte der künstlich hergestellten Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  (BURKHARD, 1973) als Kreise eingetragen.

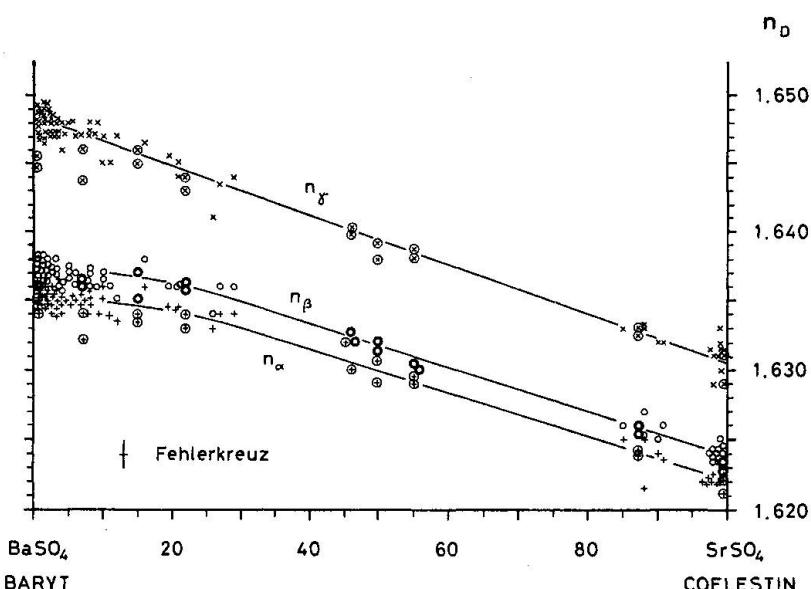


Fig. 42. Zusammenhang zwischen den Brechungssindizes  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  und  $n_\gamma$ , gemessen mit  $\text{Na}_D$ -Licht, und der chemischen Zusammensetzung der untersuchten Proben. Die mit einem zusätzlichen Kreis versehenen Symbole stellen die Werte der künstlich hergestellten Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  (BURKHARD, 1973) dar.

gestellten, reinen  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristalle (BURKHARD, 1973) eingetragen. Die Übereinstimmung der Werte bei künstlichen und natürlichen Kristallen ist ausgezeichnet; einzig bei niedrigen Sr-Gehalten sind kleinere Abweichungen feststellbar, die möglicherweise auf dem Spurengehalt der natürlichen Baryte beruhen.

Vereinzelte Baryte zeigen Achsenwinkelwerte, die im Vergleich zu den übrigen Werten um  $3^\circ$  und mehr abweichen. Mehrfache Messungen und RMS-Analysen zeigten, dass keine Messfehler vorliegen. Es stellte sich jedoch heraus, dass diese Kristalle, die alle aus metamorphen Gebieten stammen, unter gekreuzten Nicols keine vollständige Auslöschung aufweisen. Sie besitzen offenbar einen

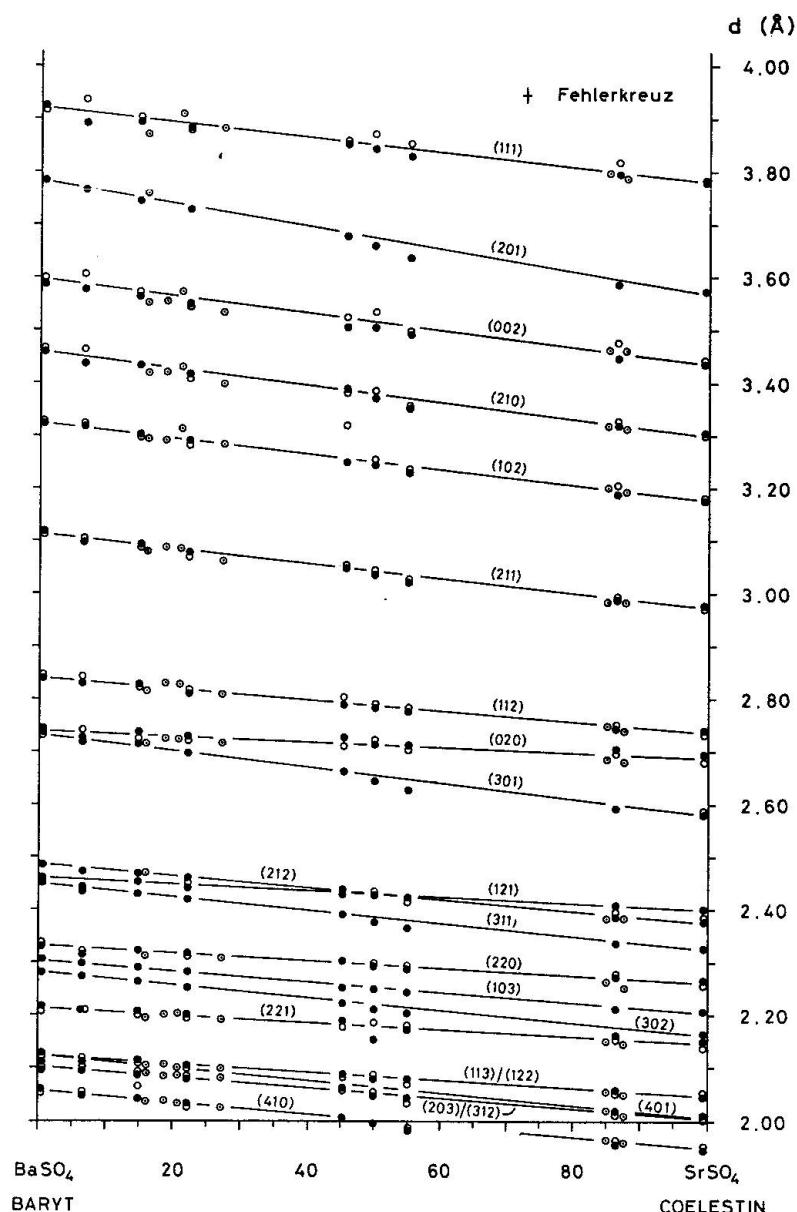


Fig. 43. Zusammenhang zwischen den  $d_{hkl}$ -Werten und der chemischen Zusammensetzung der Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ .

Punkte: aus Einkristalldaten künstlicher Mischkristalle (BURKHARD, 1973) berechnete Werte.  
 Leere Kreise: gemessene Werte künstl. Mischkristalle (BURKHARD, 1973).  
 Kreise mit Punkt: gemessene Werte von Mineralproben.

gestörten Gitteraufbau, der durch äussere mechanische Deformation oder durch innere Spannungen (z. B. infolge von Flüssigkeitseinschlüssen) hervorgerufen wird.

Die Messung des optischen Achsenwinkels  $2V_\gamma$  (bei gleichzeitiger Bestimmung der Lichtbrechung) bietet eine rasche und genaue Möglichkeit, den Sr-Gehalt von  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristallen zu bestimmen. Diese Bestimmung ist von eventuell eingebauten Spurenelementen weitgehend unabhängig; einzige bei deformierten, schlecht auslöschenen Kristallen sind Abweichungen möglich.

## 6. Röntgendifferenzdaten

### 6.1. Pulveraufnahmen

Zur Identifikation und raschen Abschätzung des Sr-Gehaltes von  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristallen dient Fig. 43, die den Zusammenhang zwischen den d-Werten der Kristalle und ihrem Sr-Gehalt zeigt. Zur Konstruktion dieses Diagrammes wurden aus den bereits früher publizierten Einkristalldaten künstlicher Mischkristalle (BURKHARD, 1973) die d-Werte berechnet; zusätzlich wurden die experimentell gemessenen Pulverdaten dieser Mischkristalle sowie weiterer natürlicher Kristalle verwendet.

Besonders augenfällig sind die Veränderungen der Reflexe 113/122, 401 sowie 203/312 bei einem d-Wert von etwa 2 Å. Bei Baryt bilden diese Reflexe eine starke Doppellinie, die sich etwa in der Mitte der Mischungsreihe deutlich aufspaltet und bei Coelestin als zwei getrennte, starke Linien auftritt.

### 6.2. Einkristallaufnahmen

An fünf Kristallen, davon drei mit hohen Sr-Gehalten (Coelestobaryten), wurden die Gitterkonstanten  $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$  sowie das Volumen der Elementarzelle  $V_0$  bestimmt. Die Resultate sind in Tabelle V aufgeführt und in den Figuren 44a und 44b, zusammen mit den Werten der künstlichen  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristalle (BURKHARD, 1973), graphisch dargestellt. Die Daten der natürlichen

Tabelle V. *Einkristalldaten*

| Fundstelle Nr. | Probe    | $a_0$ | $b_0$ | $c_0$ | $V_0$   | % $\text{SrSO}_4$ |
|----------------|----------|-------|-------|-------|---------|-------------------|
| 1              | AB 1596  | 8,875 | 5,550 | 7,151 | 352,231 | 1                 |
| 54             | AB 1295  | 8,854 | 5,534 | 7,147 | 350,189 | 3,5               |
| 66             | M 10881a | 8,794 | 5,470 | 7,108 | 341,917 | 16                |
|                | AB 831   | 8,769 | 5,455 | 7,097 | 339,484 | 21                |
|                | AB 1195  | 8,744 | 5,437 | 7,090 | 337,067 | 27                |

und der künstlichen Kristalle stimmen ausgezeichnet miteinander und mit den Daten von BOSTRÖM et al. (1967) überein. Die grösere Streuung der  $b_0$ -Werte beruht darauf, dass  $b_0$  nur aus Schwenkaufnahmen,  $a_0$  und  $c_0$  dagegen aus Weissenbergaufnahmen bestimmt wurde.

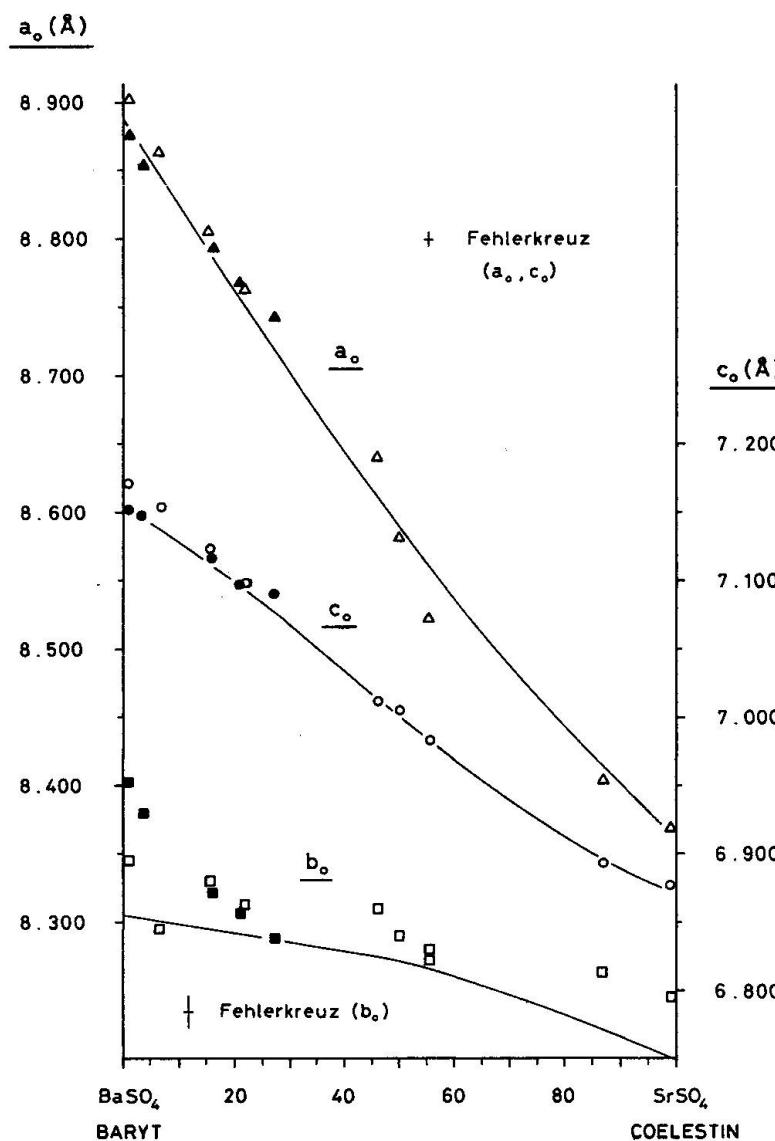


Fig. 44a. Zusammenhang zwischen den Gitterkonstanten  $a_0$ ,  $b_0$  und  $c_0$  und der chemischen Zusammensetzung der Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ .

Leere Symbole: künstliche Mischkristalle (BURKHARD, 1973). Ausgefüllte Symbole: Mineralproben.

Die ausgezogenen Kurven stellen die von BOSTRÖM, FRAZER und BLANKENBURG (1967) veröffentlichten Werte dar.

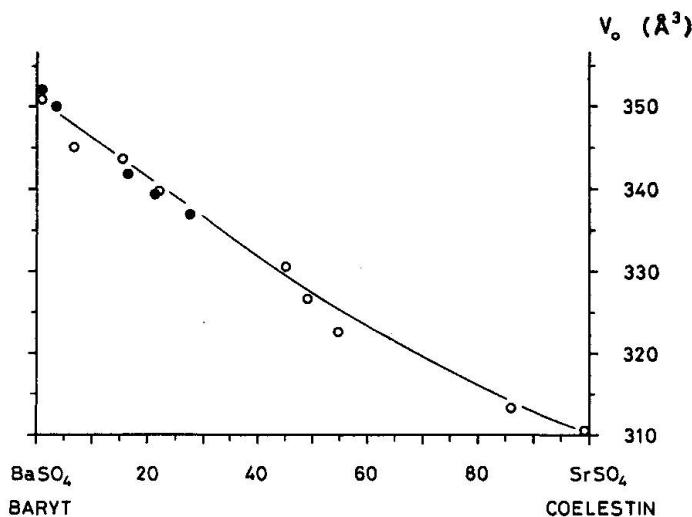


Fig. 44b. Zusammenhang zwischen dem Volumen der Elementarzelle  $V_0$  und der chemischen Zusammensetzung der Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ .

Leere Kreise: künstliche Mischkristalle (BURKHARD, 1973). Ausgefüllte Kreise: Mineralproben.

## V. ZUR GENESE VON BARYT, COELESTIN UND IHREN MISCHKRISTALLEN

### 1. Theoretische Überlegungen

In diesem Kapitel werden die für die Genese wichtigen Analysenresultate zusammenfassend dargestellt. Ein Vergleich mit experimentellen Untersuchungen des Systems  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  ermöglicht Rückschlüsse auf die Entstehung der Kristalle. Von besonderem Interesse ist es, die Ursachen für den häufig auftretenden Zonarbau mit stark schwankenden Sr-Gehalten zu ermitteln.

#### 1.1. Abschätzung der Bildungsbedingungen

Zu Beginn ist es nötig, eine grobe Abschätzung der bei der Bildung herrschenden Parameter (Druck, Temperatur usw.) vorzunehmen. Dabei soll nur zwischen den tiefstthermalen Baryten und Coelestinen des Jura und den höher temperierten Bildungen der Alpen unterschieden werden.

Die *Bildungstemperatur* alpiner Baryte kann aus der Homogenisierungstemperatur von Flüssigkeitseinschlüssen abgeschätzt werden. Aus der gegenseitigen Verwachsung folgt, dass alle untersuchten Baryte *nach* der Quarzkristallisation, also bei tieferer Temperatur als dieser, gebildet wurden. Für Quarze aus der Schweiz wurden folgende Homogenisierungstemperaturen gemessen:

|            |               |                 |
|------------|---------------|-----------------|
| 180–250° C | Val d'Illiez  | (MULLIS, 1976)  |
| 150–200° C | Grimselgebiet | (STALDER, 1964) |

An Flüssigkeitseinschlüssen in Baryten ausländischer Vorkommen wurden folgende Homogenisierungstemperaturen bestimmt:

|            |            |                             |
|------------|------------|-----------------------------|
| 150–200° C | Marokko    | (DIETRICH und GRITTI, 1972) |
| 130–180° C | New Mexico | (ROEDDER et al., 1968)      |
| 80–100° C  | Ruhrgebiet | (SEELIGER, 1952)            |

Es erscheint vernünftig, für alpine Baryte eine Bildungstemperatur von etwa 150° C anzunehmen. Im Jura betrug die Überdeckung je nach Gebiet und Schicht maximal 500–1000 m, was einer Temperatur von höchstens 50° C entspricht.

Die Abschätzung der *Bildungsdrucke* ist bereits schwieriger. MULLIS (1976) bestimmte an Flüssigkeitseinschlüssen von Quarzen aus dem Val d'Illiez Drucke zwischen 1800 und 500 bar. STALDER (1964) nimmt für Zerrklüfte aus dem Grimselgebiet einen Druck an, der in der Größenordnung des hydrostatischen

Druckes von 300 bar liegt. Nach POTY et al. (1974) soll dieser Druck allerdings etwa 2800 bar betragen.

