

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 54 (1944)  
  
**Artikel:** Röntgenographische Untersuchungen an Verkalkungen im Pflanzenkörper  
**Autor:** Brandenberger, E. / Schinz, H.R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38519>

### **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:** 09.01.2026

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

## Röntgenographische Untersuchungen an Verkalkungen im Pflanzenkörper.

Von E. Brandenberger und H. R. Schinz.

Eingegangen am 18. April 1944.

Die Erkenntnis, daß Kristalle in mannigfacher Weise Bestandteile auch der Lebewesen darstellen, ruft allgemein einer *vermehrten* Anwendung *kristallkundlicher* Untersuchungsmethoden beim Studium biologischer Probleme, gleich einer allgemeineren Respektierung unserer in das Wesen des kristallisierten Zustandes gewonnenen Einsicht. Dabei werden zu einer Kennzeichnung kristallisierter Anteile im Pflanzen- und Tierkörper, aber auch im menschlichen Organismus, jene Verfahren der Kristalluntersuchung das besondere Interesse beanspruchen, welche, da von der Größe des einzelnen Kristalls weitgehend unabhängig, eine erfolgreiche Anwendung selbst dann noch zulassen, wenn die fraglichen Einzelkristalle mit ihrer Größe die Grenze mikroskopischer Erkennbarkeit nicht überschreiten. Darin liegt die ausgezeichnete Bedeutung einer Bestimmung der Kristallarten und der Charakterisierung ihres Zustandes nach Größe und Güte der Kristalle sowie deren Anordnung zum Kristallhaufwerk an Hand der *Röntgeninterferenzen*, auszuführen auch an Kristallen von einer mittleren Größe von bloß  $10^{-7}$  cm, also weit über das der kristalloptischen Untersuchung zugängliche Anwendungsgebiet hinausgreifend<sup>1</sup>. Nachdem in einer früheren Arbeit die Verkalkungen im menschlichen Organismus, unter Heranziehung röntgenographischer Methoden, eine systematische Behandlung erfahren hatten, hierbei zu Vergleichszwecken auch eine größere Zahl von tierischen Verkalkungen untersucht worden war<sup>2</sup>, lag es nahe, gleichfalls eine Reihe von *im Pflanzenkörper bestehenden Verkalkungen* einer röntgenographischen Untersuchung, im Hinblick auf die Natur ihrer kristallisierten Bestandteile, zu unterziehen.

Davon ausgehend, daß das eingeschlagene Verfahren unzweifelhaft auch eines anderweitigen Einsatzes auf dem Gebiet der Pflanzenkunde

<sup>1</sup> Siehe hierzu A. Frey-Wyßling, Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen, Berlin 1935, in welcher Monographie bereits mit allem Nachdruck auf die Bedeutung der Kristallkunde für die dort behandelten Fragen hingewiesen und im besonderen die erfolgreiche Verwertung kristalloptischer Methoden dargelegt wird.

<sup>2</sup> E. Brandenberger und H. R. Schinz, Röntgenographische Untersuchungen über das Verhalten der anorganischen Knochensubstanz bei den hauptsächlichen Knochenkrankheiten des Menschen und die Verkalkungen des menschlichen Organismus. Erscheint in Fortschr. Röntgenstr. (z. Z. im Druck).

fähig ist, mag es einleitend nach seiner grundsätzlichen Seite hin kurz gekennzeichnet werden: Indem jede Kristallart im Röntgendiagramm (Pulveraufnahmen, hergestellt nach dem sog. Debye-Scherrer-Verfahren) ein ihr (und nur ihr) typisches Interferenzmuster charakterisiert durch eine beschränkte Anzahl von Interferenzlinien von bestimmter Intensität abgibt, welche in bestimmten Abständen zum Einstichpunkt des einfallenden Strahls auftreten, kann umgekehrt dieses System der Röntgeninterferenzen einer Kristallart zu ihrem Nachweis benutzt werden: es ist irgendeine Kristallart als Bestandteil eines Körpers erkannt, wenn im Röntgendiagramm des letztern das der betreffenden Kristallart eigene System von Röntgeninterferenzen sich vorfindet, sei es für sich allein (dann ist die fragliche Kristallart als einzige allein vorhanden), sei es überlagert von andern Interferenzen (dann ist neben der fraglichen Kristallart mindestens eine weitere am Aufbau des interessierenden Körpers beteiligt). Solches *röntgenographisches Bestimmen der Kristallarten* hat naturgemäß die Kenntnis der Röntgeninterferenzsysteme aller in Frage kommenden Kristallarten zur Voraussetzung<sup>3</sup>. Für die verhältnismäßig wenigen Kristallarten, welche bisher als Träger menschlicher, tierischer oder pflanzlicher Verkalkung angetroffen wurden, sind diese für die Methode grundlegenden Daten<sup>3</sup> nahezu ausnahmslos bekannt, so daß sich nur in seltenen Fällen die Untersuchung passender reiner Vergleichsstoffe als notwendig erweisen dürfte. Für die Anwendung der Methoden röntgenographischer Kristalluntersuchungen sind sodann die folgenden Gesichtspunkte maßgebend, welche zugleich die Grenzen des Verfahrens bestimmen:

