

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 42: 100 Jahre Eidg. Technische Hochschule

**Artikel:** Elektronenmikroskopie und Kristallsynthese  
**Autor:** Balduzzi, Franco  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62007>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 27.04.2025

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

Conrad Hirzel in Winterthur das schweiz. Pat. 7285 angemeldet, das einen «Apparat zur Gewinnung von Kochsalz durch Abkühlung von Salzsole» betrifft, bei dem zum Ausfrieren einer Lösung eine Kältemaschine verwendet wird. Das Ausfrieren erfordert viel weniger Wärme als das Eindampfen; die Wärme muss aber über eine grössere Temperaturstufe hinaufgeführt werden, als dies bei der Brüdenverdichtung der Fall ist. Ueberdies ist die Trennung von Salz und Wasser nicht so einfach wie beim Versieden. Nach einer Pressenotiz aus dem Jahre 1954 beschäftigt sich die Universität des Staates Washington mit der Umwandlung von Meerwasser in Trinkwasser durch Ausfrieren. Heute befinden wir uns bezüglich Trinkwasser schon an verschiedenen Orten in einer ausgesprochenen Notlage, und das Salz kann bei der Trennung des Salzwassers gegenüber dem trinkbaren Wasser in den Hintergrund treten.

Ebenfalls von Winterthur aus ist durch die Vertretung von Gebrüder Sulzer in Argentinien zu Beginn der zwanziger Jahre in Buenos Aires eine Klimaanlage mit zwei Ammoniak-Kältekompressoren von 130 000 bzw. 50 000 kcal/h, also insgesamt von 180 000 kcal/h erstellt worden [7]. Sie ist zur weitgehenden Lufttrocknung und nicht einfach zur Kühlung gebaut. Buenos Aires weist ein tropisches Klima mit hoher Feuchtigkeit auf. Man muss die Aussenluft durch starke Unterkühlung entfeuchten, darf aber die Raumtemperatur nicht zu stark unter die jeweilige Aussen-temperatur senken. Das wurde damals von der Lieferfirma richtig erkannt. Demgegenüber fassten die Amerikaner anfänglich die Luftkonditionierung in jugendlichem Uebermut als ein einfaches Luftkühlungsproblem auf; sie wollten stets 20 Grad im Raum aufrechterhalten, unbekümmert um die Aussen-temperatur. Der Entwärmungsbegriff war damals noch sehr umstritten.

Zwischen beiden Weltkriegen machte Prof. v. Gonzenbach auf das Katathermometer von Hill aufmerksam, und Gebrüder Sulzer entwickelten es in Zusammenarbeit mit v. Gonzenbach zu einem zuverlässigen, praktisch sehr einfach anzuwendenden Entwärmungsmesser, mit dem die Streitfragen über die Behaglichkeit rasch geschlichtet werden konnten. Nicht die Not des Gütermangels haben der Luftkonditionierung in den letzten Jahren einen grossen Auftrieb gegeben, sondern die Notwendigkeit, ein gesteigertes Arbeitstempo unter ungünstigen klimatischen Bedingungen und trotz zunehmendem Strassenlärm aufrecht erhalten zu können.

Der Mangel an Brennstoffen und elektrischer Energie hat während des Zweiten Weltkrieges schliesslich der Verwendung der Kältemaschine als Heizanlage nach den ursprünglichen Vorschlägen von Lord Kelvin grossen Auftrieb gegeben. Ab- und Umweltwärme von ungenügendem Temperaturniveau

kann durch Hinaufheben auf eine nutzbare Temperaturstufe zweckmässig und wirtschaftlich verwertet werden. Dieses Verfahren hat auf verschiedensten Gebieten, so z. B. für Raumheizung, Warmwasserbereitung, Trocknung und für industrielle Zwecke bedeutenden Umfang angenommen. An dieser Entwicklung sind verschiedene schweizerische Maschinenbaufirmen beteiligt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die grundlegende Idee der Abwärmeaufwertung auf ein zur Nutzung geeignetes Temperaturniveau unter Aufwand von elektrischer Energie etwas älter ist, als unsere Eidgenössische Technische Hochschule. Genau gleich alt ist jedoch die erste praktische Anwendung der Wärmepumpe im Salinenwesen, wie sie von P. Rittinger beschrieben und ausgeführt worden ist. Seit gut 70 Jahren steht eine solche Ausführung in der schweizerischen Saline Bex in Betrieb, heute in verjüngter Ausführung. Es gelang der schweizerischen Maschinenindustrie, die Eindampfungswärmepumpe nicht nur im Salinenwesen, und zwar auch im Ausland, sondern auch in verschiedenen anderen Industriezweigen mit Erfolg einzuführen. Die Eindampfung von Sulfidablauge wird heute besonders interessant, weil sie einen wichtigen Beitrag zu unserem künftigen Gewässerschutz gibt. Mit der Wärmepumpe, unter Verwendung von Umweltwärme und eines besonderen Wärmeträgers, hat man sich in der Schweiz seit 1912, mit derjenigen zum Klimatisieren seit 1915 befasst. Aber erst im Laufe des Zweiten Weltkrieges reiften mit den technischen Möglichkeiten auch die Notwendigkeiten und das Vertrauen der Interessenten in dieses für unser Land vorteilhafte Verfahren.