Die Baryte sind nach dem Quarz, somit bei eher niedrigerem Druck kristallisiert. Der Bildungsdruck dürfte damit in der Größenordnung von 1000 bar und weniger liegen. Im Jura kann bei der oben angegebenen Überdeckung mit einem maximalen Bildungsdruck von 50–100 bar gerechnet werden.

Weiter ist der *Salzgehalt* der Mutterlösung von Bedeutung. Nach den Angaben von GUNDLACH et al. (1972) handelt es sich vorwiegend um  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -haltige Lösungen in einer Konzentration von ca. 2 molarem  $\text{NaCl}$  (ca. 12%  $\text{NaCl}$ ). In Einschlüssen in Quarzen aus den Alpen wurden folgende Salzgehalte bestimmt:

|                      |                         |                          |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 5–12 % $\text{NaCl}$ | Gotthard- und Aarmassiv | (POTY und STALDER, 1970) |
| 1–3,5% $\text{NaCl}$ | Val d'Illiez            | (MULLIS, 1976)           |

Es kann mit einem Salzgehalt der Mutterlösungen von rund 1 molarem  $\text{NaCl}$  (ca. 6%  $\text{NaCl}$ ) gerechnet werden.

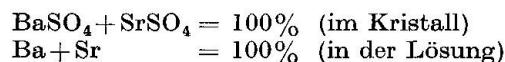
## 1.2. Experimentelle Untersuchungen

Zur Interpretation der Untersuchungsergebnisse muss bekannt sein, welchen Einfluss Druck, Temperatur und die Zusammensetzung der Lösung auf das  $\text{Sr} : \text{Ba}$ -Verhältnis im entstehenden Kristall ausüben. Derartige Untersuchungen wurden von STARKE (1964) durch Ausfällen von  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  aus wässrigen Lösungen durch Zugabe einer konstanten Menge Sulfat durchgeführt; seine Ergebnisse werden im folgenden besprochen. Von verschiedenen Autoren wurden die Löslichkeiten von Baryt, Coelestin und Sr-haltigem Baryt gemessen (z. B. STRÜBEL, 1966, 1967; GUNDLACH, STOPPEL und STRÜBEL, 1972). Wie KRITOSTAKIS (1974) bemerkte, können diese Daten nur beschränkt für genetische Überlegungen verwendet werden, weil sie nur für Systeme mit stöchiometrischen Verhältnissen von  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  gültig sind.

Den *Einfluss des  $\text{Sr} : \text{Ba}$ -Verhältnisses* der Mutterlösung auf den Sr-Einbau im Mischkristall zeigt Tabelle VI für  $T = 50^\circ \text{C}$  (Modell Jura) und  $T = 150^\circ \text{C}$  (Modell Alpen). Entsprechend den stark verschiedenen Löslichkeitsprodukten von  $\text{BaSO}_4$  und  $\text{SrSO}_4$  ist das  $\text{Sr} : \text{Ba}$ -Verhältnis im Kristall bedeutend kleiner als in der Lösung. Sr-haltige Baryte bilden sich nur aus Lösungen mit hohem  $\text{Sr} : \text{Ba}$ -Verhältnis, und Coelestin kann nur aus praktisch Ba-freier Lösung entstehen. Aus einer Lösung mit gleichem Sr- und Ba-Gehalt bildet sich zum Beispiel je nach Temperatur ein Kristall mit nur 5% bzw. 10%  $\text{SrSO}_4$ . Bei der Bildung von Sr-reichen Mischkristallen genügt bereits eine minimale Verschiebung im  $\text{Sr} : \text{Ba}$ -Verhältnis der Lösung, um eine starke Änderung im Sr-Gehalt des Kristalls zu erzeugen. Verkleinert sich zum Beispiel bei  $50^\circ \text{C}$  der Sr-Gehalt der Lösung nur um 5% von 99% auf 94% Sr, so nimmt der  $\text{SrSO}_4$ -Anteil im

Tabelle VI. Zusammenhang zwischen Sr-Einbau in  $(Ba, Sr)SO_4$  und Sr : Ba-Verhältnis der Lösung bei  $50^\circ C$  und  $150^\circ C$

Die Zahlenwerte wurden abgeleitet aus einer graphischen Darstellung von HANOR (1966), die auf den experimentellen Untersuchungen von STARKE (1964) beruht. Es gelten folgende Beziehungen:



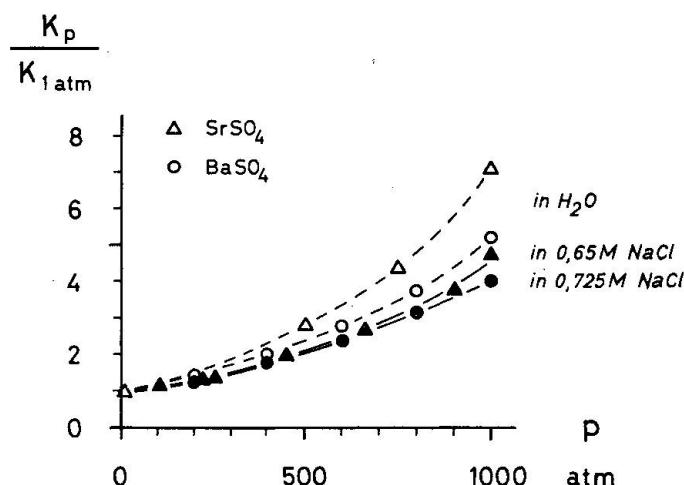
| % SrSO <sub>4</sub><br>im Kristall | % Sr in der Lösung |        | % SrSO <sub>4</sub><br>im Kristall | % Sr in der Lösung |        |
|------------------------------------|--------------------|--------|------------------------------------|--------------------|--------|
|                                    | 50° C              | 150° C |                                    | 50° C              | 150° C |
| 0,1%                               | 5%                 | 2%     | 10%                                | 75%                | 48%    |
| 1                                  | 15                 | 7      | 20                                 | 85                 | 68     |
| 2                                  | 25                 | 13     | 30                                 | 92                 | 77     |
| 3                                  | 35                 | 20     | 40                                 | 94                 | 85     |
| 4                                  | 45                 | 25     | 50                                 | 95                 | 91     |
| 5                                  | 55                 | 30     | 60                                 | 97                 | 95     |
| 6                                  | 60                 | 35     | 70                                 | 97,5               | 97     |
| 7                                  | 63                 | 40     | 80                                 | 98                 | 98     |
| 8                                  | 66                 | 43     | 90                                 | 99                 | 99     |
| 9                                  | 70                 | 46     |                                    |                    |        |

Kristall um 50% von 90% auf 40% SrSO<sub>4</sub> ab! Umgekehrt muss Sr : Ba der Lösung stark ändern, um einen merkbaren Einfluss im Sr-Gehalt eines Baryts zu erzeugen.

Nach STARKE (1964) führen die *Anwesenheit von NaCl* ebenso wie eine *Erniedrigung des pH* zu geringerem Sr-Einbau, d. h. sie führen zu noch extremeren Werten als in Tabelle VI angegeben.

Über den *Einfluss des Druckes* auf den Sr-Einbau liegen bisher keine Untersuchungsdaten vor. Aus der Druckabhängigkeit der Löslichkeiten von Baryt und Coelestin soll deshalb der Einfluss des Drucks abgeschätzt werden. In Fig. 45 ist die relative Zunahme des Löslichkeitsproduktes (bezogen auf den Wert bei 1 atm) für BaSO<sub>4</sub> und SrSO<sub>4</sub> dargestellt. In rein wässrigen Systemen zeigt SrSO<sub>4</sub> bei steigendem Druck eine stärkere Löslichkeitszunahme als BaSO<sub>4</sub>. In salzhaltiger Lösung dagegen zeigen BaSO<sub>4</sub> und SrSO<sub>4</sub> weitgehend die gleiche Löslichkeitszunahme. Ein Unterschied wird erst oberhalb 800 bar bemerkbar,

Fig. 45. Einfluss des Druckes auf die Löslichkeit von Baryt und Coelestin. Dargestellt ist die relative Zunahme des Löslichkeitsproduktes  $K_p$ , bezogen auf den Wert  $K_{1\text{atm}}$  bei 1 atm, für BaSO<sub>4</sub> und SrSO<sub>4</sub> in reinem H<sub>2</sub>O (leere Symbole) bzw. in NaCl-Lösung (ausgefüllte Symbole). Die Angaben für BaSO<sub>4</sub> basieren auf Berechnungen von PUCHELT (1967), die Werte für SrSO<sub>4</sub> wurden aus den experimentellen Daten von NORTH (1974) berechnet



und es ist denkbar, dass sich bei höheren Salzgehalten dieser Unterschied erst bei noch höheren Drucken auszuwirken beginnt. Weil der Sr-Einbau vom *Verhältnis* der Löslichkeiten von Baryt und Coelestin abhängt und sich dieses Verhältnis nach Fig. 45 bei Drucken unterhalb ca. 800 bar nicht ändert, darf angenommen werden, dass der Druck bei der Mineralbildung auf das Sr/Ba-Verhältnis im Kristall keinen wesentlichen Einfluss ausgeübt hat. HANOR (1966) kommt auf Grund einer Abschätzung der partiellen Molvolumina auf das gleiche Resultat; er vermutet, dass allenfalls eine Druckerhöhung einen verstärkten Sr-Einbau bewirken könnte.

Welche Effekte Drucke von 2–3 kbar bewirken, ist nicht bekannt; es ist denkbar, dass hier Einflüsse auf den Sr-Einbau möglich sind.

Der *Einfluss der Temperatur* auf den Sr-Einbau kann aus den Experimenten von STARKE (1964) abgeleitet werden. Generell gilt: bei höherer Temperatur wird mehr Sr im Mischkristall eingebaut. Je nach Sr : Ba-Verhältnis der Lösung ist der Einfluss einer Temperaturänderung verschieden: die grössten Verschiebungen im Sr-Gehalt eines Kristalls treten bei hohem Sr : Ba in der Lösung ein.

Im Kapitel Zonarbau wurde gezeigt, dass in Baryten recht häufig Änderungen im  $\text{SrSO}_4$ -Gehalt von 5% und mehr vorkommen. Anhand von drei Beispielen soll gezeigt werden, welche Temperaturänderungen nötig sind, um eine Gehaltsänderung in einem Kristall von 5%  $\text{SrSO}_4$  zu erzeugen.

*Baryt mit 5%  $\text{SrSO}_4$ :*

|                           |                                  |                |
|---------------------------|----------------------------------|----------------|
| Temperatur der Lösung     | $T = 150^\circ \text{ C}$        | (Modell Alpen) |
| Nötige Temperaturänderung | $\Delta T = 100^\circ \text{ C}$ |                |
| Temperatur der Lösung     | $T = 50^\circ \text{ C}$         | (Modell Jura)  |
| Nötige Temperaturänderung | $\Delta T = 50^\circ \text{ C}$  |                |

*Coelestin mit 95%  $\text{SrSO}_4$ :*

|                           |                                 |               |
|---------------------------|---------------------------------|---------------|
| Temperatur der Lösung     | $T = 50^\circ \text{ C}$        | (Modell Jura) |
| Nötige Temperaturänderung | $\Delta T = 10^\circ \text{ C}$ |               |

Die Werte zeigen, dass der Sr-Einbau bei Baryten recht wenig von der Temperatur beeinflusst wird. Obwohl die Temperatur der Lösung im alpinen Bereich sicher von Einfluss war, können die grossen Unterschiede im Sr-Gehalt zonargebauter Kristalle nicht allein auf dem Einfluss von Temperaturschwankungen beruhen. Das Auftreten zonargebauter Baryte im Jura, wo keine merklichen Temperaturschwankungen zu erwarten sind, zeigt ebenfalls, dass andere Einflüsse wirksam waren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nach den bisherigen experimentellen Untersuchungen vor allem das Sr : Ba-Verhältnis der Lösung sowie in kleinerem Mass die Temperatur den Sr-Gehalt der Mischkristalle bestimmen. Bei Baryten aus alpinen Vorkommen ist es zudem denkbar, dass auch Druckänderungen einen gewissen Einfluss ausgeübt haben.

Von STARKE (1964) wurden auch einige Messungen über den Einbau von Ca und Pb in Baryt durchgeführt. Die Löslichkeit der Sulfate ist abnehmend in folgender Reihenfolge:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ . Entsprechend diesen Löslichkeiten sind für Ca bedeutend grössere, für Pb kleinere relative Konzentrationen der Lösung nötig als für Sr, um einen bestimmten Gehalt im Baryt zu erzeugen.

Über den Einbau von Ca und Pb in Mischkristallen  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  sind keine experimentellen Daten bekannt. TAKANO und WATANUKI (1972) fanden in Pb-reichen Baryten Japans höhere Sr- und Ca-Gehalte als in Baryten mit niedrigerem Pb-Gehalt.

## 2. Baryt, Coelestin und ihre Mischkristalle aus unmetamorphen Sedimenten des Jura

Anhand von zwei typischen Beispielen von Proben aus dem Jura soll versucht werden, eine Interpretation der Resultate zu geben.

Das erste Beispiel behandelt eine Probe aus dem Opalinuston von *Seewen* (Fundstelle Nr. 13). Auf bläulichem, leistenförmigem Barytocoelestin (1. Generation) sind rötliche, kugelige Aggregate aus faserigem Barytocoelestin (2. Generation) aufgewachsen; aus der gegenseitigen Verwachsung ist eine eindeutige

Fig. 46a. Häufigkeitsverteilung der Sr-Gehalte der Probe Ho 2 von Seewen (Fundstelle Nr. 13). Es sind die Werte aller einzelnen RMS-Punktanalysen eingezeichnet.  $n = 150$ .

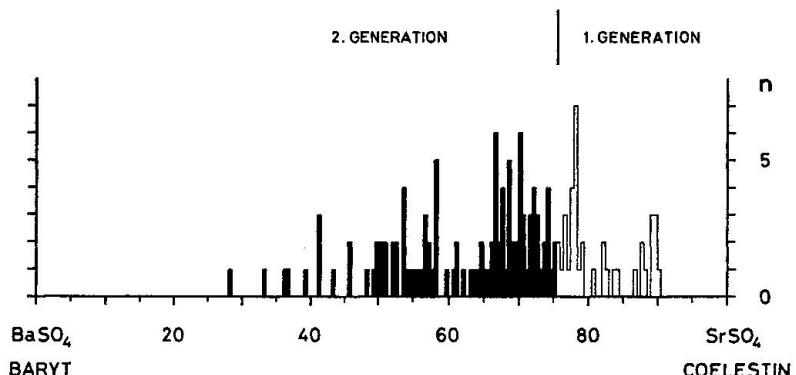
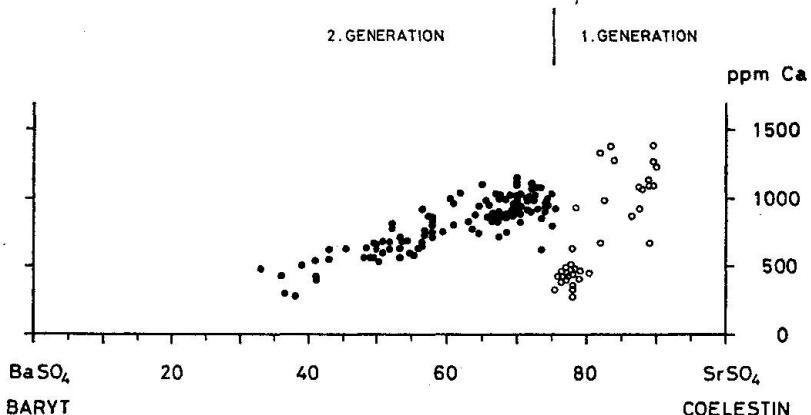


Fig. 46b. Ca-Gehalt, dargestellt in Abhängigkeit vom Sr-Gehalt, der Probe Ho 2 von Seewen (Fundstelle Nr. 13).



Altersabfolge gegeben. Fig. 46a zeigt, dass der Sr-Gehalt von der ersten zur zweiten Generation abnimmt und dass er über einen grossen Bereich variiert. Der Ca-Gehalt nimmt im allgemeinen mit sinkendem Sr-Gehalt ab (Fig. 46b). Zwischen erster und zweiter Generation tritt aber eine sprunghafte Änderung in der Abfolge ein; so wurden zum Beispiel bei gleichem Sr-Gehalt (75%  $\text{SrSO}_4$ ) stark verschiedene Ca-Mengen eingebaut. Das heisst, dass während der zweiten Generation ein höheres Ca-Angebot herrschte als zur Zeit der ersten, das einen verstärkten Ca-Einbau bewirkte. Es wäre zum Beispiel denkbar, dass die Bildung der beiden Generationen zeitlich weit auseinanderlag und dass dadurch die Zusammensetzung der Lösung verschieden war.