1. Eine Untersuchung der kristallisierten Anteile nach den Röntgeninterferenz-Methoden wird zunächst stets an dem betreffenden pflanzlichen Teil im Zustand seiner natürlichen Anlieferung (entweder als Ganzes oder dann nach Herstellung eines Präparats passender Abmessungen) versucht werden. Zur Erzeugung eines hinreichend intensiven Röntgendiagramms genügen hierbei, normale Beschaffenheit der anwesenden Kristalle vorausgesetzt, recht geringe Substanzmengen bzw. klein bemessene Pflanzenteile, falls darin kristallisierte Anteile in einer genügend hohen Konzentration vorliegen. Wo letzteres indessen nicht zutrifft, hat erst eine Anreicherung der kristallinen Bestandteile zu erfolgen (als einfachster Weg kann hierfür die Veraschung dienen, vorausgesetzt, daß die fraglichen Kristallarten dabei keine Veränderung erfahren oder aber in bekannter Weise sich umwandeln oder zersetzen); dies im besondern dann, wenn die fraglichen Kristalle aus irgendeinem Grunde, wie z. B. wegen eines beträchtlichen Fehlbaus

<sup>3</sup> Siehe ausführlichere Darstellungen der röntgenographischen Verfahren und ihrer Anwendungen bei E. Brandenberger, Die röntgenometrische Gemischanalyse und ihre technische Anwendung, Schweiz. Techn. Zeitschr. 1937, E. Brandenberger, Röntgenographische Untersuchungen in der Chemie, Technik-Industrie und Schweiz. Chemiker-Zeitung 24 (1941) 177, E. Brandenberger, Die Erforschung der chemischen Konstitution und die Kristallchemie, ibid. 27 (1944). Dazu die umfassende Darstellung auch der Grundlagen röntgenographischer Feinstrukturuntersuchungen bei P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie, Teil II (Berlin 1943).



der Kristalle, ein wesentlich herabgesetztes Interferenzvermögen besitzen. Allgemein ist der Nachweis einer einzig auftretenden Kristallart leichter und daher sehr oft ohne besondere Maßnahmen möglich im Gegensatz zur sichern röntgenographischen Analyse eines Gemisches mehrerer Kristallarten. Hier kann sich unter bestimmten Umständen eine Kristallart dem röntgenometrischen Nachweis entziehen, wiewohl sie in Gehalten von 20—30 % vorliegt.

2. Da im Falle der im Pflanzenkörper vorkommenden Kristallarten eine nur beschränkte, nicht übermäßig große Mannigfaltigkeit an solchen in Betracht fällt, wird sehr oft deren röntgenographische Bestimmung gelingen, ohne daß weitere Untersuchungsmethoden heranzuziehen wären. Dennoch wird sich auch hier in

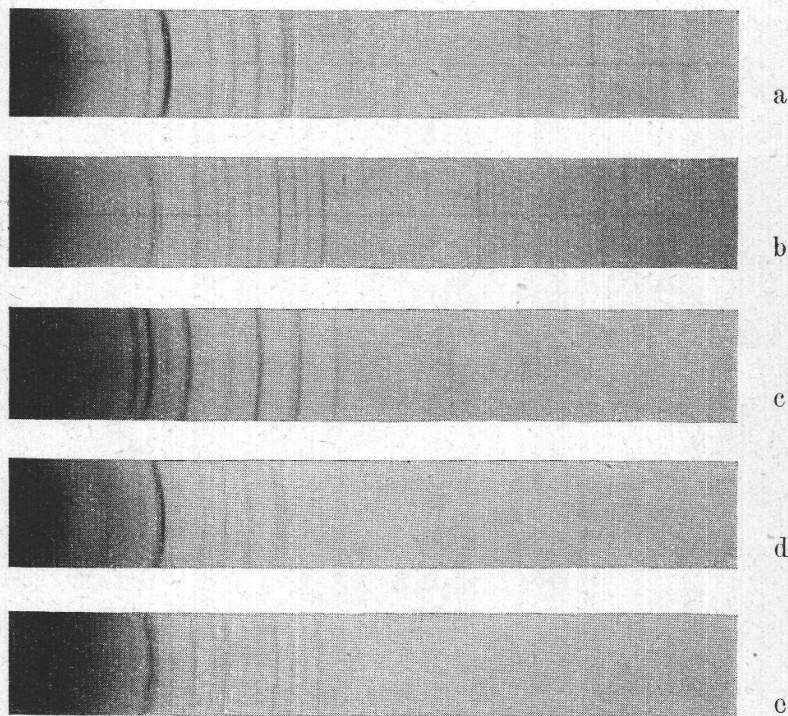


Abbildung 1.

Ausschnitte aus Röntgendiagrammen (Pulveraufnahmen) von Calcit (a), Aragonit (b), Vaterit (c), sodann von zwei pflanzlichen Verkalkungen: *Saxifraga* (d), *Halimeda* (e).

bestimmten Fällen die Kombination röntgenographischer Verfahren mit spektroskopischen, optischen und mikrochemischen Untersuchungsmethoden zum mindesten als nützlich, wenn nicht gar als einzig gangbarer Weg erweisen im Hinblick darauf, daß keine der einzelnen Methoden für sich allein angewendet zu eindeutigen Ergebnissen zu führen vermöchte. Dabei darf die röntgenographische Untersuchung für sich allerdings in Anspruch nehmen, in sehr zahlreichen Fällen völlig eindeutige Resultate zu liefern, und zwar nicht nur hinsichtlich der Bestimmung der vorhandenen Kristallarten, sondern auch in Bezug auf eine Kennzeichnung der äußern und innern Eigentümlichkeiten der betreffenden Kristalle, ein Umstand, welcher neben ihrer experimentell sehr fortgeschrittenen Entwicklung ihre vermehrte Anwendung gerade auf dem Gebiet der Biologie nahelegt.