Besonders interessantes Material hat die Fundstelle Nr. 8, *Unter Erlimoos*, geliefert; hier kommen verschiedene Baryttypen, Colestobaryt, Barytocoelestin und Coelestin nebeneinander vor! Die Fundstelle wurde im Kapitel II eingehend beschrieben. Aus der gegenseitigen Verwachsung lässt sich die Altersabfolge Coelestin – Barytocoelestin – Colestobaryt ableiten; die Bildung des Baryts lässt sich zeitlich nicht festlegen. In Fig. 47 sind die Analysenresultate dieser zeitlichen Abfolge entsprechend von oben nach unten angeordnet. Der Sr-Gehalt schwankt stark innerhalb der einzelnen Proben; abgesehen vom Bereich 30–70%  $\text{SrSO}_4$  sind alle Sr-Gehalte vertreten. Der Ca-Gehalt variiert ebenfalls über einen grossen Bereich (0–2000 ppm Ca). Zu Beginn, bei der Coelestinbildung, wurde nur wenig Ca eingebaut. Dies röhrt vermutlich daher, dass der Coelestin dem Calcit eingewachsen ist, also teilweise noch während des Calcitwachstums gebildet wurde, das den Ca-Einbau in den Coelestin beeinträchtigte. Der Barytocoelestin enthält hohe Ca-Gehalte, die gemeinsam mit dem Sr-Gehalt abnehmen. Im Colestobaryt und ebenso im gelben, dicktafeligen Baryt (unterste Probe) ist mit der RMS bereits kein Ca mehr nachweisbar. Neben diesen Mischkristallen mit vollkommen ungeordneter Sr-Verteilung kommen an der gleichen Fundstelle auch dünntafelige, bläuliche Baryte vor, in denen der Sr-Gehalt zonenweise variiert. Sie besitzen einen sehr hohen Ca-Gehalt im Kristallinnern (über 2000 ppm Ca), während die Randzone praktisch Ca-frei ist (vgl. Fig. 40). Die geordnete Sr-Verteilung und der hohe Ca-Gehalt unterscheiden diesen blauen, dünntafeligen Baryt auch chemisch stark vom gelben, dicktafeligen Baryt und zeigen, dass die beiden Baryttypen bei unterschiedlichen Bildungsbedingungen entstanden sind.

---

Fig. 47. Sr- und Ca-Gehalte von sechs Proben der Fundstelle Nr. 8: Unter Erlimoos. Links sind die Häufigkeitsverteilungen der Sr-Gehalte, rechts die Ca-Gehalte in Abhängigkeit vom Sr-Gehalt dargestellt. Die Proben sind entsprechend der gefundenen Altersabfolge Coelestin – Barytocoelestin – Colestobaryt von oben nach unten angeordnet; die Bildung des gelben, dicktafeligen Baryts (unterste Probe) lässt sich zeitlich nicht festlegen. Es sind die Analysenresultate folgender Proben dargestellt (von oben nach unten): Ho 8.2, AB 1615, Ho 1.5, Ho 1.4, Ho 8.1, Ho 18. Ebenfalls von dieser Fundstelle stammt der in Fig. 40 dargestellte, zonargebaute Baryt.

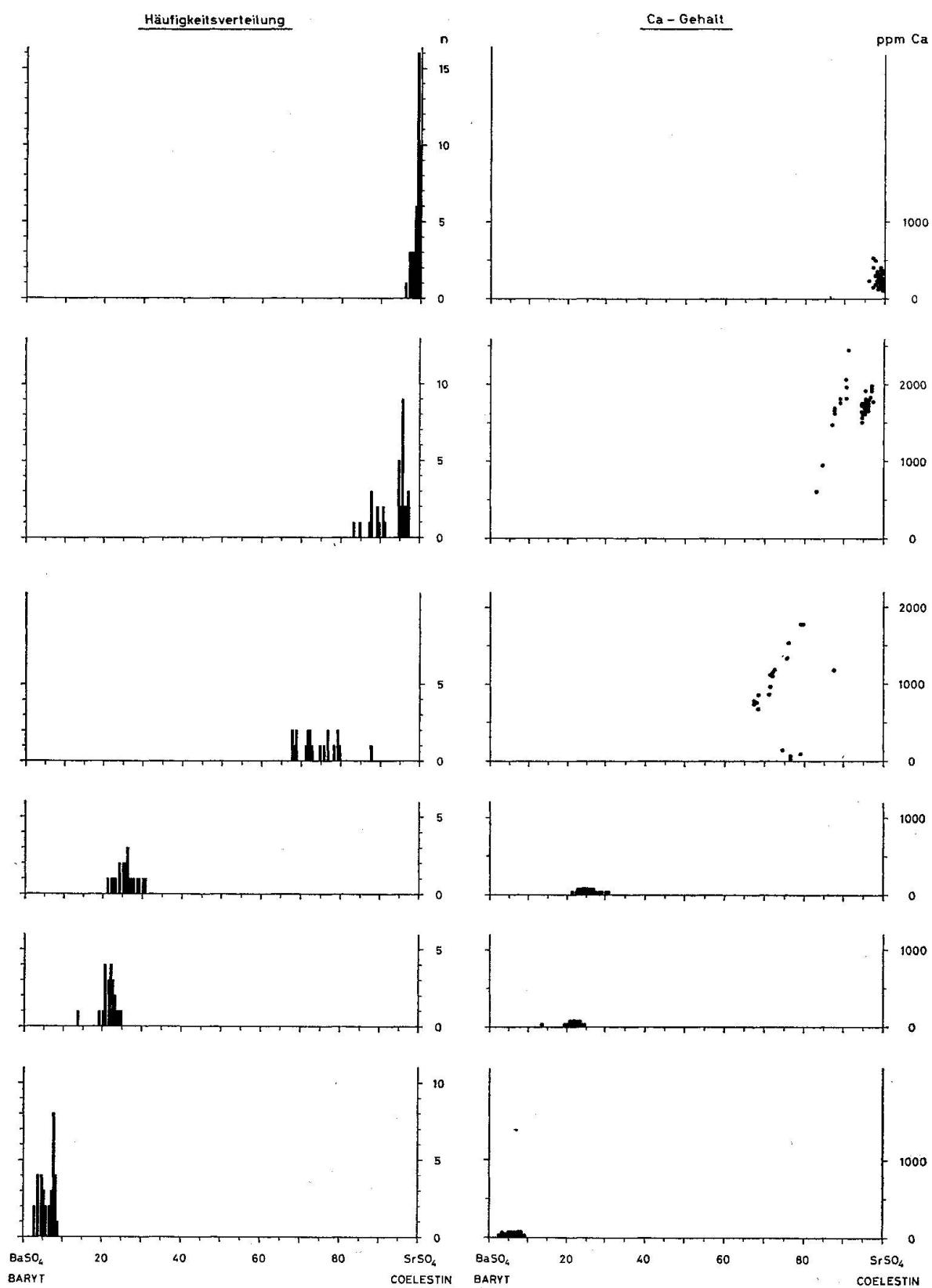


Fig. 47.

Es ist kein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen Ca- und Sr-Gehalt der Kristalle im Jura feststellbar. In Kristallen mit variablem Sr-Gehalt zeigen Sr und Ca normalerweise ein gleichförmiges Verhalten (vgl. Fig. 47). Es wird aber auch das umgekehrte Verhalten angetroffen (vgl. Fig. 48). Ebenfalls möglich sind abrupte Änderungen im Ca-Gehalt bei zonaren Kristallen (vgl. Fig. 40) oder zwischen verschiedenen Generationen (vgl. Fig. 46). Es scheint sich vorwiegend um eine Frage des Angebots zu handeln, wobei wegen der geochemischen Verwandtschaft von  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ca}^{2+}$  das gleichförmige Verhalten überwiegt: Baryte und Colestobaryte enthalten im Gegensatz zu Coelestin und Barytocoelestin gewöhnlich nur sehr wenig Ca.

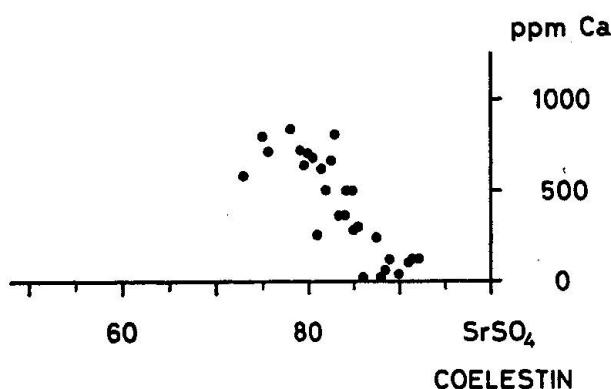


Fig. 48. Ca-Gehalt, dargestellt in Abhängigkeit vom Sr-Gehalt, der Probe AB 1355 von der Staffelegg (Fundstelle Nr. 12). Bestimmt mit RMS-Punktanalysen.

Die Beispiele der Fundstellen Seewen und Unter Erlimoos zeigen, in Übereinstimmung mit anderen Fundstellen im Jura, dass im allgemeinen zuerst die Sr-reichsten Glieder gebildet wurden, gefolgt von Sr-ärmeren Mischkristallen. Diese Abfolge ist die Umkehrung dessen, was man bei der Kristallisation einer abgeschlossenen Lösung erwartet: Weil Ba im entstehenden Kristall angereichert wird, verarmt die Lösung mehr und mehr an Ba und bildet im weiteren Verlauf Sr-reichere Kristalle. Das bedeutet, dass es sich im Jura um offene Systeme handelte, in denen das Sr : Ba-Verhältnis von aussen geändert werden konnte.

Wie im Kapitel 1.2. beschrieben, müssen Lösungen, aus denen Coelestin und Barytocoelestin entstehen können, ein Sr : Ba-Verhältnis von etwa 100 : 1 besitzen. Nach den Daten von PUCHELT (1967) zeigen recht häufig rezente Quellwässer aus Karbonatgesteinen eine derartige Zusammensetzung. Schon kleine Schwankungen im Sr : Ba-Verhältnis während der Kristallisation genügen, um starke Veränderungen im Sr-Gehalt der Kristalle zu erzeugen; das erklärt die variablen Zusammensetzungen der Barytocoelestine im Jura.

Mengenmäßig wurde im Jura bedeutend mehr Coelestin als Baryt gebildet, entsprechend dem hohen Sr : Ba-Verhältnis der Lösungen. Große, kilogrammschwere Coelestinaggregate zeigen, dass große Sr-Mengen abgesetzt wurden.

### *Herkunft von Sr und Ba*

In primär gebildeten Karbonaten wird ein Teil des Ca durch Sr isomorph ersetzt. Nach USDOWSKI (1973, 1974) wird bei der Umwandlung Aragonit → Calcit sowie bei der Rekristallisation von Calcit Sr frei, das an die Porenwässer abgegeben wird. Diese Vorgänge waren im Jura in grossem Massstab wirksam, so dass grosse Sr-Mengen in die Porenlösungen gelangten. Sobald sich diese mit sulfathaltigen Lösungen vermischten, konnte Coelestin auskristallisieren. Das Sulfat kann aus Gips- und Anhydritschichten sowie von der Oxidation von Sulfiden (Pyrit, Markasit) herstammen.

Demgegenüber sind die Ba-Gehalte der Karbonate sehr gering; daher zeigen diese Lösungen ein hohes Sr : Ba-Verhältnis. Nach PUCHELT (1967) ist in Karbonaten das Sr : Ba-Verhältnis häufig grösser als 10 : 1, in Tongesteinen dagegen etwa 1 : 2 oder kleiner. Je nach ihrer Herkunft konnten somit die Lösungen unterschiedliche Ba-Mengen aufnehmen und so die verschiedenen  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristalle bilden.

### **3. Baryt, Coelestin und ihre Mischkristalle aus metamorphen Gesteinen der Alpen**

Wie die detaillierte Untersuchung verschiedener Barytvorkommen gezeigt hat (vgl. Kapitel II), sind die in alpinen Zerrklüften gebildeten Barytkristalle grösstenteils aus der Umlagerung herzynischer Vererzungen entstanden. Im Gefolge der herzynischen Gebirgsbildung wurden im Alpenraum zahlreiche spät-hydrothermale Pb-Zn-Vererzungen gebildet, die im wesentlichen Bleiglanz, Zinkblende, Fluorit und Baryt umfassten. Analoge Vererzungen entstanden im Südtessin, im Schwarzwald und den Vogesen, sind aber hier von den alpinen Ereignissen unbeeinflusst geblieben.

Während der alpinen Gebirgsbildung wurden diese Vererzungen samt ihrem Nebengestein kräftig umgewandelt. Barytgänge dienten vielfach als Bewegungshorizonte; sie wurden gefaltet und auseinandergerissen. Durch die Einwirkung hydrothermaler Lösungen wurden Baryt und andere Mineralien (z. B. Bleiglanz) teilweise gelöst und in einiger Entfernung in Klüften wieder ausgeschieden. Dabei konnten die Lösungen auch Stoffe aus dem Nebengestein aufnehmen, die bei der Kristallisation im Baryt eingebaut wurden. So zeigten die Untersuchungen von GRAESER (1971), dass Kluftbleiglanze an radiogenem Blei angereichert sind, das aus dem Nebengestein stammt.

Dementsprechend besitzen Baryte aus metamorphem Dolomit hohe Ca- und Mg-Gehalte. Verglichen mit unmetamorphen Baryten enthalten Baryte aus metamorphen kristallinen Gesteinen höhere Sr-Gehalte. Das Sr muss auch hier aus dem Nebengestein stammen; möglicherweise handelt es sich um radiogenes Sr, das relativ leicht aus den Mineralien herausgelöst wird. Entsprechend dem

tieferen Sr-Gehalt von Dolomit (vgl. Tabelle VII) enthalten Baryte aus dem Dolomit niedrigere Sr-Gehalte als Baryte aus kristallinen Gesteinen. Abgesehen von hohen Sr-Gehalten besitzen letztere sehr tiefe Spurengehalte; die Umkristallisation wirkte quasi als Reinigungsprozess.

Tabelle VII. *Mittlere Sr-Gehalte in verschiedenen Gesteinstypen*

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Magmatische Gesteine | 350 ppm Sr (Durchschnittswert) |
| 2. Dolomite             | 180 ppm Sr                     |
| 3. Kalke                | 450 ppm Sr                     |

Nach USDOWSKI (1973) und PUCHELT (1967).

Gerade umgekehrt zu den Verhältnissen im Jura liegt hier das Schwergewicht stark auf der Seite des Baryts; Coelestin wird nur an wenigen Stellen im Dolomit gefunden. Das entspricht den Angaben von GUNDLACH (1959), dass auf hydrothermalen Lagerstätten Sr : Ba zwischen 1 : 10 und 1 : 100 beträgt.

Für Baryte aus metamorphen Gesteinen ist ein zonarer Aufbau typisch. Viele Baryte und Colestobaryte sind von einer weissen, trüben Randschicht umgeben, andere besitzen im Innern durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübte Zonen. Damit verbunden sind starke, teilweise abrupte Änderungen im Sr- und Ca-Gehalt. Diese Erscheinungen zeigen, dass das Wachstum der Kristalle nicht kontinuierlich, sondern unter sich ändernden Bedingungen stattfand. Es können zum Teil *mehrere Wachstumsphasen* unterschieden werden; es ist denkbar, dass diese Phasen durch Unterbrüche im Wachstum voneinander getrennt sind und damit zeitlich weit auseinanderliegen können.

Theoretische Überlegungen (Kapitel 1.2.) zeigen, dass für diese Unterschiede am ehesten Änderungen der Temperatur und vor allem der Zusammensetzung der Lösung verantwortlich sind. In Abhängigkeit von ihrem Transportweg durch das Nebengestein sind die Lösungen verschieden zusammengesetzt; durch tektonische Vorgänge können diese Bedingungen geändert werden und so zu einer Änderung der Kristallzusammensetzung führen. Die Änderungen der Lösungszusammensetzung werden zusätzlich vom Temperaturgeschehen überlagert. Es müssen aber – wie oben bemerkt – recht starke Temperaturänderungen eintreten, damit sich der Sr-Gehalt eines Baryts merklich verändert. Immerhin scheint es naheliegend, anzunehmen, dass die generelle Abnahme des Sr-Gehaltes in Baryten und Colestobaryten gegen den Kristallrand zu mit dem Absinken der Temperatur gegen Ende der Kristallisation zusammenhängt.

Aber erst detaillierte Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen sowie Sr-Isotopenbestimmungen können hier endgültig Klarheit schaffen.

Zum Schluss wird an zwei Beispielen gezeigt, welcher Bildungsverlauf aus den bisherigen Resultaten abgeleitet werden kann.

In der *Cavradiischlucht* (Fundstelle Nr. 66) wird Colestobaryt mit 15% bis 30%  $\text{SrSO}_4$  und hohem Pb-Gehalt, zusammen mit Strontianit, in grossen Kri-

stallen ( $3 \times 4$  cm) gefunden. Schmale gangförmige Baryteinlagerungen im Gneis beweisen die Herkunft des Baryts aus einem alpin umgewandelten Barytgang. Die Hydrothermallösungen besaßen offenbar ein hohes Sr/Ba-Verhältnis, das die Bildung Sr-reicher Coelestobaryte erlaubte. Der Einbau der ungewöhnlich hohen Pb-Gehalte (1000–2000 ppm Pb) zeigt, dass ein relativ hohes Redoxpotential wirksam war, was durch die Anwesenheit von viel Hämatit bestätigt wird; im andern Fall wäre der Pb-Einbau durch die Bildung von Bleiglanz verhindert worden. Dieser Befund wird durch den vor kurzem erfolgten Nachweis von Anglesit in der Cavradischlucht bestätigt.

Wie die Beschreibung im Kapitel Zonarbau zeigt, sind die Coelestobaryte von einer dünnen, Sr-ärmeren Randschicht mit aufgewachsenem Strontianit umgeben. Gegen Ende des Barytwachstums vergrösserte sich das Karbonat/Sulfat-Verhältnis (z. B. durch  $\text{CO}_2$ -Zufuhr), das Löslichkeitsprodukt für  $\text{SrCO}_3$  wurde überschritten und Strontianit begann auszukristallisieren. Der Sr-Einbau im Baryt wurde dadurch beeinträchtigt, und es bildete sich die deutlich Sr-ärmere Randschicht.

Das zweite Beispiel behandelt die Baryte vom *Lengenbach* (Fundstelle Nr. 34), wo auf engem Raum nebeneinander mehrere, wesentlich verschiedene Baryttypen vorkommen. Eingehende RMS-Untersuchungen (vgl. auch Kapitel Zonarbau) zeigten, dass alle diese Typen zonar aufgebaut sind. In Fig. 50 sind die Resultate der RMS-Analysen als Konzentrationsprofile dargestellt. Die verschiedenen Baryttypen sind entsprechend ihrem zonenweisen Vorkommen von Norden nach Süden angeordnet; Fig. 49 zeigt die Herkunft der Proben innerhalb der Grube (das Vorkommen wurde im Kapitel II ausführlich beschrieben).

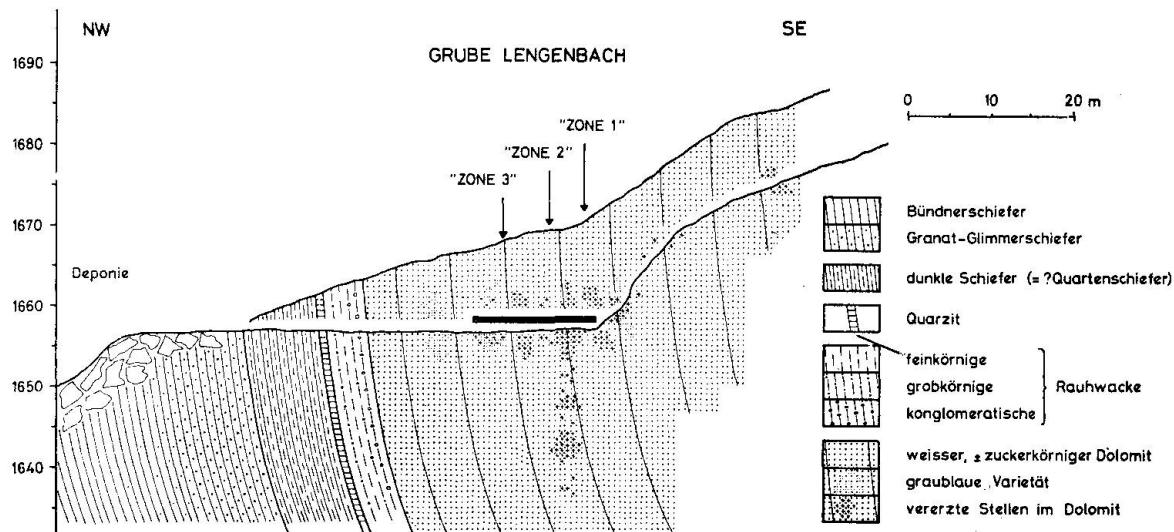


Fig. 49. Profil durch die Grube Lengenbach (Fundstelle Nr. 34), nach GRAESER (1975). Mit einer horizontalen Linie ist angegeben, aus welchem Teil des Aufschlusses die untersuchten Proben herstammen

## Norden

sichtbarer Zonarbau (Einschlüsse)

c (001) vorherrschend

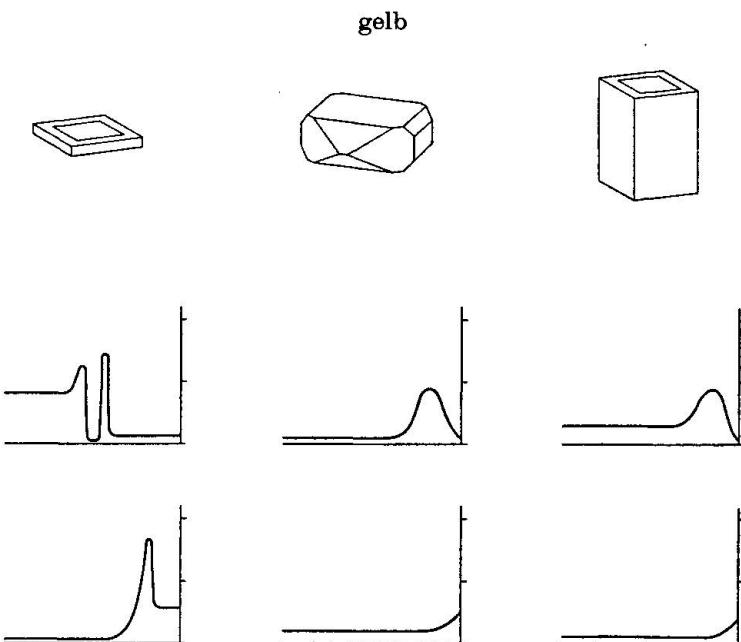
typische Begleitminerale:

Turmalin

stengeliger Rutil (rot)

keine Sulfosalze

Fig. 50. Zusammenstellung der Analysenresultate der Baryte vom Lengenbach (Fundstelle Nr. 34). Es werden sieben Kristalltypen unterschieden, die entsprechend ihrem zonenweisen Vorkommen von Norden nach Süden angeordnet sind. Unter jeder Kristallzeichnung sind die mit der RMS gemessenen Konzentrationsprofile für Sr und darunter für Ca dargestellt. Sie zeigen jeweils von links nach rechts den Konzentrationsverlauf vom Kern zum Rand des betreffenden Kristalls. Es sind die Daten folgender Proben dargestellt (von links nach rechts): AB 1382/1383 (vgl. Fig. 39), AB 1371, AB 822/L 2215, AB 140, AB 1148, AB 1073 (vgl. Fig. 38), AB 821.



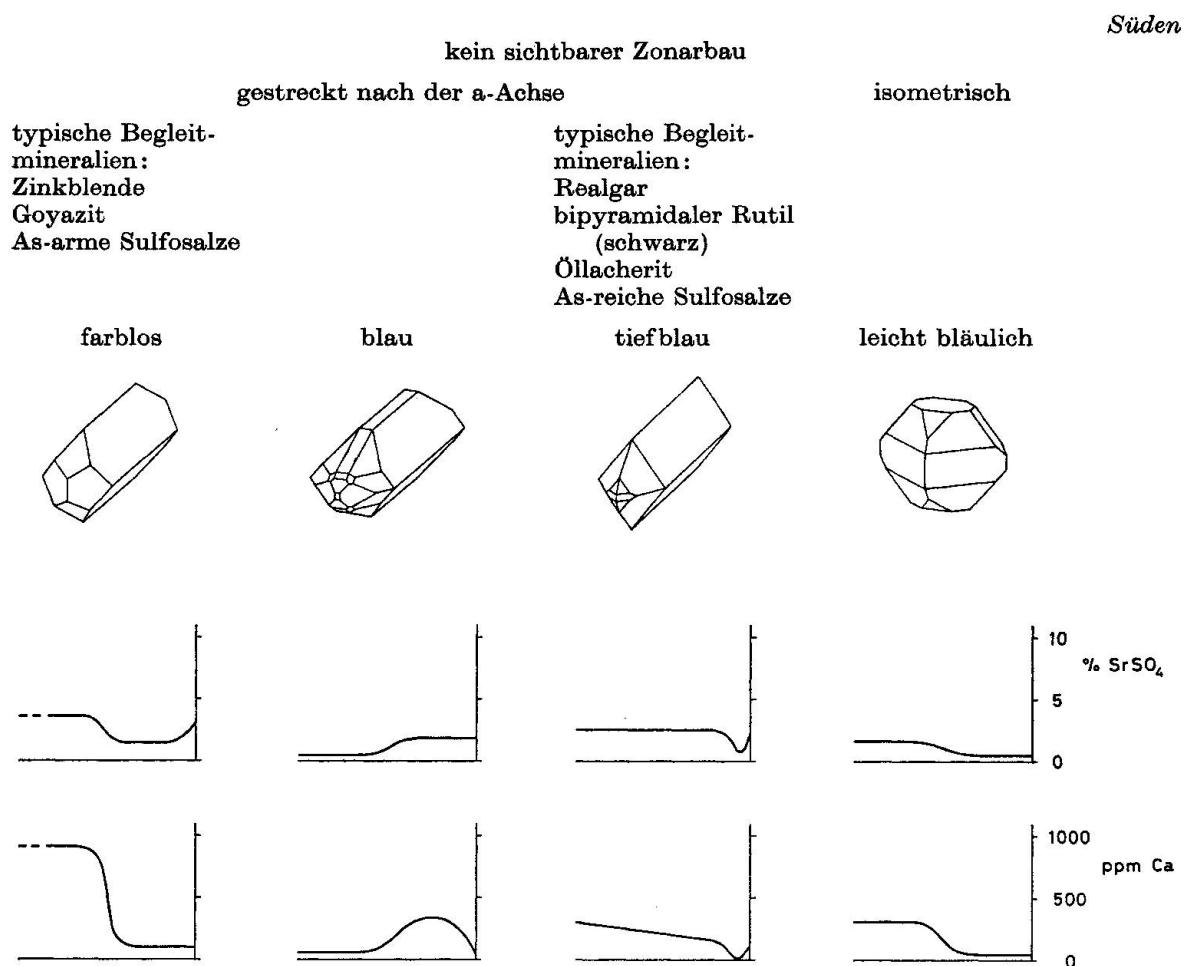
Vergleicht man die Konzentrationsprofile der einzelnen Baryttypen, d. h. den zeitlichen Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte, so treten charakteristische Unterschiede hervor. Bei den Baryten im Norden variieren Sr- und Ca-Gehalt *unabhängig* voneinander. Alle drei Typen zeigen einen Sr-Anstieg bei gleichbleibendem Ca-Wert; der Ca-Gehalt steigt erst nach Erreichen des Sr-Maximums an.

Im Gegensatz dazu zeigen die nach der a-Achse gestreckten Kristalle aus dem südlichen Teil der Grube ein *gleichförmiges* Verhalten von Sr und Ca.

Der Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte zeigt damit überraschend deutlich die Aufteilung in zwei Gruppen, die auch morphologisch stark voneinander verschieden sind und sich ebenso in ihren Begleitmineralien deutlich unterscheiden.

Im folgenden soll versucht werden, die beobachteten Erscheinungen zu deuten.

Die verschiedenen Baryttypen kommen in schmalen Zonen auf engem Raum nebeneinander vor (die Länge des Profils beträgt ca. 15 m). Man kann deshalb annehmen, dass sie aus derselben Lösung gebildet wurden. Aus dem unterschiedlichen Verlauf der Sr- und Ca-Gehalte folgt, dass grosse Unterschiede in der Zusammensetzung der Lösung vorhanden waren, aus der die einzelnen



Baryttypen kristallisierten. Es herrschten somit starke Konzentrationsgefälle innerhalb der Lagerstätte, was durch die unterschiedlichen Begleitmineralien sowie durch die Verteilung der As-Gehalte der Sulfosalze (GRAESER, 1965) bestätigt wird. Dieses Konzentrationsgefälle wurde durch eine Stoffzufuhr aus den südlichen Gneisen erzeugt, wie sie von GRAESER (1968) mit Hilfe von Isotopenuntersuchungen nachgewiesen werden konnte. Ihr Einfluss wurde vermutlich noch durch die von Norden her einsetzende Abkühlung des Gesteinskörpers verstärkt.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

Die chemischen Untersuchungen von insgesamt 130 Proben zeigen, dass Baryt und Coelestin häufig grössere Gehalte an Sr bzw. Ba enthalten und somit eigentliche Mischkristalle  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  darstellen. Gehalte bis 30%  $\text{SrSO}_4$  in Baryt bzw. 30%  $\text{BaSO}_4$  in Coelestin sind keine Seltenheit, und es wird vorgeschla-

gen, derartige Mischkristalle als Coelestobaryte (10–49,9 Mol-%  $\text{SrSO}_4$ -Gehalt) bzw. Barytocoelostine (50–89,9 Mol-%  $\text{SrSO}_4$ -Gehalt) zu bezeichnen. An Kristallen aus den unmetamorphen Sedimenten des Jura gelang es, zu zeigen, dass auch in der Natur sämtliche Mischungsverhältnisse zwischen Baryt und Coelestin auftreten können. Die (scheinbar) vorhandene Mischungslücke zwischen 30% und 70%  $\text{SrSO}_4$ -Gehalt wird durch das sehr seltene Auftreten dieser Zusammensetzungen vorgetäuscht.

Häufig wurde festgestellt, dass die Proben im Millimeter- bis  $\mu\text{m}$ -Bereich chemisch uneinheitlich aufgebaut sind. Kristalle aus dem Jura zeigen scheinbar regellos schwankende Sr- und Ca-Gehalte, daneben kommen aber auch Kristalle mit gesetzmässig angeordnetem, zonarem Aufbau vor. Derartige zonargebaute Baryte und Coelestobaryte sind für die alpinen Vorkommen typisch. Der Unterschied in der chemischen Zusammensetzung benachbarter Zonen kann 10%  $\text{SrSO}_4$  bzw. 2000 ppm Ca übersteigen; oft wechseln mehrere Zonen auf kleinem Raum miteinander ab. Häufig ist der chemische Zonarbau von einem optisch erkennbaren, zonenweisen Aufbau begleitet. Durch wechselnde Färbung oder schichtenweise angeordnete Einschlüsse werden alte Wachstumsstadien sichtbar.

Verschiedene Kristalle zeigen einen deutlichen Tracht- und Habituswechsel im Verlauf ihrer Entstehung, die Rückschlüsse auf das Kristallwachstum ermöglichen.

Die spektralanalytischen Bestimmungen der Spurenelemente zeigen einen deutlichen Einfluss des Nebengesteins. Baryte aus metamorphem Dolomit besitzen deutlich erhöhte Mg-Gehalte, und die Baryte aus dem Buntsandstein von Waldshut stechen durch ihre hohen Si-Gehalte hervor. Die höchsten Ca-Gehalte sind in Proben aus dem Jura und aus metamorphem Dolomit zu finden. Besonders spurenarm sind die blau gefärbten Sr-reichen Baryte und Coelestobaryte aus den Massiven. Es ist eine generelle Abnahme der Spurenelementgehalte gegen die Mitte der Mischungsreihe  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  feststellbar.

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Kristallmorphologien zeigt, dass tafelige, rhombenförmige Baryte und Coelestine am häufigsten sind und in allen Fundgebieten vorkommen. Die weitaus grösste Vielfalt bezüglich Tracht und Habitus zeigen die Baryte aus metamorphem Dolomit. Hier treten neben tafeligen und isometrischen Typen vorwiegend Kristalle auf, die nach einer der drei kristallographischen Achsen gestreckt sind. Für Barytocoelostin, der nur im Jura gefunden wurde, sind nach der b-Achse gestreckte, leistenförmige Kristalle typisch.

Die chemischen und röntgenographischen Untersuchungen ergaben, dass die Färbung der Baryte und Coelestine meistens durch feine Einschlüsse eines Fremdminerals hervorgerufen wird. Es zeigte sich, dass die oft lichtempfindliche, «coelestinblaue» Farbe ebenso häufig bei Baryt wie bei Coelestin vorkommt und somit keinesfalls als Unterscheidungsmerkmal dienen kann. Es

konnte kein Spurenelement gefunden werden, das eindeutig mit dieser Blaufärbung zusammenhängt.

Die optischen und röntgenographischen Messungen ergaben eine sehr gute Übereinstimmung mit den früher publizierten Daten künstlicher  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$ -Mischkristalle (BURKHARD, 1973). Während die Brechungsindizes  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$ ,  $n_\gamma$  relativ gleichförmig von Baryt zu Coelestin hin abnehmen, ändert sich der Achsenwinkel  $2V_\gamma$  stark und unter Ausbildung eines ausgeprägten Maximums in der Mitte der Mischungsreihe. Die Grösse von  $2V_\gamma$  eignet sich gut zur raschen Bestimmung des Sr-Gehaltes der Mischkristalle, wobei eventuell eingebaute Spurenelemente weitgehend ohne Einfluss sind. Ein Diagramm, das die Abhängigkeit der d-Werte von der Zusammensetzung der Mischkristalle zeigt, kann ebenfalls zur raschen Abschätzung des Sr-Gehaltes aus Röntgen-Pulveraufnahmen verwendet werden.