3. Stets ist zu beachten, daß bei den hier und auch bei ähnlicher Anwendung mittels röntgenographischer Untersuchungen erzielbaren Ergebnissen (im Gegensatz zu jenen Fällen, wo Einkristalle zur Untersuchung gelangen) das Röntgendiagramm



durchwegs an einer großen Zahl von Kristallen zustande kommt, sich dessen Aussagen dementsprechend stets auf das durchschnittliche Verhalten vieler Kristalle beziehen. Dies betrifft im besondern alle über die Kristallgröße und -güte gezogenen Schlußfolgerungen gestützt auf röntgenographische Befunde, wobei hinsichtlich der ersteren zu betonen ist, daß mikroskopisch bestimmte Teilchengröße und röntgenographisch ermittelte Kristallgröße durchaus nicht übereinzustimmen brauchen (dies wird einzig zutreffen, wenn die einzelnen Teilchen Einkristalle darstellen, nicht aber in allen jenen Fällen, wo sich die Teilchen als Kristallhaufwerke [polykristalline Körper] erweisen, die Größe des einzelnen Kristalls dann stets nur einen Bruchteil der Teilchengröße ausmacht).

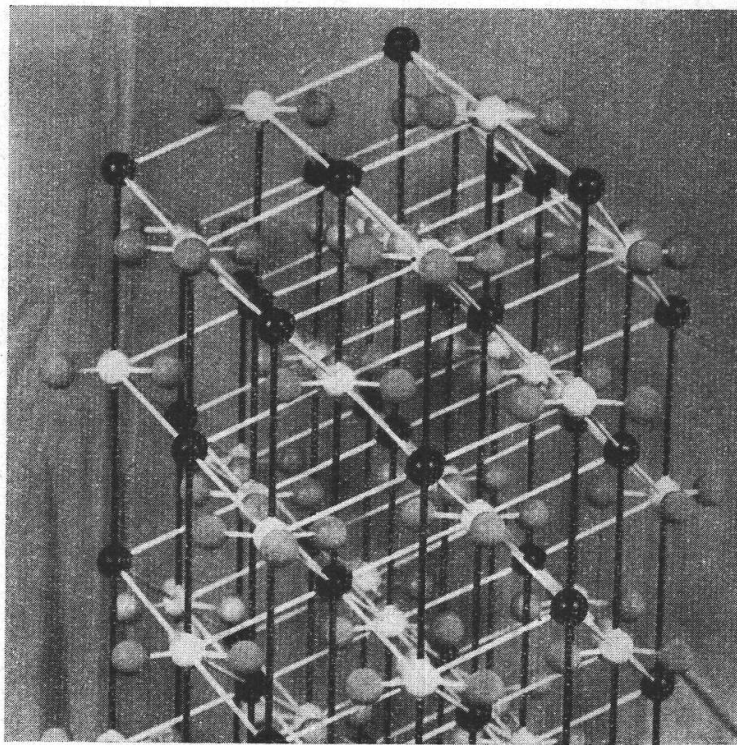


Abbildung 2.

Ausschnitt aus der Kristallstruktur des Calcits (dunkle Kugeln = Ca, weiße Kugeln = C, graue Kugeln = O).

## II.

Die röntgenographische Bestimmung *der als Träger pflanzlicher Verkalkungen erscheinenden Kristallarten* mußte — in Anwendung des zuvor Ausgeführten — besonderes Gewicht erhalten, weil die chemische Verbindung Calcium-Karbonat  $\text{CaCO}_3$  bekanntlich in verschiedenen kristallisierten Formen, in mehreren sogenannten Modifikationen auftritt, indem die dem  $\text{CaCO}_3$  eigenen molekularen Bausteine, nämlich die Ionen  $\text{Ca}^{2+}$  und die Radikale  $(\text{CO}_3)^{2-}$  sich in verschiedener Weise zu gitterhaften Verbänden vereinigen können. Gleicher chemischer Zusammensetzung  $\text{CaCO}_3$  entsprechen daher mehrere, verschiedene Kristallstrukturen, so daß *der einen Verbindung  $\text{CaCO}_3$  ihrem polymorphen Charakter entsprechend mehrere Kristallarten: Calcit, Aragonit, Va-*

*terit* (letzterer auch als  $\mu$ -CaCO<sub>3</sub> bezeichnet) *gegenüberstehen*<sup>4</sup>. Dazu kommen noch weitere, mit besondern Namen belegte Formen des CaCO<sub>3</sub>, für welche es jedoch recht fraglich ist, inwieweit sie eigene, selbständige Kristallarten darstellen. Solches trifft nach unsern Untersuchungen beispielsweise für den von B. Ernö als neue Kristallart « Protocalcit » beschriebenen Fall<sup>5</sup> sicher nicht zu, indem eine Probe von sogenanntem Protocalcit ein Röntgendiagramm ergibt, welches in jeder Beziehung mit dem normalen Diagramm des Calcits übereinstimmt.