Feldbeobachtungen zeigen, dass die in alpinen Zerrklüften gebildeten Barytkristalle grösstenteils durch Umlagerung herzynischer Pb-Zn-Vererzungen mit Baryt als Gangart entstanden sind. Der Baryt wurde durch hydrothermale Lösungen mobilisiert und in Klüften wieder ausgeschieden. Beim Transport durch das Nebengestein wurden Stoffe gelöst, die später bei der Kristallisation im Baryt eingebaut wurden; so muss zumindest ein Teil des eingebauten Sr aus dem Nebengestein stammen. Theoretische Überlegungen, die vor allem auf den Experimenten von STARKE (1964) beruhen, führen zum Schluss, dass die starken Schwankungen im Sr-Gehalt zonarer Baryte auf Änderungen der Temperatur und vor allem der Lösungszusammensetzung während des Wachstums zurückzuführen sind. Im Gegensatz zu den alpinen Vorkommen wurde im Jura mengenmässig bedeutend mehr Coelestin als Baryt gebildet. Es sind im Jura alle Mischkristalle zwischen Baryt und Coelestin vorhanden; aus der gegenseitigen Verwachsung folgt, dass im allgemeinen zuerst die Sr-reichen Glieder gebildet wurden, für die ein hohes Sr : Ba-Verhältnis der Lösung nötig war. Das Sr dürfte der Rekristallisation von Calcit sowie der Umwandlung Aragonit  $\rightarrow$  Calcit entstammen, bei denen grosse Sr-Mengen an die Porenwässer abgegeben werden.

## ANHANG

### Kurze Beschreibung der untersuchten Mineralproben

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

|    |                   |
|----|-------------------|
| N  | = Nebengestein    |
| B  | = Baryt           |
| CB | = Coelestobaryt   |
| BC | = Barytocoelestin |

- C = Coelestin  
 M = Begleitmineralien  
 Bem = Bemerkungen  
 F = Finder  
 Lit = Literatur  
 LK = Landeskarte der Schweiz

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wurden für die Fundortangaben die Bezeichnungen der Landeskarte der Schweiz 1 : 25 000 verwendet (ebenfalls für benachbartes ausländisches Gebiet). Das entsprechende Kartenblatt ist jeweils hinter der Fundortbezeichnung angegeben. Auf eine Angabe der genauen Fundortkoordinaten musste verzichtet werden, um die Fundstellen vor rücksichtsloser Ausbeutung zu bewahren. Bei der Aufzählung der Begleitmineralien musste häufig eine Auswahl getroffen werden; aufgeführt sind die mengenmässig sowie paragenetisch wichtigen Mineralien. Für viele der beschriebenen Fundstellen sind zusätzliche Informationen enthalten in: R. L. Parker, Die Mineralfunde der Schweiz (STALDER et al., 1973).

Die Mineralproben werden folgendermassen bezeichnet:

AB 1615.2 = Probe Nr. 2 von Stufe AB 1615

Der Standort der Mineralstufen ist wie folgt ersichtlich:

- M: Naturhistorisches Museum Basel  
 A bzw. Nummer allein: Naturhistorisches Museum Bern  
 BIm, Ho, RE, St: verschiedene private Sammlungen

## FUNDGEBIET 1

Die Proben sind ihrem Fundort entsprechend in stratigraphischer Abfolge angeordnet, beginnend bei den ältesten Schichten. Die Einteilung erfolgte im wesentlichen nach der stratigraphischen Tabelle von FISCHER (1969).

### 1. Waldshut – Eschbacher Tal (Deutschland) (LK 1050)

- N: Buntsandstein (untere Trias)  
 B: In Drusen farblose, klare Kristalle von unterschiedlicher Morphologie. Im unteren Teil des Buntsandsteins sind die Baryte dünnstafelig ausgebildet (AB 1315, AB 1328), im oberen Teil besitzen sie isometrischen Habitus (AB 1329, AB 1596). An einer bestimmten Stelle treten zudem (dick)tafelige Baryte auf (AB 1599). Der Sr-Gehalt ist zonar in den Kristallen angeordnet.  
 M: Quarz, Fluorit, Calcit, Dolomit, Pyrit, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz  
 F: F. Falkenstein, Waldshut  
 Lit: F. GRAEFF (1889)

### 2. Waldshut – Schmitzinger Tal (Deutschland) (LK 1050)

- N: Buntsandstein (untere Trias)  
 B: In Drusen blättrige, trübe Aggregate, durch Hämatit rot gefärbt  
 M: Calcit, Pyrit, Kupferkies  
 F: F. Falkenstein, Waldshut  
 Lit: F. GRAEFF (1889)

## 3. Balmberg SO (LK 1107)

- N: Harte Kalkbank im Gansinger Dolomit (mittlerer Keuper)  
 B: Tafelige Kristalle sowie weisse, krustenförmige Gebilde  
 C: Bläuliche, durchsichtige Kristalle (St. 3, St. 4), grösstenteils von Strontianit überwachsen (Umwandlungsprodukt des Coelestins)  
 M: Calcit, Dolomit, Quarz (farblos bis amethystfarbig), Strontianit, Kupferkies, Pyrit  
 Bem: B und C kommen nicht direkt nebeneinander vor.  
 F: Dr. H. P. Stehlin, Arisdorf  
 Lit: H. HOLENWEG (1974)

## 4. Seewisteinbruch bei Schleitheim SH (LK 1011)

- N: Stubensandstein (mittlerer Keuper)  
 CB: Radialstrahlig angeordnete, faserige Kristalle (P 1610), von sehr feinem Strontianit überwachsen (Umwandlungsprodukt des CB)  
 BC: Bläuliche bis rötliche, radialstrahlige Aggregate von leistenförmigen Kristallen mit unregelmässig schwankendem Sr-Gehalt (AB 1630)  
 C: Durchsichtige blaue Kristalle  
 F: Dr. F. Hofmann, Neuhausen  
 Lit: F. HOFMANN (1974)

## 5. Niederschönthal BL (LK 1068)

- N: Grauer Arietenkalk (unterer Lias)  
 C: Blaue, klare Kristalle von tafeligem bis isometrischem Habitus (AB 1215) sowie radialstrahlige Aggregate von rötlichen, leistenförmigen Kristallen  
 M: Calcit, Dolomit, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Hämatit  
 Lit: A. FREI (1952), p. 151; H. P. STEHLIN (1975)

## 6. Pratteln BL (LK 1067)

- N: Grauer Arietenkalk (unterer Lias)  
 CB: Radialstrahliges Aggregat aus leistenförmigen, korrodierten und durch Eisenhydroxid rot gefärbten Kristallen in Ammonitenkammer  
 M: Skalenoedrischer Calcit, Strontianit  
 F: H. Hänni, Basel  
 Lit: P. HERZOG (1956)

## 7. Frick AG (LK 1069)

- N: Arietenkalk (unterer Lias)  
 B: Stark korrodierte, rötlichbraune Fasern, zum Teil von rhomboedrischem Calcit umwachsen (Ho 14.1)  
 C: Nach c(001) tafelige (Ho 14.3) sowie nach der b-Achse gestreckte, leistenförmige Kristalle. Auf der Stufe AB 1648 ist leistenförmiger, roter C (2. Generation) auf tafeligem, blauem C (1. Generation) orientiert aufgewachsen. C kommt auch als kilogrammschwere Aggregate in Hohlräumen von grossen Ammoniten vor (M 17432).  
 M: Calcit (skalenoedrisch, zuletzt rhomboedrisch), eisenhaltiger Dolomit (teilweise stark limonitisiert), Strontianit, Zinkblende, Pyrit, Hämatit, Gips, Aragonit  
 Bem: B und C kommen nicht direkt zusammen vor.

- F: V. Baumgartner; H. Holenweg, Pratteln; A. Kaufmann, Wallbach  
 Lit: L. BRAUN (1920), H. HOLENWEG und H. A. STALDER (1968), T.J. PETERS (1964),  
 R. RICHLI (1970)

*8. Unter Erlimoos bei Trimbach SO (LK 1088)*

- N: Grauer, knolliger Kalk der Jurensis-Schichten (oberster Lias)  
 B: Dicktafelige, gelbe Kristalle auf Kluftfläche, zum Teil von weisser Randschicht umgeben (Ho 18). Auf Kluftfläche tafelige, farblose bis blau gefärbte Kristalle mit mehreren feinen, einschlussreichen Zonen (AB 1625). Gelbbraune lockere, krustige Aggregate in Ammonitenkammer, stark verwittert (AB 1471).  
 CB: Sehr kleine, farblos klare (Ho 1.4) oder weiss getrübte (Ho 8.1) Kristalle mit pseudorhomboedrischem Habitus  
 BC: Leistenförmige, nach der b-Achse gestreckte und radialstrahlig angeordnete Kristalle (Ho 1.5), (AB 1615)  
 C: Tafelige, leicht nach der b-Achse gestreckte Kristalle (BIm 1), teilweise stark korrodiert (Ho 8.2)  
 M: Calcit, Dolomit, Pyrit, Markasit, Smythit, Zinkblende, Strontianit, Gips  
 Bem: Die fossilführende Schicht ist stark erdölhaltig.  
 F: A. Bachmann, Muttenz; W. Gerber, Vordemwald; H. Holenweg, Pratteln; B. Imhof, Olten; Ch. Meyer, Olten; D. Stoecklin, Basel  
 Lit: A. BACHMANN (1976), R. BÜHLER (1972), S. GRAESER (1977), F. MÜHLBERG (1914)

*9. Unter Hauenstein SO (LK 1088)*

- N: Opalinuston (unterer Dogger)  
 B: Weisse, undeutlich ausgebildete, winzige Kristalle (P 1542)  
 BC: Radialstrahlig angeordnete, leistenförmige rote Kristalle  
 C: Bläuliche oder rötliche Kristalle  
 M: Calcit, Strontianit, Pyrit  
 F: N. Furlan, Basel  
 Lit: F. MÜHLBERG (1914)

*10. Belchentunnel (LK 1088)*

- N: Opalinuston (unterer Dogger)  
 C: Blauer, tafeliger Kristall  
 M: Calcit  
 Lit: F. MÜHLBERG (1914)

*11. Oberehrendingen AG (LK 1070)*

- N: Opalinuston (unterer Dogger)  
 C: Radialstrahliges Aggregat farbloser, leistenförmiger Kristalle  
 M: Calcit  
 F: H. Holenweg, Pratteln  
 Lit: F. MÜHLBERG (1901)

*12. Staffelegg AG (LK 1069 und 1089)*

- N: Opalinuston (unterer Dogger)  
 BC: Blaue, tafelige (1. Generation) und rötliche, leistenförmige Kristalle (2. Generation) (AB 1355)

- C: Loses Kristallbruchstück (9387)  
 M: Calcit  
 F: R. Eichen, Zürich; Coll. F. Mühlenthaler  
 Lit: A. AMSLER (1915), A. FREY (1969)

*13. Rechtenberg bei Seewen SO (LK 1087)*

- N: Opalinuston (unterer Dogger)  
 CB: Kugelige Kristalle (P 1629) sowie weisser, krustiger Überzug (P 1630)  
 BC: Rot gefärbte Kugeln aus parallel angeordneten, faserigen Kristallen (2. Generation) sitzen auf einem radialstrahligen Aggregat von bläulichen, leistenförmigen Kristallen (1. Generation). Eine Foto dieser Stufe (Ho 2) findet sich in HOLENWEG et al. (1971), Abb. 1.  
 C: Tafelige, zum Teil stark korrodierte Kristalle  
 M: Calcit, Pyrit  
 F: H. Holenweg, Pratteln  
 Lit: HOLENWEG, STEHLIN und GRAESER (1971), Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25000 Nr. 3, Blatt 96–99 (1936)

*14. Frickberg bei Frick AG (LK 1069)*

- N: Graublauer, eisenoolithischer Kalk der Murchisonae-Schichten (unterer Dogger)  
 C: Durchsichtige, nach der b-Achse gestreckte leistenförmige Kristalle  
 M: Calcit, Dolomit, Hämatit in schwarzen, blättrigen Kristallen und als feiner roter Überzug auf C  
 F: D. Ernst, Wettingen  
 Lit: L. BRAUN (1920)

*15. Farnsberg BL (LK 1068)*

- N: Eisenoolithischer Kalk der Sauzei-Schichten (unterer Dogger)  
 C: Dicke blaue, stark korrodierte Tafeln sowie farblos klare, leistenförmige Kristalle in radialstrahliger Anordnung  
 M: Calcit  
 F: F. Woltersdorf (1952)

*16. Hirnichopf am Passwang SO (LK 1087)*

- N: Eisenoolithischer, grauer bis brauner Kalk der Blagdeni-Murchisonae-Schichten (unterer Dogger)  
 B: Rotbraune, faserige Kristalle (P 310) sowie rötliche, aufgeblätterte Aggregate von kugeligem Aussehen  
 M: Calcit, Ankerit, Pyrit (limonitisiert), tafeliger Hämatit (P 323), nadeliger Goethit (P 314)  
 Bem: B enthält nach H. R. WENK (1967) ca. 5%  $\text{SrSO}_4$ .  
 Lit: Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25000 Nr. 3, Blatt 96–99 (1936), H. R. WENK (1967)

*17. Herznach AG (LK 1069)*

- N: Macrocephalus-Schichten (oberer Dogger): harter grauer, schwach eisenoolithischer Kalk  
 B: Stark korrodierte Überreste von radialstrahligen Aggregaten (vermutlich durch Zer-

- setzung von leistenförmigem BC entstanden), vgl. Abbildung in HOLENWEG (1975); (M 17353)
- BC: Rötliche, leistenförmige Kristalle, radialstrahlig angeordnet (RE 1.5)
- C: Blaue durchsichtige, tafelige Kristalle, die ohne erkennbaren Unterbruch in den BC übergehen (RE 1.4)
- M: Calcit, kugeliger Hämatit
- Bem: Die Sr-Gehalte schwanken beliebig innerhalb der Proben und umfassen den ganzen Mischungsbereich B-C.
- N: Cordatus-Schichten (unterer Malm): fossilreicher brauner, mergeliger Kalk
- C: Tief blauer, stengeliger Kristall von pseudohexagonalem Habitus (AB 1273); gelber, stengeliger Kristall (RE 3-68); durch feine, dendritenartige Hämatiteinschlüsse rot gefärbter Kristall von isometrischem Habitus (AB 1591)
- M: Calcit, Dolomit, pulveriger roter Hämatit, zum Teil Goethit
- N: Birmenstorfer Schichten (unterer Malm): grauer bis gelblicher, harter Kalk
- B: Weiss, blättrig, schlecht kristallisiert (P 981)
- M: Calcit, Pyrit
- F: R. Eichin, Zürich; H. Holenweg, Pratteln
- Lit: A. FREI (1952), A. FREY (1969), H. HOLENWEG (1975)

*18. Tiergarten bei Vermes BE (LK 1086 und 1106)*

- N: Grauer, harter Mergelkalk der Liesberg-Schichten (unteres Rauracien)
- B: Weisse, tafelige oder stengelige Aggregate, die aus orientiert verwachsenen kugeligen Kristallen bestehen
- C: Gelbliche, bläuliche sowie farblose, tafelige Kristalle
- M: Calcit, kurzsäuliger Quarz (häufig Doppelender), Pyrit (limonitisiert)
- Bem: B und C kommen nicht direkt nebeneinander vor.
- F: H. Holenweg, Pratteln
- Lit: Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000 Nr. 1, Blatt 92-95 (1930)

*19. Fringeli/Vögelerutsch SO (LK 1086 und 1087)*

- N: Vorwiegend grauer Mergelkalk (Rauracien)
- B: Sehr kleine trübe, tafelige Kristalle
- CB: Dünne skelettartige, miteinander orientiert verwachsene Tafeln
- M: Calcit, Quarz
- F: Dr. H. P. Stehlin, Arisdorf; A. Travi, Basel
- Lit: Geol. Karte der Schweiz 1 : 25 000 Nr. 1 (1930) und Nr. 3 (1936)

*20. Born, Wangen bei Olten SO (LK 1088)*

- N: Harter, gelblicher Kalk der Geissbergschichten (Oxfordien)
- B: Tafelige, durch Einschlüsse teilweise getrübte Kristalle
- M: Calcit
- F: H. Holenweg, Pratteln
- Lit: HOLENWEG, STEHLIN und GRAESER (1971), F. MÜHLBERG (1914)

*21. Bachtalen bei Oftringen AG (LK 1088 und 1108)*

- N: Harter, gelblicher Kalk der Geissbergschichten (Oxfordien)
- B: Dicktafelige, bis nach der c-Achse gestreckte, wasserklare und flächenreiche Kristalle

- M: Calcit  
 F: H. Holenweg, Pratteln  
 Lit: HOLENWEG, STEHLIN und GRAESER (1971)

*22. La Reuchenette BE (LK 1125 und 1126)*

- N: Fossilreicher harter, grauer mergeliger Sequan-Kalk (Oxfordien)  
 C: Bläuliche klare, nach der a-Achse gestreckte Kristalle, bis mehrere Zentimeter lang  
 M: Calcit  
 Lit: H. HOLENWEG (1967)

*23. Mellikon AG (LK 1050)*

- N: Gelblicher harter, glaukonitführender Kalk der Badenerschichten (Kimmeridgien)  
 B: Tafelige Kristalle, von weisser trüber Randschicht umgeben. Sie sind teilweise durch Glaukoniteinschlüsse grün gefärbt und häufig zu rosettenartigen Gebilden verwachsen (vgl. Foto in HOLENWEG und STALDER, 1968).  
 M: Calcit, Pyrit, Markasit  
 Bem: B ist von Mellikon schon mindestens seit dem Jahr 1930 bekannt (Stufe M 7601, F: Dr. F. Leuthardt, 1930).  
 F: E. Kettner, Zürich  
 Lit: H. HOLENWEG und H. A. STALDER (1968), F. LEUTHARDT (1930)

*24. Habkern BE (LK 1208)*

- N: Ultrahelvetischer Flysch  
 B: Tafelige und leicht nach der a-Achse gestreckte braune Kristalle, durch Säurebehandlung aus einer Konkretion isoliert  
 M: Calcit, Pyrit  
 F: H. Lüthi, Einigen  
 Lit: E. HUGI (1900), E. LERF (1970)

*25. Lausen BL (LK 1068)*

- N: Bohnerzhaltiger, gelber Kalk mit gerundeten Quarzkörnern (Eozän)  
 B: Tafelige, durchsichtige Kristalle  
 M: Calcit  
 F: L. Schmutz, Liestal

*26. Bassecourt BE (LK 1085 und 1086)*

- N: Sideritreicher, bohnerzhaltiger Kalk (Eozän)  
 B: Bis 1 cm lange, nach der b-Achse gestreckte prismatische Kristalle, farblos bis leicht gelblich gefärbt. Die an sich vollkommen durchsichtigen Kristalle enthalten zum Teil phantomartige Einschlüsse.  
 M: Calcit  
 F: Dr. A. Glauser, Dornach  
 Lit: L. ROLLIER (1898), p. 115; Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000 Nr. 1, Blatt 92–95 (1930)

*27. Pilatus NW (LK 1170)*

- N: Nagelfluh der oligozänen Molasse (Chattien), nahe am Kontakt mit subalpinem Flysch  
 B: Tafelige bis blättrige, oft miteinander verwachsene weisse Kristalle (vgl. Foto in RYKART, 1972)  
 M: Calcit  
 F: R. Rykart, Emmenbrücke  
 Lit: R. RYKART (1972)

*28. Wohlensee BE (LK 1166)*

- N: Molassemergel aus dem Aquitan (untere Süßwassermolasse)  
 CB: Radialstrahlige weisse, leistenförmige Kristalle (P 1591)  
 M: Calcit  
 F: Hr. Keller, Bern

**FUNDGEBIET 2**

Die Proben sind nach steigendem Metamorphosegrad angeordnet.

*29. Alpe Les Esserts bei Le Châtelard VS (LK 1324)*

- N: Vermutlich mesozoische Kalke der Synklinale von Chamonix–Martigny  
 B: Loser, 250 g schwerer Einzelkristall von dicktafeligem Habitus. Der Kristallkern ist blau; aussen ist der Kristall durch feine Einschlüsse von Muskovit (röntgenographisch bestimmt) gelb gefärbt. Stellenweise ist der Muskovit entlang alter Wachstumsgrenzen angeordnet.  
 F: Paul Tenisch (†), Glis  
 Lit: Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 525: Finhaut (1951)

*30. St. German VS (LK 1288)*

- N: Triasdolomit des Baltschiedertales (Autochthon)  
 B: Tafeliger Kristall (M 17425); dünntafeliger, flächenarmer Kristall, am Rand durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübt (M 17421); nach der c-Achse gestreckter, flächenarmer Kristall mit trüber weisser Randschicht (M 17417)  
 M: Quarz, Adular, Dolomit, Calcit, Fluorit, Bleiglanz, Zinkblende, Wulfenit  
 Bem: B kommt in Kristallen vom Typus (1) bis (4) (vgl. Fig. 7) vor, zudem wurden kürzlich nach der b-Achse gestreckte Kristalle gefunden.  
 F: H. Ogi, Ausserberg  
 Lit: H. OGI (1975), M. SCHENKER (1946)

*31. Mäderboden VS (LK 1288)*

- N: Triasdolomit des Baltschiedertales (Autochthon)  
 B: Tafeliger, flächenarmer Kristall, aussen von mehreren weissen Zonen umgeben (AB 1255); dicktafeliger, bläulicher Kristall (M 14276)  
 M: Analog Nr. 30: St. German  
 F: F. Ehrsam, Visp  
 Lit: M. SCHENKER (1946)

## 32. Steinbruchgraben VS (LK 1288)

- N: Triasdolomit des Baltschiedertales (Autochthon)
- B: Farblose bis leicht blau gefärbte, nach c(001) tafelige Kristalle mit deutlich ausgebildeter Bipyramide z(211)
- C: Tiefblaue, nach der a-Achse gestreckte Kristalle
- M: Fluorit, Quarz, Dolomit, Calcit, Aragonit, Adular, Anatas, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz
- Bem: SCHMIDT (1900) beschrieb aus dem Dolomit des Steinbruchgrabens zwei Coelestintypen: nach der a-Achse gestreckte blaue Kristalle, sowie nach c(001) tafelige farblose bis bläuliche Coelestine. Die Analysen, die an Material aus der Belegssammlung C. Schmidt erfolgten, zeigen aber eindeutig, dass es sich bei den tafeligen Kristallen nicht um Coelestin, sondern um Baryt handelt.
- Lit: M. SCHENKER (1946), C. SCHMIDT (1900)

## 33. Greina GR (LK 1233)

- N: Triasdolomit (Ultrahelvetikum)
- B: Zwei Ausbildungsarten, die nur wenige Meter voneinander entfernt auftreten:
- tafeliger B, teilweise von einer weissen Randschicht umgeben, zusammen mit skalenoedrischem Calcit sowie in Drusen der Vererzung,
  - pseudorhomboedrischer sowie nach der c-Achse gestreckter, farblos klarer B (vgl. Fig. 7) in Klüftchen, die von einem Rasen von kleinen Quarzkristallen bedeckt sind, aber keinen Calcit enthalten (AB 1534).
- M: Fluorit (farblos und violett), Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Calcit, Quarz
- Lit: J. D. FREY (1967)

## 34. Lengenbach VS (LK 1270)

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke
- B: Extrem dünnatafelige Kristalle mit zonar angeordneten Einschlüssen (AB 1382), (AB 1383). Dicktafeliger farbloser Kristall, der entlang dem Prisma m von einer dicken gelborangen Randschicht umgeben ist (AB 1381). Intensiv gelber, tafeliger Kristall von pseudotetragonalem Habitus, von sehr feiner Einschlusszone durchsetzt (AB 1371). Nach der c-Achse gestreckter, farbloser Kristall, entlang dem Prisma m von einer dünnen braungelben Randschicht umgeben (AB 1566). Dicktafelige flächenarme, intensiv gelb gefärbte Kristalle, aussen von dünner weisser Randschicht umgeben (AB 822), (L 2215). Nach der a-Achse gestreckter, farbloser Kristall (AB 140). Nach der a-Achse gestreckter, sehr flächenreicher Kristall von bläulicher Farbe (AB 1148). Nach der a-Achse gestreckter, intensiv blauer Kristall, der durch das Vorherrschen der Bipyramide y ein zugespitztes Aussehen besitzt (AB 1073). Gangförmig im Dolomit eingelagerter, intensiv blau gefärbter Baryt (AB 1126). Wasserklares, leicht bläulich gefärbte dicktafelige Kristalle von isometrischem Habitus (AB 821).
- M: Dolomit, Pyrit, Adular-Hyalophan, Turmalin, Rutil, Quarz, Bleiglanz, Zinkblende, Realgar, Oellacherit, Goyazit, verschiedene Sulfosalze
- Lit: S. GRAESER (1965), (1975); Die Mineralfundstelle Lengenbach im Binnatal (1969); Jahrbuch des Naturhistorischen Museums Bern über die Jahre 1975–1977 (1978)

*35. Schmidigen Wissi VS (LK 1270)*

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke  
 B: Farblose, nach der a-Achse gestreckte, flächenarme Kristalle  
 M: Fluorit (teilweise violett), Bleiglanz, Calcit, Pyrit, Dolomit  
 Lit: S. GRAESER (1965)

*36. Tschampigen Wissi VS (LK 1270)*

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke  
 B: Kugeliger bläulicher Kristall von mehreren Zentimetern Durchmesser, ohne Kristallflächen  
 M: Im Dolomit eingewachsen  
 Bem: Dieser Fund dürfte mit dem von BADER (1934) beschriebenen B vom Hölzerspitz identisch sein.  
 Lit: H. BADER (1934), S. GRAESER (1965)

*37. Ochsenfeld VS (LK 1270)*

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke  
 B: Schlecht kristallisierte, trübe kleine Kristalle mit undeutlicher Kristallform und matter, gelbbrauner Oberfläche  
 M: Quarz, Pyrit, Dolomit  
 Lit: S. GRAESER (1965)

*38. Ehemalige Pb-Mine Albrun (Italien) (LK 1270)*

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke  
 B: Tafelige Kristalle, von einer trüben Randschicht umgeben (SG 565) oder durchgehend trüb und orangebraun gefärbt (AB 991)  
 M: Bleiglanz, Pyrit, Quarz, Adular, Muskovit, Rutil  
 Lit: S. GRAESER (1965)

*39. Crevola d'Ossola (Italien) (LK 275)*

- N: Triasdolomit der Monte-Leone-Decke  
 B: Tafelige, farblose Kristalle  
 M: Quarz, Pyrit, Turmalin, Dolomit  
 Lit: F. CINQUE (1939), A. ROGGIANI (1967), (1975)

*40. Simplontunnel VS (LK 1289)*

- N: Dolomit innerhalb der Vegliamulde  
 C: Farbloser Kristall, leicht nach der c-Achse gestreckt, mit pseudorhomboedrischem Habitus (vgl. Fig. 7)  
 Bem: Der Fundort der Stufe liegt zwischen km 9,738 und 9,770 ab Nordportal.  
 Lit: A. B. RAO (1957)

*41. Rappental VS (LK 1270)*

- N: Autochthone karbonatische Trias des Gotthardmassivs  
 B: Mehrere Zentimeter breite Lagen im Dolomit, in Drusen tafelige bis dicktafelige Kristalle

- M: Fluorit (farblos und violett), Quarz, Pyrit, Dolomit, skalenoedrischer Calcit  
 Lit: H. J. LÜTHY (1965)

*42. Cava Mergozzoni, Candoglia (Italien) (LK 285)*

- N: Marmor in den Kinzigitgneisen der Ivreazone  
 B: Ca. 10 cm mächtiger Barytgang. Die Barytkörper sind von zahllosen Zwillingslamellen durchsetzt, die durch mechanische Deformation gebildet wurden. Die Kristalle löschen nur schlecht aus und zeigen einen stark abweichenden optischen Achsenwinkel.  
 M: Calcit, Quarz, Epidot, Muskovit, Magnetit, Pyrit, Titanit sowie Wenkit am Kontakt des Barytgangs mit dem Nebengestein  
 Lit: J. PAPAGEORGAKIS (1959), (1961), (1962)

**FUNDGEBIET 3**

*43. Piz Beverin GR (LK 1215)*

- N: Penninische Bündnerschiefer (Nollaschiefer)  
 B: Farblose bis leicht bläuliche Kristalle, aussen von einer trüben weissen Randschicht umgeben. Vgl. Foto im Mineralienfreund 10 (1972), p. 21.  
 M: Quarz, Albit  
 F: H. Schweizer, Zürich  
 Lit: Geol. Spezialkarte Nr. 114A: Schams (O. WILHELM, 1929)

*44. Val Blaua (Domleschg, GR) (LK 1215)*

- N: Penninische Bündnerschiefer  
 B: Tafelige Kristalle  
 M: Quarz, Calcit, Albit, Kupferkies, Bleiglanz, Pyrit, Aragonit  
 F: R. Martin, Nyon (1963)  
 Lit: J. VON RAUMER und R. MARTIN (1967)

*45. Schinschlucht GR (LK 1215)*

- N: Kieselkalk der penninischen Nollaschieferserie  
 B: Tafelige Kristalle, gestreckt nach der b-Achse, häufig zu fächerartigen Aggregaten verwachsen und durch Limonitüberzug gelb gefärbt  
 M: Quarz, Calcit, Eisenkarbonate (limonitisiert)  
 F: A. Wagner, Reiden  
 Lit: Geol. Spezialkarte Nr. 114A: Schams (O. WILHELM, 1929)

*46. Uors (Lugnez, GR) (LK 1214)*

- N: Tonschiefer der unteren Stgir-Serie (Lias) der Scopi-Zone (Ultrahelvetikum)  
 B: Tafelige Kristalle mit einer rinnenartigen Vertiefung entlang m(210), die durch Wachstumsbehinderung, vermutlich wegen Einlagerung von Talkschüppchen, gebildet wurde  
 M: Flache Quarze, Calcit, Eisenkarbonate (limonitisiert), Aragonit, Talk (zugleich Kluftfüllung)

- F: Chr. Alean, Zürich  
 Lit: W. JUNG (1963)

*47. Alp Taspegn oberhalb Zillis GR (LK 1235)*

- N: Alpin-metamorphe Pb-Zn-Vererzung im Taspinitegneis (mittelpenninische Schamserdecke)  
 B: Tafelige Kristalle, klar oder durch Flüssigkeitseinschlüsse weiss getrübt (AB 1343, AB 1357) sowie zonargebaut (M 17351)  
 M: Quarz, Albit, Limonit  
 F: Joh. Weber, Paspels  
 Lit: E. ESCHER (1935), J. SOMMERAUER (1972), Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 1235 Andeer (1971)

*48. Alp Nursera südlich Andeer GR (LK 1235)*

- N: Alpin-metamorphe Cu-Ag-Vererzung im Triasquarzit und Gneis der Surettadecke (Mittelpenninikum)  
 B: Tafelige, gegen den Rand zu meist keilförmig zugespitzte Kristalle mit trüber weisser Randschicht  
 M: Quarz, Calcit, Dolomit, Kupferkies, Tetraedrit, Malachit, Azurit  
 Lit: E. ESCHER (1935), Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 1235 Andeer (1971)

*49. Parsettens (Val d'Err, GR) (LK 1236)*

- N: Alpin-metamorphe Mn-Lagerstätte in oberjurassischen Radiolariten und Tonschiefern der Carungasdecke (Unterostalpin)  
 B: Weisse, blättrige Kristalle  
 M: Quarz, Tinzenit, Manganerze  
 F: Th. Geiger (1946)  
 Lit: TH. GEIGER (1948)

*50. Mine Baicolliou bei Grimentz (Val d'Anniviers, VS) (LK 1307)*

- N: Alpin-metamorphe Cu-Bi-Lagerstätte in Casannaschiefern (Sericit-Chlorit-Schiefer mit eingelagerten Amphiboliten) der penninischen Bernharddecke  
 B: Feinkörnige weisse Gangart, in der vereinzelt, bis über 1 cm grosse, tafelige Kristalle vorkommen, die stark verbogen sind  
 M: Ankerit, Quarz, Kupferkies, Wismutfahlerz, Malachit, Azurit  
 Lit: E. HALM (1945)

*51. Zwischbergental bei Gondo VS (LK 1309)*

- N: Goldhaltige Quarz-Pyritgänge im Antigoriogneis  
 B: Weisse, undurchsichtige Tafeln, die zu leicht aufgeblätterten Aggregaten verwachsen sind  
 M: Steilrhomboidrischer Calcit, Eisenkarbonat  
 Lit: M. GYSIN (1930), H. F. HUTTENLOCHER (1934), Schweizerische Alpenposten: Simponstrasse (1950)

52. *Valle di Freggio bei Faido TI (LK 1252)*

- N: Leventinagneis  
 B: In einer Grundmasse von farblosem bis leicht bläulichem, feinkörnigem Baryt schwimmen vereinzelte weisse, bis 1 cm grosse, stark verbogene Barytafeln.  
 M: Quarz, Biotit, Pyrit  
 Lit: F. BIANCONI (1971), p. 15; J. D. FREY (1967), p. 51

## FUNDGEBIET 4

53. *Bleimine Goppenstein VS (LK 1268)*

- N: Metamorphe Pb-Zn-Lagerstätte in Sericit-Chloritschiefern der kristallinen Hülle des zentralen Aaregranits  
 B: Zentimetergrosse, verbogene und teilweise verzwilligte Kristalle, die in Schichten angeordnete Flüssigkeitseinschlüsse enthalten. Sie zeigen ondulose Auslöschung und einen abweichenden optischen Achsenwinkel.  
 M: Dichtes Mischerz, feinkörnige braune Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit, Quarz  
 Bem: Die analysierte Gangprobe stammt aus Niveau 14, Abbaujahr 1916.  
 F: A. Buxtorf (1916)  
 Lit: TH. HÜGI (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; H. F. HUTTENLOCHER (1931); E. KÜNDIG und F. DE QUERVAIN (1953)