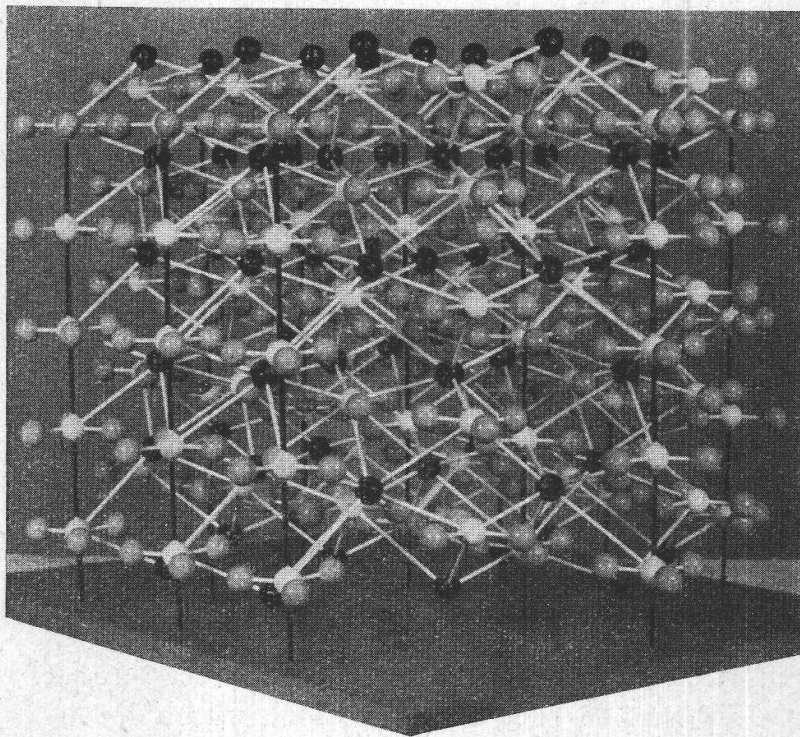


Abbildung 3.

Ausschnitt aus der Kristallstruktur des Aragonits (dunkle Kugeln = Ca, weiße Kugeln = C, graue Kugeln = O).

Wie die Abbildung 1 erkennen läßt, sind die drei Kristallarten Calcit, Aragonit, Vaterit an Hand des Röntgendiagramms in eindeutiger Weise voneinander zu unterscheiden und dementsprechend auch Gemenge aus mehreren von ihnen, z. B. ein Gemisch aus Calcit und Aragonit leicht

<sup>4</sup> Die scharfe Fassung des Begriffs der Kristallart, das Feld stetiger Variabilität der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Merkmale diesem zugrunde legend, ist erst auf dem Boden einer neuzeitlichen Kristallchemie möglich geworden und P. Niggli zu verdanken. Siehe hierzu neben dem zitierten Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie im besondern : P. Niggli, Der Artbegriff in der Mineralogie (im Druck), wo der Artbegriff eine grundlegende Darstellung erfährt und im Zusammenhang damit auch die Beziehungen des in der Kristallkunde definierbaren Artbegriffs mit jenem der Biologie erörtert werden.

<sup>5</sup> B. Ernö, Erdélyi Muzeum XLII (1937) 3.



als solche zu kennzeichnen. Einen Einblick in die verschiedene *molekulare Konstitution* von Calcit und Aragonit vermitteln die Abbildungen 2 und 3, welche Ausschnitte aus deren Kristallstrukturen, ebenfalls ermittelt aus den Röntgeninterferenzen, wiedergeben. Die verschiedene Bauweise von Calcit und Aragonit aus denselben Bauelementen Ca und ( $\text{CO}_3$ ) erläutert im besondern Abbildung 4, in welcher die den beiden

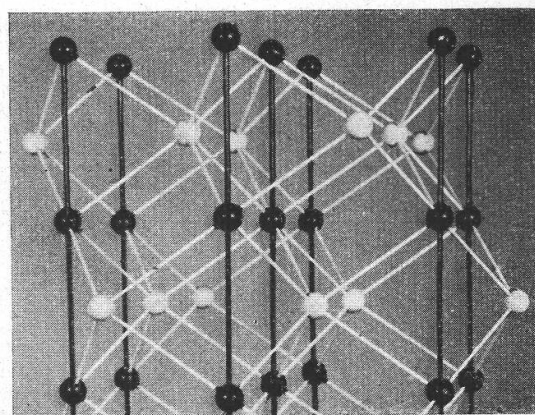
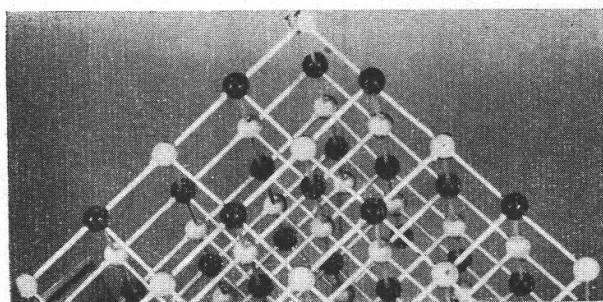


Abbildung 4.

Die idealisierten Baupläne der Calcit- und Aragonit-Struktur :

Abbildung 4a.

Idealisierte Calcit-Struktur.

Abbildung 4b.

Idealisierte Aragonit-Struktur.

(Schwarze Kugeln : Schwerpunkte der  $[\text{CO}_3]$ -Gruppen,  
helle Kugeln : Ca.)

Strukturen zugrunde liegenden Baupläne idealisiert veranschaulicht sind (auch die  $[\text{CO}_3]$ -Gruppen sind hier nur noch durch ihren Schwerpunkt dargestellt); es ergibt der Vergleich, wie sich die beiderlei Gitterbausteine, die Ca und ( $\text{CO}_3$ ), gegenseitig zwar durchwegs in der Sechszahl umgeben (jedes Ca sechs  $[\text{CO}_3]$ -Gruppen und jedes  $[\text{CO}_3]$ -Radikal sechs Ca zu nächsten Nachbarn hat), im Falle des Calcits die Anordnung der sechs ( $\text{CO}_3$ ) um ein Ca gleicher Art ist wie die Gruppierung der sechs Ca um eine ( $\text{CO}_3$ )-Gruppe im Gegensatz zum Aragonit, wo die sechs Ca ein Radikal ( $\text{CO}_3$ ) anders umgeben als die sechs ( $\text{CO}_3$ ) ein Ca.