54. *Ferden (Lötschental, VS) (LK 1268)*

- N: Kristalline Schieferhülle des zentralen Aaregranits  
 B: Dicktafeliger Kristall mit klein ausgebildeter Fläche b, zonar aufgebaut. Er löscht unter gekreuzten Nicols nur undeutlich aus und besitzt einen stark abweichenden optischen Achsenwinkel.  
 M: Quarz, Siderit (stark limonitisiert), Albit mit orientiert aufgewachsenem Adular, Hämatit, Pyrit, rhomboedrischer Calcit, Aragonit, kuboktaedrischer Bleiglanz  
 Bem: B hat Ähnlichkeit mit den Kristallen aus der Lukmanierschlucht  
 F: R. Rykart, Emmenbrücke  
 Lit: TH. HÜGI (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; H. F. HUTTENLOCHER (1931)

55. *Trohlender Graben (Baltschiedertal, VS) (LK 1288)*

- N: Sericitgneis der kristallinen Schieferhülle des zentralen Aaregranits, direkt am Kontakt mit triadischem Quarzitsandstein und Dolomit  
 B: Dicktafeliger Kristall von mindestens 3 cm Kantenlänge. Innen klar und kräftig blau gefärbt; die dicke Randschicht ist farblos oder durch Flüssigkeitseinschlüsse weiss getrübt.  
 M: Quarz, Adular  
 Bem: B zeigt chemisch und morphologisch grosse Ähnlichkeit zu den Kristallen vom Aletschgletscher und vom Faulhorn bei Oberwald.  
 F: H. Ogi, Ausserberg  
 Lit: TH. HÜGI (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; M. SCHENKER (1946)

*56. Aletschgletscher VS (LK 1269)*

- N: Altkristalline Gneise des Aarmassivs  
 B: Tafelige Kristalle (bis 350 g schwer) mit gross ausgebildeter Bipyramide z, m tritt zurück. Innen hellblau und klar, aussen von dünner weisser Randschicht bedeckt.  
 M: Rauchquarz, Adular, Chlorit  
 Bem: B ist den Kristallen vom Trohlenden Graben und vom Faulhorn bei Oberwald vergleichbar.  
 F: H. Blatter, Glis  
 Lit: P. ZBINDEN (1949)

*57. Lauteraarhorn BE (LK 1229 und 1249)*

- N: Kluft in altkristallinen Schiefern des Aarmassivs  
 B: Tafelige, undurchsichtige zonare Kristalle, die jeweils aus zwei etwas gegeneinander versetzt verwachsenen Individuen bestehen  
 M: Quarz, Ankerit  
 Bem: B hat auffallende Ähnlichkeit mit den Kristallen aus dem Gotthardstrassentunnel.  
 F: H. Rufibach  
 Lit: TH. HÜGI (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; H. A. STALDER (1964)

*58. Trachsellauen BE (LK 1248)*

- N: Bleiglanz-Zinkblende-Vererzung im Lauterbrunner Kristallin am Nordwestrand des Aarmassivs  
 B: Gangprobe mit tafeligen, verbogenen oder zerbrochenen Kristallen, die ondulös auslöschen und einen abweichenden optischen Achsenwinkel ergeben  
 Lit: E. KÜNDIG und F. DE QUERVAIN (1953), J. P. SAHEURS (1975)

*59. Sustenpass UR (LK 1211)*

- N: Muskovit- und sericitreiche Paragneise der kristallinen Schieferhülle des zentralen Aaregranits  
 B: In Hohlräumen im Barytgang farblose bis weisse Baryttafeln, zum Teil stark verbogen. Sie besitzen einen gestörten Gitteraufbau, löschen unter gekreuzten Nicols nur unvollständig aus und zeigen einen abweichenden optischen Achsenwinkel.  
 M: Quarz, Limonit  
 F: P. Indergand, Göschenen  
 Lit: H. FEHLMANN (1947); TH. HÜGI (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; E. KÜNDIG und F. DE QUERVAIN (1953); Schweizerische Alpenposten: Sustenstrasse (1945)

*60. Val Giuv GR (LK 1212)*

- N: ?  
 B: Dickes, 120 g schweres Aggregat ohne eigentliche Kristallform, auch im Innern trüb  
 M: Adular, Aktinolith, Hämatit, Calcit  
 Bem: Der genaue Fundort der Stufe ist fraglich.  
 F: Schweiz. Heimatwerk, Zürich  
 Lit: M. WEIBEL (1966)

*61. Gotthardstrassentunnel, 5650 m ab Nordportal (LK 1231)*

- N: Glimmergneis des Gotthardmassivs  
 B: Tafelige Kristalle mit b-Fläche, gebogen oder aus leicht gegeneinander versetzt verwachsenen Individuen aufgebaut  
 M: Dolomit, Turmalin, Pyrit, Calcit, Muskovit  
 Bem: B hat Ähnlichkeit mit den Kristallen vom Lauteraarhorn  
 Lit: F. M. STAPFF (1880), E. AMBÜHL (1929)

*62. Lumbrein GR (LK 1214)*

- N: Trias-Basisarkose (mesozoischer Mantel des Gotthardmassivs), wenige Meter vom Kontakt mit den Gneisen des Gotthardmassivs entfernt  
 B: Weisse, trübe, tafelige Kristalle  
 M: Quarz, Siderit (limonitisiert), Dolomit  
 Lit: A. FEHR (1956), W. JUNG (1963)

*63. Lukmanierschlucht GR (LK 1213)*

- N: Phyllonite des Tavetscher Zwischenmassivs  
 B: Tafelige, farblose Kristalle mit b-Fläche. Zum Teil enthalten sie zonar eingelagerte Flüssigkeitseinschlüsse (vgl. Fig. 32), löschen unter gekreuzten Nicols nur undeutlich aus und zeigen einen abweichenden optischen Achsenwinkel (M 6631).  
 M: Quarz, Albit, Eisenkarbonate, Calcit, Apatit, Rutil, Pyrit, Aragonit, verschiedene Erzminerale.  
 Bem: Die zonaren Kristalle zeigen grosse Ähnlichkeiten zu denjenigen von Ferden.  
 F: P. Flepp, Danis; Maissen, Disentis  
 Lit: E. NIGGLI (1944) und (1974)

*64. Faulhorn bei Oberwald VS (LK 1250)*

- N: Altkristalliner Paragneis oder Sericitgneis des Permokarbons  
 B: Dicktafelige Kristalle mit grossen Bipyramidenflächen z, die schwach aufgeblätterte Aggregate bilden. Sie sind innen klar und intensiv blau-violett gefärbt, aussen von einer gelbbraunen trüben Randschicht umgeben.  
 M: Rauchquarz, Rutil, Calcit, Pyrit  
 F: W. Hofer, Matten, und H. Michel, Frutigen (1972)  
 Lit: W. OBERHOLZER (1956)

*65. Pazolabach UR (LK 1232)*

- N: Psammitgneis im Permokarbon der Urserenzone  
 B: Tafelige Kristalle, die häufig durch das Vorherrschen der Flächen d und b einen quadratischen Umriss zeigen. Abgesehen von einer schmalen einschlussfreien Randschicht sind sie durch feste Einschlüsse von Eisenoxiden rot bis braun gefärbt und undurchsichtig (AB 1426, AB 1601). Weisse Probe des Barytganges (AB 1433).  
 M: Quarz (farblos und rauchig), Pyrit, Siderit (limonitisiert), Magnetit (grösstenteils limonitisiert), Muskovit, Kupferkies, Malachit, Wulfenit, Monazit  
 Lit: E. AMBÜHL (1929), P. NIGGLI und W. STAUB (1914)

*66. Cavradischlucht GR (LK 1232)*

- N: Psammitgneis im Permokarbon der Urserenzone
- CB: Tafelige Kristalle, gestreckt nach der a-Achse, meist mit undeutlicher Kristallform und rauher Oberfläche. Sie sind häufig zu aufgeblätterten Aggregaten verwachsen, in denen die a-Achsen der Einzelkristalle fächerartig angeordnet sind; oft sind die Kristalle entlang der Fläche c verbogen. Die Kristalle sind im Innern klar durchsichtig und zum Teil bläulich gefärbt, aussen sind sie von einer trüben Randschicht umgeben, auf der häufig Strontianit, Calcit und Hämatit mit Rutil eingewachsen sind.
- M: Quarz, Adular, Albit, Muskovit, Hämatit mit orientiert aufgewachsenem Rutil, Calcit, Turmalin, Apatit, Pyrit, Strontianit, verschiedene Kupfersulfide
- Lit: A. KENNGOTT (1866), J. G. KOENIGSBERGER (1947), E. NIGGLI (1944)

*67. La Creusa VS (LK 1324)*

- N: Kristallin des Aiguilles-Rouges-Massivs
- B: Rosettenförmige Aggregate, durch eingelagerten Hämatit rot gebändert (A 7159.3). Diese gehen gegen die Gangmitte zu in einzelne farblose, schindelförmige Kristalle über (A 7159.2).
- M: Fluorit
- F: V. Gross
- Lit: A. FREY (1977), J. VON RAUMER (1971), E. RICKENBACH und F. VON KÄNEL (1953), Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 483 St-Maurice (1934) und Blatt 525 Finhaut (1951)

## FUNDGEBIET 5

*68. Serpiano TI (LK 1373)*

- N: Barytgang im Porphyrit
- B: Verbogene und zerbrochene, tafelige Kristalle, durch Hämatiteinschlüsse unterschiedlich rot gefärbt
- M: Fluorit, Kupferkies, Malachit, Ankerit (limonisiert), Calcit, Quarz
- Bem: Der Barytgang diente als Bewegungsfläche für eine alpine Bruchzone, wodurch die primäre Gangstruktur zerstört wurde.
- Lit: D. BERNOULLI und F. WIEDENMAYER (1967) in: Geol. Führer der Schweiz; H. FEHLMANN (1947); E. KÜNDIG und F. DE QUERVAIN (1953); A. SENN (1924); Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25000, Blatt 1353 Lugano (1976)

*69. Monte Casolo (Italien) (LK 1373)*

- N: Barytgang im Porphyrit
- B: Durchsichtige, farblose Kristalle mit schindelartigem Habitus
- M: Fluorit
- Lit: A. SENN (1924)

*70. Cuasso al Monte (Italien) (LK 1373)*

- N: Granophyr
- B: Schindelförmige Kristalle, zum Teil zu Aggregaten verwachsen, in denen die b-Achsen der einzelnen Kristalle fächerartig angeordnet sind

- M: Orthoklas, Quarz, Calcit, Fluorit, Bleiglanz, Molybdänit, Kupferkies, Pyrit  
 Lit: M. BOSCARDIN, V. DE MICHELE und G. SCAINI (1970)

*71. Bergwerk Finstergrund bei Wieden (südlicher Schwarzwald)  
 (TK 8113, Baden-Württemberg)*

- N: Pb-Ag-Zn-Vererzung der Ganggruppe A (nach METZ et al., 1958) in Gneis des präherzynischen Grundgebirges  
 B: Tafelige farblose Kristalle mit durch Flüssigkeitseinschlüsse erzeugtem Zonarbau  
 M: Fluorit, Bleiglanz, Cerussit, Ankerit, Calcit  
 Lit: K. VON GEHLEN (1955); R. METZ, G. REIN und H. SCHÜRENBERG (1958)

*72. Rossberg westlich Thann (Vogesen)  
 (Carte de France, Blatt Thann 1-2 und 3-4)*

- N: Porphyrit  
 B: Über zentimetergrosse, tafelige Kristalle  
 M: Fluorit, Quarz, Hämatit  
 Lit: E. WENK et al. (1971)

**FUNDGEBIET 6**

*73. Kapnik (Rumänien)*

- B: Tafelige, farblos klare Kristalle. Die Flächen der Zone [001] lassen durch rote Einschlüsse ein altes Wachstumsstadium erkennen.  
 M: Antimonit, Limonit

*74. Kelly Mine, New Mexico (USA)*

- B: Tafelige, gelbbraun gefärbte Kristalle ("honey barite"), innen durch feine Einschlüsse getrübt

*75. Imperial County, California (USA)*

- N: Quarz-Muskovitschiefer der Vitrefax-Formation  
 B: Von Flüssigkeitseinschlüssen durchsetzte Kristalle, die unter gekreuzten Nicols nur schlecht auslöschen  
 M: Svanbergit, Carnotit, Rutil, Turmalin, Pyrophyllit, Disthen, Quarz  
 F: H. Earl Pemberton, Santa Monica, California  
 Lit: H. E. PEMBERTON und R. E. BIDEAUX (1971)

*76. Orciatico, Provincia di Pisa (Italien)*

- N: Stark eisenhaltiger grauer Kalk; darüber gipsführende Tonschichten  
 BC: Leistenförmige, nach der b-Achse gestreckte und radialstrahlig angeordnete Kristalle  
 F: G. Paltenghi, Milano  
 Lit: P. GALLITELLI (1928)

### Literatur

SMPM = Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.

- AMBÜHL, E. (1929): Petrographie und Geologie des zentralen Gotthardmassivs südlich Andermatt. SMPM 9, 265–441.
- AMSLER, A. (1915): Tektonik des Staffelegg-Gebietes und Betrachtungen über Bau und Entstehung des Jura-Ostendes. Eclogae geol. Helv. 13, 377–488.
- ARNOLD, A. (1970): On the history of the Gotthard Massif. Eclogae geol. Helv. 63, 29–30.
- BACHMANN, A. (1976): Die Grube Unter Erlimoos. Manuskript, unpubl.
- BADER, H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentals. SMPM 14, 319–441.
- BIANCONI, F. (1971): Geologia e petrografia della regione del Campolungo. Beitr. geol. Karte Schweiz 142.
- BOLDUAN, H., P. RICHTER und G. TISCHENDORF (1961): Ergebnisse von Untersuchungsarbeiten auf Baryt im Gebiet von Schneckenstein (Vogtland). Z. angew. Geol. 7, 11–19.
- BOSCARDIN, M., V. DE MICHELE e G. SCAINI (1970): Itinerari mineralogici della Lombardia. Museo Civico di Storia Naturale, Milano.
- BOSTRÖM, K., J. FRAZER and J. BLANKENBURG (1967): Subsolidus phase relations and lattice constants in the system BaSO<sub>4</sub>-SrSO<sub>4</sub>-PbSO<sub>4</sub>. Ark. Mineral. Geol. 4, 477–485.
- BRAUN, F. (1932): Morphologische, genetische und paragenetische Trachtstudien an Baryt. N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. Beilbd. 65 A, 173–222.
- BRAUN, L. (1920): Geologische Beschreibung von Blatt Frick im Aargauer Tafeljura. Verh. natf. Ges. Basel 31, 189–242.
- BÜHLER, R. (1972): Ein neuer Strontianit-Fund im Schweizer Jura. Schweizer Strahler 2, 421/22.
- BURKHARD, A. (1973): Optische und röntgenographische Untersuchungen am System BaSO<sub>4</sub>-SrSO<sub>4</sub> (Baryt-Coelestin). SMPM 53, 185–197.
- CAMPBELL, F. A. (1959): The geology of Torbit Silver Mine. Econ. Geol. 54, 1461–1495.
- CHRIST, C. L. (1956): Precision determination of lattice constants of single crystals using the conventional Weissenberg camera. Amer. Mineralogist 41, 569–580.
- CINQUE, F. (1939): Il «marmo di Crevola» ed i suoi minerali. Atti Soc. ital. Sci. nat. Mus. civ. Storia nat. 78, 202–223.
- DEAN, R. B. and W. J. DIXON (1951): Simplified statistics for small numbers of observations. Analyt. Chem. 23, 636–638.
- DIETRICH, J. E. et C. GRITTI (1972): Crystaux de barytine d'El Kiar (Maroc central). Morphologie et croissance cristalline. Notes Mém. Serv. géol. Maroc 32, 87–99.
- EBERHARDT, P., J. GEISS, F. G. HOUTERMANS and P. SIGNER (1962): Age determinations on lead ores. Geol. Rdsch. 52, 836–852.
- ECKARDT, P. M. (1957): Zur Talgeschichte des Tavetsch, seine Bruchsysteme und jungquartären Verwerfungen. Diss. Univ. Zürich.
- ESCHER, E. (1935): Erzlagerstätten und Bergbau im Schams, in Mittelbünden und im Engadin. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 18.
- FEHLMANN, H. (1947): Der schweizerische Bergbau während des Zweiten Weltkrieges. Bureau für Bergbau des Eidg. Kriegs-, Industrie- und Arbeitsamtes.
- FEHR, A. (1956): Petrographie und Geologie des Gebiets zwischen Val Zavragia–Piz Cavel und Obersaxen–Lumbrein (Gotthardmassiv-Ostende). SMPM 36, 349–453.
- FISCHER, H. (1969): Übersichtstabelle zur Geologie der weiteren Umgebung von Basel. Beil. zu Regio basil. X/2.
- FOLLNER, H. (1973): Strukturinformationen aus Habitus und Tracht von Kristallen. Z. angew. Chem. 85, 595–632.