Calcit und Aragonit sind beide als natürliche Mineralien bekannt; beide wie auch die dritte Modifikation, der Vaterit, lassen sich zudem leicht künstlich darstellen. Bei Ausscheidungen entstehen oft zunächst Aragonit oder Vaterit und wandeln sich später in Calcit um; zudem ist bekannt, daß gleichzeitig in der Lösung anwesende Magnesiumsalze sowie eine geringfügige Temperaturerhöhung die Bildung von Aragonit begünstigen. *Calcit und Aragonit werden sowohl als Bestandteile von tierischen wie von pflanzlichen Verkalkungen angetroffen*, während im Falle der Verkalkungen des menschlichen Organismus in allen von uns

untersuchten Fällen bisher  $\text{CaCO}_3$  einzig in der Modifikation des Calcits festgestellt wurde<sup>2</sup>.

Über den *Aufbau pflanzlicher Verkalkungen*<sup>6</sup> im einzelnen gibt die folgende summarische Zusammenstellung Auskunft, in welcher neben unsern eigenen Befunden gleichzeitig einige in der Literatur angeführte Beobachtungen enthalten sind :

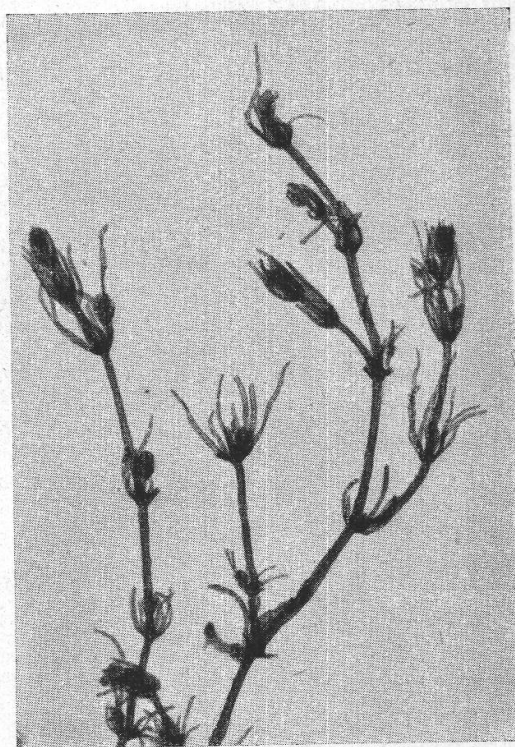


Abbildung 5.  
Röntgenbild von *Chara hispida* L.

#### A. Schleimpilze :

Von der bekannten Tatsache ausgehend, daß bei verschiedenen Familien der Schleimpilze « Kalk » auf den Fruchtkörpern eingelagert sich vorfindet, wurden zwei Arten von *Didymium* untersucht: *Didymium squamulosum* (Alb. et Schweiz) Fr. ergab  $\text{CaCO}_3$  in der *Calcit*-Modifikation bei mittleren linearen Dimensionen der Calcit-Kristalle im Bereich von 0,1 bis 0,001 mm, während bei *Didymium difforme* (Pers.) Duby die Konzentration des « Kalkes » für einen unmittelbaren röntgenographischen Nachweis nicht ausreichte.

#### B. Pilze :

Wenn solche zwar in Kultur oder auch im Naturzustand gelegentlich « Kalkablagerungen » zeigen, stand uns hierfür kein geeignetes

---

<sup>6</sup> Eine systematische Übersicht über die Kalkbildung durch Pflanzen stammt von J. Pia, Die Kalkbildung durch Pflanzen. Beihefte zum Bot. Zentralbl. LII (1934), Abt. A; siehe ferner J. Pia, Pflanzen als Gesteinsbildner. Berlin, Verlag Bornträger 1926. Für Überlassung von pflanzlichem Material danken wir den Herren Daeniker, Ernst, Frey-Wyßling und Jaag.



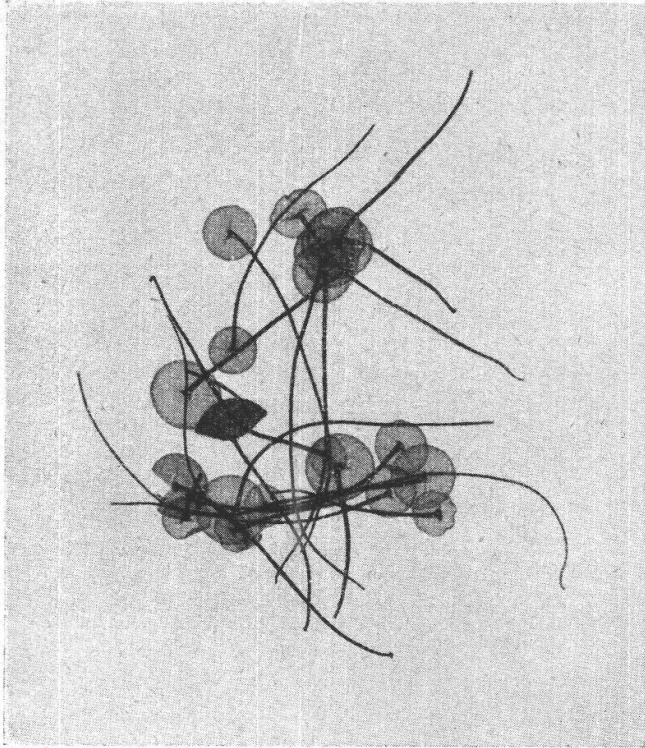


Abbildung 6.  
Röntgenbild von *Acetabularia mediterranea* Lamour.

Untersuchungsmaterial zur Verfügung, so daß hier die Frage nach der Natur der « Kalkbildungen » noch offen bleibt.

*C. Algen :*

Als Vertreter der Blaualgen wurde *Rivularia haematites* D. C. untersucht, wo sich das vorhandene Calcium-Karbonat als *Calcit* in recht grobkristalliner Ausbildung (mittlere lineare Kristallgröße 0,1 bis 0,01 mm) erwies.

Aus der Gruppe der Conjugaten lieferte *Oocardium stratum* Naegeli dasselbe Ergebnis, die *Calcit*-Kristalle ebenfalls in Individuen be-

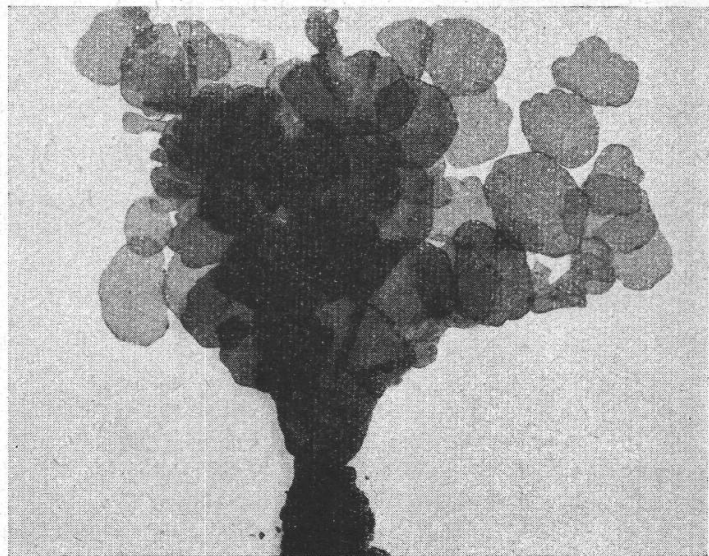
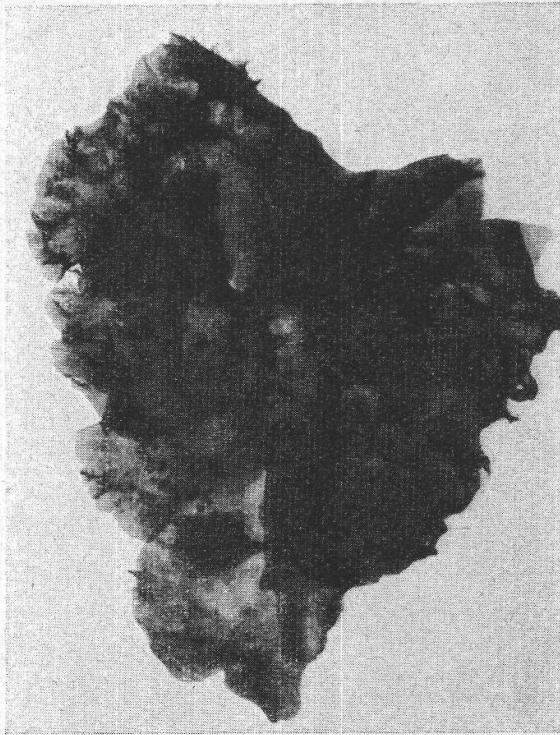


Abbildung 7.  
Röntgenbild von *Halimeda spec.*

Abbildung 8.  
Röntgenbild von *Lithophyllum expansum* Phil.



achtlicher, indessen gleichmäßigerer Größenentwicklung als *Rivularia haematites* zeigend (mittlere Kristallgröße vorherrschend um 0,1 mm).

Von den Grünalgen des Süßwassers wurde *Chara hispida* L. (Abb. 5) als Beispiel gewählt und an älteren Individuen  $\text{CaCO}_3$  als *Calcit* mit mittleren linearen Kristalldimensionen im Gebiet von 0,1 bis 0,001 mm nachgewiesen, während an der Grünalge des Meeres: *Acetabularia*

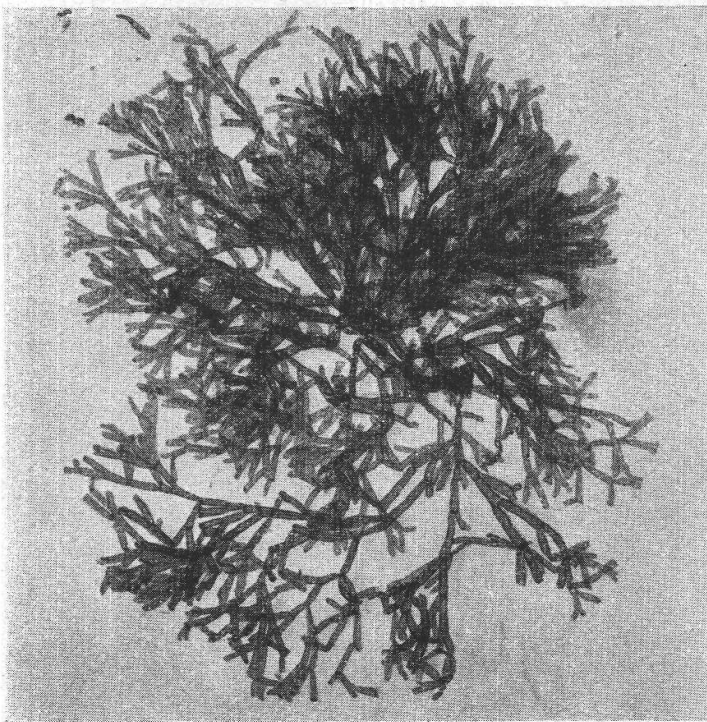


Abbildung 9.  
Röntgenbild von  
*Galaxaura rugosa* (Soland)  
Lamour.