- FREI, A. (1952): Die Mineralien des Eisenbergwerks Herznach im Lichte morphogenetischer Untersuchungen. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 13*, Bd. 6.
- FREY, A. (1968): Baryt-Neufunde aus der Schweiz. *Schweizer Strahler 1*, 186/87.
- (1969): Interessante Mineralienfunde im Jura. *Schweizer Strahler 1*, 270–272.
- (1977): Synchisit aus dem Unterwallis. *Schweizer Strahler 4*, 205–207.
- FREY, J. D. (1967): Geologie des Greinagebietes. *Beitr. geol. Karte Schweiz 131*.
- FREY, M., J. C. HUNZIKER, W. FRANK, J. BOCQUET, G. V. DAL PIAZ, E. JÄGER and E. NIGGLI (1974): Alpine metamorphism of the Alps. A Review. *SMPM 54*, 247–290.
- FRIEDLAENDER, C. (1930): Erzvorkommnisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 16/1*.
- FRIEND, J. N. and J. P. ALLCHIN (1939): Colour of celestine. *Nature London 144*, 633.
- (1940): Colloidal gold as a colouring principle in minerals. *Mineral. Mag. 25*, 584–596.
- GALLITELLI, P. (1928): Baritocelestina di Orciatico (Pisa). *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Pisa P. V. 37*, 47–54.
- GEHLEN, K. VON (1955): Gesteine und Blei-Zink-führende Flussspatgänge zwischen Feldberg und Belchen im Hochschwarzwald. Teil II: Die Flussspatgänge von Wieden und ihre tektonische Stellung. *N. Jb. Mineral. Abh. 88*, 15–54.
- GEHLEN, K. VON, H. NIELSEN und W. RICKE (1962): S-Isotopen-Verhältnisse in Baryt und Sulfiden aus hydrothermalen Gängen im Schwarzwald und jüngeren Barytgängen in Süddeutschland und ihre genetische Bedeutung. *Geochim. cosmochim. Acta 26*, 1189–1207.
- GEIGER, T. (1948): Manganerze in den Radiolariten Graubündens. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 27*.
- GOLDSCHMID, H. O. (1965): Die Geologie des Faltenjura zwischen Olten und Unterem Hauenstein. *Tätber. natf. Ges. Baselland 24*, 14–91.
- GRAEFF, F. (1889): Die Mineralien der Drusenräume in dem Buntsandstein von Waldshut (Baden). *Z. Kristallogr. 15*, 376–386.
- GRAESER, S. (1965): Die Mineralfundstellen im Dolomit des Binnatales. *SMPM 45*, 597–796.
- (1968): Lead isotopes and minor elements in galenas and sulphosalts from Binnatal. *Earth and planet. Sci. Lett. 4*, 384–392.
- (1971): Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Bleiglanz und Zinkblende. *SMPM 51*, 415–442.
- (1975): Die Mineralfundstelle Lengenbach, Binntal. *SMPM 55*, 143–149.
- (1977): Smythit  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_{11}$  – erste Vorkommen in der Schweiz. *SMPM 57*, 17–22.
- GRAHMANN, W. (1920): Über Barytocoelestin und das Verhältnis von Anhydrit zu Coelestin und Baryt. *N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. 1*, 1–23.
- GUNDLACH, H. (1959): Untersuchungen zur Geochemie des Strontiums auf hydrothermalen Lagerstätten. *Geol. Jb. 76*, 637–712.
- GUNDLACH, H., D. STOPPEL und G. STRÜBEL (1972): Zur hydrothermalen Löslichkeit von Baryt. *N. Jb. Mineral. Abh. 116*, 321–338.
- GYGIN, M. (1930): Les mines d'or de Gondo. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 15*.
- HAGER, H. (1967): Ausbleichender Schwerspat von Baumholder. *Aufschluss 18*, 94.
- HALM, E. (1945): Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im oberen Val d'Anniviers (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 22*.
- HANOR, J. S. (1966): Origin of barite. Ph. D. Thesis, Harvard Univ. Cambridge (Mass.).
- (1968): Frequency distribution of compositions in the barite-celestite series. *Amer. Mineralogist 53*, 1215–1222.
- HARTMAN, P. and W. G. PERDOK (1955): On the relations between structure and morphology of crystals. III. *Acta crystallogr. 8*, 525–529.

- HERZOG, P. (1956): Die Tektonik des Tafeljura und der Rheintalflexur südöstlich von Basel. *Eclogae geol. Helv.* 49, 317–362.
- HOFMANN, F. (1974): Mineralien des Kantons Schaffhausen. *Njbl. natf. Ges. Schaffhausen* 26.
- HOLENWEG, H. (1967): Coelestin im Schweizer Jura. *Mineralienfreund* 5, 57–65.
- (1969): Mineralparagenesen im Schweizer Jura. *Schweizer Strahler* 1, 303–308.
- (1974): Mineralparagenesen im Gansinger Dolomit des Schweizer Juras. *Mineralienfreund* 12, 67–76.
- (1975): Baryt und Hämatit aus dem Eisenerzbergwerk Herznach. *Schweizer Strahler* 3, 363–366.
- HOLENWEG, H. und H. STALDER (1968): Neue Mineralien aus dem Schweizer Jura. *Schweizer Strahler* 1, 101–105.
- HOLENWEG, H., H. P. STEHLIN und S. GRAESER (1971): Neue Funde von Baryt im Schweizer Jura. *Schweizer Strahler* 2, 171–177.
- HUGI, E. (1900): Die Klippenregion von Giswil. *N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw.* 36.
- HÜGI, T., V. KÖPPEL, F. DE QUERVAIN und E. RICKENBACH (1967): Die Uranvererzungen bei Isérables (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 42.
- HUTTENLOCHER, H. F. (1931): Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein (Wallis). *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 16/2.
- JUNG, W. (1963): Die mesozoischen Sedimente am Südostrand des Gotthard-Massivs. *Eclogae geol. Helv.* 56, 653–754.
- KENNGOTT, A. (1866): Die Minerale der Schweiz nach ihren Eigenschaften und Fundorten. Leipzig.
- KOENIGSBERGER, J. G. (1940): Die zentralalpinen Minerallagerstätten. Wepf, Basel.
- KÖHLER, A. und H. LEITMEIER (1934): Fluoreszenzversuche an natürlichen Sulfaten. *Cbl. Mineral. Geol. Paläont. Abt. A* 1934, 364–375.
- KOSAKEVITCH, A. (1970): Crystaux de barytine du Jbel Aouam (Maroc central) et évolution de leur faciès au cours de la croissance. *Notes Mém. Serv. géol. Maroc* 30, 183–193.
- KRITSOTAKIS, K. (1974): Die  $\text{BaSO}_4$ -Löslichkeit als Funktion der thermochemischen Zustandsvariablen T,  $m_{\text{NaCl}}$ , pH,  $m_t$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . *Fortschr. Mineral.* 52, Suppl. 2, 41–43.
- KÜNDIG, E. und F. DE QUERVAIN (1953): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Kümmerly und Frey, Bern.
- LERF, E. (1970): Barytkugeln im Habkerntal. *Schweizer Strahler* 2, 68.
- LEUTHARDT, F. (1930): Zur Geologie des Steinbruchs der Sodafabrik Zurzach in Mellikon (Kanton Aargau). *Tätber. natf. Ges. Baselland* 8, 203–216.
- LÜTHY, H.-J. (1965): Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binntal (Oberwallis). Diss. Univ. Bern.
- METZ, R., G. REIN und H. SCHÜRENBERG (1958): Erläuterungen zur geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1 : 50 000. Moritz Schauenburg, Lahr.
- MÖHLER, D. (1973): Warnung vor gefälschten blauen Baryten aus Rumänien. *Aufschluss* 24, 221.
- MÜHLBERG, F. (1901): Geologische Karte der Lägernkette, mit Erläuterungen. *Geol. Karte Schweiz, Spez.-Karte* Nr. 25.
- (1914): Geologische Karte des Hauensteingebietes (Waldenburg–Olten). Mit Profiltafel und Erläuterungen. *Geol. Karte Schweiz, Spez.-Karte* Nr. 73.
- MULLIS, J. (1976): Die Quarzkristalle des Val d'Illiez – Zeugen spätalpiner Bewegungen. *Eclogae geol. Helv.* 69, 343–357.

- NIGGLI, E. (1944): Das westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs. SMPM 24, 58–301.
- (1974): Alpine Metamorphose von Erzvorkommen der Schweizer Alpen. SMPM 54, 595–608.
- NIGGLI, P. und W. STAUB (1914): Neue Beobachtungen aus dem Grenzgebiet zwischen Gotthard- und Aarmassiv. Beitr. geol. Karte Schweiz 45.
- NORTH, N. A. (1974): Pressure dependence of  $\text{SrSO}_4$  solubility. Geochim. cosmochim. Acta 38, 1075–1081.
- OBERHOLZER, W. (1955): Geologie und Petrographie des westlichen Gotthardmassivs. SMPM 35, 320–409.
- OGLI, H. (1975): Mineralienfunde aus der Dolomitzone der Lötschberg-Südrampe. Schweizer Strahler 3, 433–440.
- OHASHI, R. (1920): Note on the plumbiferous barytes from Shibukuro, Prefecture of Akita, Japan. Mineral. Mag. 19, 73–76.
- PALACHE, C., H. BERMAN and C. FRONDEL (1951): Dana's system of mineralogy, vol. II. John Wiley, New York.
- PAPAGEORGAKIS, J. (1959): Ein neues Bariummineral der Marmore von Candoglia in der unteren Val d'Ossola. SMPM 39, 333–335.
- (1961): Marmore und Kalksilikatfelse der Zone Ivrea–Verbano zwischen Ascona und Candoglia. SMPM 41, 157–254.
- (1962): Wenkit, ein neues Mineral von Candoglia. SMPM 42, 269–274.
- PEMBERTON, H. E. and R. E. BIDEAUX (1971): An occurrence of svanbergite in California. Mineral. Rec. 2, 225.
- PENFIELD, S. L. (1907): Über Krystallzeichnen unter Zugrundelegung stereographischer und gnomonischer Projectionen. Z. Kristallogr. 43, 1–11.
- PETERS, T. (1964): Tonmineralogische Untersuchungen an einem Keuper-Lias-Profil im Schweizer Jura (Frick). SMPM 44, 559–588.
- POTY, B. und H. A. STALDER (1970): Kryometrische Bestimmungen der Salz- und Gasgehalte eingeschlossener Lösungen in Quarzkristallen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen. SMPM 50, 141–154.
- POTY, B., H. A. STALDER and A. M. WEISBROD (1974): Fluid inclusions studies in quartz from fissures of Western and Central Alps. SMPM 54, 717–752.
- PUCHELT, H. (1967): Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus. Sitzber. Heidelb. Akad. Wiss. math.-natw. Kl. 1967, 85–205.
- RAO, A. B. (1957): Fissure minerals of the Simplon tunnel, northern part. Diss. phil.-natw. Fak. Bern (unpubl.).
- VON RAUMER, J. F. (1971): Exkursion der SMPG in das Altkristallin des Mont Blanc-Aiguilles Rouges-Massivs. SMPM 51, 554–562.
- VON RAUMER, J. F. und R. MARTIN (1967): Kluftfüllung in Bündnerschiefern des Domleschg. Aufschluss 18, 87–91.
- RICHLI, R. (1970): Baryt in kristalliner Form. Schweizer Strahler 2, 35.
- RICKENBACH, E. und F. VON KÄNEL (1953): Die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 31.
- ROEDDER, E.; A. V. HEYL and J. P. CREEL (1968): Environment of ore deposition at the Mex-Tex deposits, Hansonburg District, New Mexico, from studies of fluid inclusions. Econ. Geol. 63, 336–348.
- ROGGIANI, A. G. (1967): La dolomia di Crevola alla Cava Baulina. Illustrazione Ossolana 9, 22–31.
- (1975): Ossola minerale. Gaudenzio, Novara.

- RYKART, R. (1972): Barytfund in der oligozänen Molasse am Pilatus NW. Schweizer Strahler 2, 397–399.
- SABINE, P. A. and B. R. YOUNG (1954): Cell-size and composition of the baryte-celestine isomorphous series. *Acta crystallogr.* 7, 630.
- SAHEURS, J. P. (1975): Geochemische Prospektion im Gebiet der Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten bei Trachsellauen. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 55.
- SCHENKER, M. (1946): Geologische Untersuchung der mesozoischen Sedimentkeile am Südrand des Aarmassivs zwischen Lonza und Baltschiedertal. *Beitr. geol. Karte Schweiz* 86.
- SCHILLY, W. (1933): Zusammenhänge zwischen Morphologie, Struktur und Genesis bei Coelestin nebst einer vergleichenden Untersuchung dieser Beziehungen für die Barytgruppe. *N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. Beilbd.* 67 A, 323–400.
- SCHMIDT, C. (1900): Mineralien aus dem Triasdolomit des Baltschiedertales im Wallis. *N. Jb. Mineral. Geol. Paläont.* 1, 16–21.
- SCHWANDER, H. (1960): Neue Anwendungen zur quantitativen spektrochemischen Bestimmung der Hauptkomponenten in Silikatgesteinen und -mineralien (Pressverfahren, Stallwood Jet). *SMPM* 40, 289–311.
- SEAGER, A. F. and W. F. DAVIDSON (1952): Changes in habit during the growth of baryte crystals from the north of England. *Mineral. Mag.* 29, 885–894.
- SEELIGER, E. (1952): Sulfidinhalt, orientierte Verwachsungen und Trachtwechsel am Schwerspat von Christian Levin. *Heidelb. Beitr. Mineral. Petrogr.* 3, 60–76.
- SENN, A. (1924): Beiträge zur Geologie des Alpensüdrandes zwischen Mendrisio und Varese. *Eclogae geol. Helv.* 18, 551–632.
- SOMMERAUER, J. (1972): Radiometrische und erzpetrographische Untersuchungen im Muskovit-Alkalifeldspat-Augengneis von Alp Taspegn. *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 48.
- SPICHER, A. (1972a): Geologische Karte der Schweiz 1 : 500 000. Schweiz. geol. Komm.
- (1972b): Tektonische Karte der Schweiz 1 : 500 000. Schweiz. geol. Komm.
- STALDER, H. A. (1964): Petrographische und mineralogische Untersuchungen im Grimselgebiet (Mittleres Aarmassiv). *SMPM* 44, 187–398.
- STALDER, H. A., F. DE QUERVAIN, E. NIGGLI und S. GRAESER (1973): Die Mineralfunde der Schweiz. Wepf, Basel.
- STAPFF, F. M. (1880): Geologisches Profil des St. Gotthard in der Axe des grossen Tunnels. Bern.
- STARKE, R. (1964): Die Strontiumgehalte der Baryte. *Freiberger Forschh.* C 150.
- STECK, A. und E. GLAUSER (1968): Universaldrehtisch für optische Untersuchungen von Mineralkörnern. *SMPM* 48, 815–820.
- STEHLIN, H. P. (1975): Die ehemalige Fossilien- und Mineralienfundstelle an der Ergolz in Schöntal. *Tätber. natf. Ges. Baselland* 29, 339–347 (1971–1974).
- STRÜBEL, G. (1966): Die hydrothermale Löslichkeit von Coelestin im System  $\text{SrSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ . *N. Jb. Mineral. Mh.* 1966, 99–108.
- (1967): Zur Kenntnis und genetischen Bedeutung des Systems  $\text{BaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ . *N. Jb. Mineral. Mh.* 1967, 223–234.
- SWEET, J. M. (1930): Notes on British barytes. *Mineral. Mag.* 22, 257–270.
- TAKANO, B. and K. WATANUKI (1972): Strontium and calcium coprecipitation with lead-bearing barite from hot spring water. *Geochem. J.* 6, 1–9.
- (1974): Geochemical implications of the lead content of barite from various origins. *Geochem. J.* 8, 87–95.
- TISCHENDORF, G. (1962): Fortschritte beim Studium der Spurenelementgehalte im Baryt. *Geologie* 11, 1052–1058.

- USDOWSKI, E. (1973): Das geochemische Verhalten des Strontiums bei der Genese und Diagenese von Ca-Karbonat- und Ca-Sulfat-Mineralien. *Contr. Mineral. Petrol.* 38, 177–195.
- (1974): Stabile und metastabile Reaktionen bei geochemischen Prozessen der Sedimentbildung und der Diagenese. *Fortschr. Mineral.* 52, 81–93.
- WEIBEL, M. (1969): Die Mineralien der Schweiz. Birkhäuser, Basel.
- WENK, E., J. HAMEURT, T. JUTEAU und P. FLUCK (1971): Bericht über die Exkursion der SMPG in die Vogesen. *SMPM* 51, 303–315.
- WENK, H. R. (1967): Baryt und Ankerit aus Ammoniten des Berner Juras. *Contr. Mineral. Petrol.* 14, 81–85.
- ZBINDEN, P. (1949): Geologisch-petrographische Untersuchungen im Bereich südlicher Gneise des Aarmassivs (Oberwallis). *SMPM* 29, 221–356.

Manuskript eingegangen am 31. Oktober 1977.