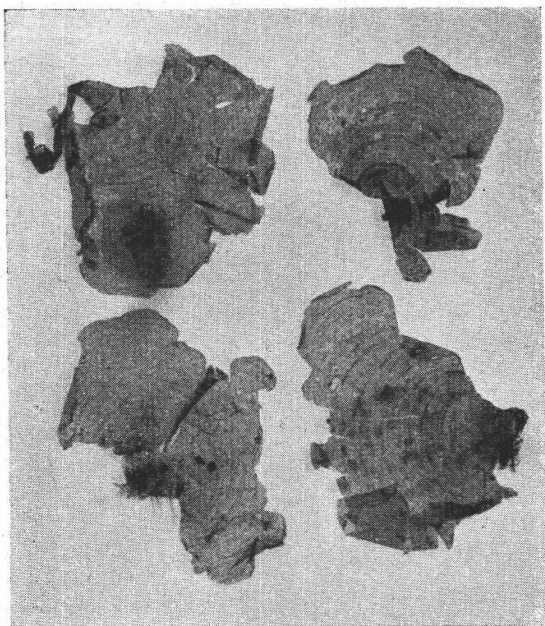


Abbildung 10.  
Röntgenbild von *Padina pavonia* L. Gaill.

*mediterranea* Lamour (Abb. 6) (hier sowohl am Stiel als auch am Schirm) *Aragonit* in Kristallen von einer durchschnittlichen linearen Größe um 0,001 mm (die Kristalle am Schirm eher etwas kleiner als diejenigen am Stiel) auftritt, und auch die marine Grünalge *Halimeda spec.* (Abb. 7)  $\text{CaCO}_3$  in dieser Modifikation bei gleicher Kristallgröße zeigt, beide Befunde in Übereinstimmung mit den früheren Beobachtungen von Meigen, wogegen die von Leitgeb stammende Angabe eines Auftretens von Calcium-Oxalat auf dem Schirm von *Acetabularia* sich an dem uns verfügbaren Material nicht bestätigte.

Unter den Rotalgen wurde aus der Familie der Steinalgen (Coralinaceen) *Lithophyllum expansum* Phil. (Abb. 8) als Meereralge herausgegriffen und  $\text{CaCO}_3$  als *Calcit* in Kristallen von einer mittleren linearen Größe um 0,001 mm gefunden (in Bestätigung eines Befundes von Meigen), während die Rotalge *Galaxaura rugosa* (Abb. 9) Calcium-Karbonat in der *Aragonit*-Modifikation zeigt, und zwar in einer bevorzugten Kristallgröße um 0,001 mm neben einzelnen größeren Kristallindividuen

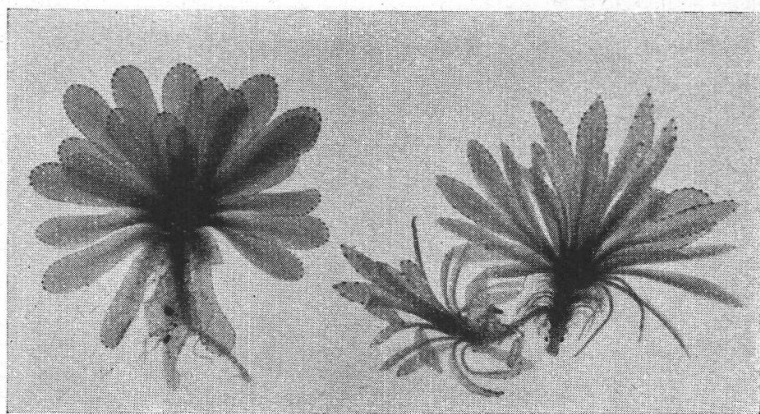
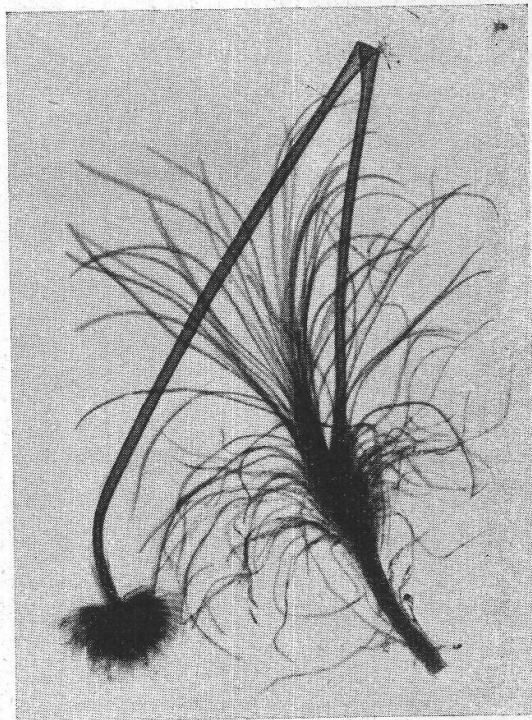


Abbildung 11.  
Röntgenbild von  
*Saxifraga Hostii* Tausch.

mit Abmessungen im Bereich von 0,1—0,01 mm. Bei den Rotalgen wird somit  $\text{CaCO}_3$  in zweierlei Formen beobachtet, wobei die Art der vorhandenen Modifikation anscheinend gattungs- bzw. arttypisch ist. Im Zusammenhang damit sei die Feststellung an tierischen Verkalkungen erwähnt, wonach dort bei ein und derselben Spezies Verkalkungen aus Aragonit und solche als Calcit getroffen werden, zudem auch Gemenge aus Calcit und Aragonit als tierische Verkalkungen gefunden worden sind.

Von den Braunalgen zeigt einzig die Gattung *Padina* Kalkbildungen von wesentlichen Ausmaßen; an *Padina pavonia* (L.) Gaill. (Abb. 10)

Abbildung 12.  
Röntgenbild von *Armeria vulgaris*  
Willd.



erwies sich das vorhandene  $\text{CaCO}_3$  als *Aragonit* bei einer durchschnittlichen linearen Kristallgröße um 0,001 mm.

#### *D. Moose :*

Nach den über die Verkalkungen der Moose in der Literatur bestehenden Angaben (z. B. bei *Pia*) dürfte es sich dabei vorzugsweise um Calcit-Bildungen handeln entsprechend dem Umstand, daß die Verkalkung der Moose zumeist mit der Kalktuffbildung in naher Beziehung steht; eigene Untersuchungen wurden hierzu keine ausgeführt.

#### *E. Gefäßpflanzen :*

Neben der Kalkfällung an Blättern und Zweigen der Wasserpflanzen sind mannigfache Formen einer innerlichen Verkalkung von Pflanzen bekannt: so die diffuse Kalkeinlagerung in die Zellwände und die Kalk-



ablagerung in Zystolithen. Dazu tritt eine Kalkfällung durch Gutation, wenn die zunächst ausgeschiedenen Lösungen eindunsten und es so zur Bildung eines Rückstandes an der Pflanzenoberfläche kommt. Hierzu wurden von uns röntgenographisch untersucht: Gutationsrückstände zweier Steinbrecharten, nämlich *Saxifraga crustata* Vest. und *Saxifraga Hostii* Tausch. (Abb. 11), welche sich in beiden Fällen als aus Calcit bestehend erwiesen bei einer bevorzugten mittleren linearen Kristallgröße um 0,001 mm neben einzelnen größeren Kristallen, welche Abmessungen bis 0,1 mm erreichen. An ähnlichen Ausscheidungen, wie sie für gewisse Farne und bei den Plumbaginaceen typisch sind, wurde der Überzug an einem Rhizom von *Polypodium aureum* L. der Untersuchung unterworfen, hierbei indessen ein Röntgendiagramm erhalten, das nur wenige, schwache und verwaschene Interferenzen zeigt und zu den Interferenzensystemen der  $\text{CaCO}_3$ -Modifikationen in keiner Beziehung steht, sodann der durch Veraschen eines Stiels von *Armeria vulgaris* Willd. (Abb. 12) erhaltene Rückstand, dessen Röntgendiagramm gleichfalls mit keinem  $\text{CaCO}_3$ -Diagramm übereinstimmt, aber auch nicht die Interferenzen von CaO aufweist, wie sich solche im Falle einer Zersetzung des Calcium-Karbonats zu Calcium-Oxyd einstellen. Auffallend ist die Feststellung, daß der durch Veraschen eines Blattes von *Ficus elastica* gewonnene Rückstand ein Röntgendiagramm liefert, welches hinsichtlich eines Teiles seiner Interferenzlinien mit dem an der Asche von *Armeria vulgaris* erhaltenen Diagramm übereinstimmt. Es folgt hieraus, daß es bei der Gutation im Falle der Plumbaginaceen offensichtlich auch zur Fällung anderer Salze als  $\text{CaCO}_3$  kommen kann und außerdem das Blatt von *Ficus elastica* sicher noch andere anorganische Anteile als Calcium-Karbonat enthalten muß.

Untersuchungen, wie sie im Vorstehenden am Beispiel einzelner Verkalkungen des Pflanzenkörpers erörtert worden sind, lassen sich selbstverständlich auch an anderswie mineralisierten, beispielsweise verkieselten Pflanzenteilen anstellen. Während an veraschtem Schilfgras ein nur sehr linienarmes Diagramm erhalten wird, läßt das Röntgenogramm von natürlicher Kieselgur, im wesentlichen aus Schalen von Diatomeen bestehend, unzweifelhaft das Interferenzensystem des Quarzes erkennen, damit den Nachweis erbringend, daß zum mindesten ein wesentlicher Teil des in der Diatomeenerde vorhandenen  $\text{SiO}_2$  in als Quarz kristallisierter Form vorliegt. Im Gegensatz dazu liefern Proben von *Tabaschir* aus Bambusstäben sowohl in der natürlichen Anlieferung als nach thermischer Behandlung keine Kristallinterferenzen. Daß im Bereich der Verkieselungen aber auch andersartige Kristallarten als solche der Verbindung  $\text{SiO}_2$  auftreten können, beweist das Röntgendiagramm an der Asche von *Equisetum hiemale*, das mit keinem der Interferenzensysteme einer von  $\text{SiO}_2$  bekannten Modifikation übereinstimmt.