#### Literaturangaben

- [1] Die mechanische Kälteerzeugung. Von J. A. Ewing. Autorisierte Uebersetzung von R. C. A. Banifield. Braunschweig 1910. Vieweg & Sohn.
- [2] «Proc. Phil. Soc. of Glasgow», vol. III, p. 269 oder «Collected Papers», vol. I, p. 515.
- [3] Theoretisch-praktische Abhandlung über ein für alle Gattungen von Flüssigkeiten anwendbares neues Abdampfverfahren mittels einer und derselben Wärmemenge, welche zu diesem Behufe durch Wasserkraft in ununterbrochenen Kreislauf versetzt wird. Mit spezieller Rücksicht auf den Salzsiedeprozess dargestellt von Peter Rittinger, k. k. Sektionsrat (Oberbergrat) in Wien. Wien 1855. Verlag von Friedrich Manz.
- [4] Bulletin S. E. V. 1919, S. 347 u. ff. Die Bestreitung von Wärme- prozessen mittels Wärmepumpe. Von E. Wirth, Winterthur. SBZ, Bd. 107, S. 189 (25. April 1936).
- [5] Moderne Technik der Siedesalzerzeugung. Von Obering. R. Peter, Zürich. SBZ, Bd. 100, S. 323\* (17. Dez. 1932).
- [6] Salz-, Brennstoff- und andere Nöte in alten Zeiten. Von Ing. E. Wirth. SBZ, Bd. 120, S. 141 (19. Sept. 1942).
- [7] «Revue Technique Sulzer» 1925, Nr. 1, S. 19.

## Elektronenmikroskopie und Kristallsynthese

Von Franco Balduzzi, Dipl. Phys. ETH, Eternit AG., Niederurnen

Die Kristallsynthese ist für die Industrie zu einer wichtigen Technik geworden, weil die Möglichkeiten der Beschaffung natürlicher kristalliner Werkstoffe beschränkt und die Anwendung von Ersatzstoffen mit Qualitätsverlusten verbunden ist, die man in den meisten Fällen nicht zulassen kann.

Die früheren Beispiele von Kristallsynthesen des vorigen Jahrhunderts dienten der Erkenntnis mineralogischer Erscheinungen. Es wurde auch immer wieder versucht, den wertvollsten unter den Kristallen, den Diamanten, synthetisch herzustellen. Eingang in die Industrie fand die Kristallsynthese aus wirtschaftlichen Gründen, nachdem es sich gezeigt hatte, dass die berechtigte Vorstellung der Reinheit, die mit dem kristallinen Zustand verbunden ist, es gestattete, beispielsweise für Zucker oder Kupfersulfat «in grossen Kristallen» höhere Preise zu erzielen als für die gleichen Stoffe in pulverisierter Form. Die ersten Patente über Kristallisatoren, die «grosse, klare Kristalle» liefern, stammen aus der Zuckerindustrie. Unabhängig von dieser Anwendung entwickelte sich die Industrie zum Verbraucher von Kristallen und ist nun selbst auf die synthetische Herstellung vieler

ihrer kristallinen Werkstoffe angewiesen. So führte zum Beispiel der Mangel an gut ausgebildeten Quarzkristallen, welche als elektromechanische Wandler einen wesentlichen Bestandteil elektronischer Geräte bilden, zwangsläufig zur Kristallsynthese.

Gestützt auf die Forschungen von G. Busch, P. Scherrer und Mitarbeiter, welche die seignette-elektrischen Eigenschaften des Kaliumphosphates und seiner isomorphen Salze erkannten, wurden in der Schweiz und in den USA Anstrengungen gemacht, diese Kristalle auf industrieller Basis herzustellen, um sie in besonderen Fällen an Stelle von Quarzkristallen einzusetzen. Dafür mussten Wege gefunden werden, um den Wachstumsprozess, die Synthese, auf kurze Zeit zu begrenzen.

Sehr bald wurden zwei grundlegende Methoden gefunden. Die eine besteht im Ausbilden eines «Kristallkeimes», der zur Auslösung des Wachstumsprozesses dient, derart, dass er in seinen langsamen Wachstumsrichtungen von allem Anfang an sehr gross ausgebildet ist. Bei der anderen Methode wird der Syntheseprozess in bewegten Lösungen durchgeführt. Obwohl

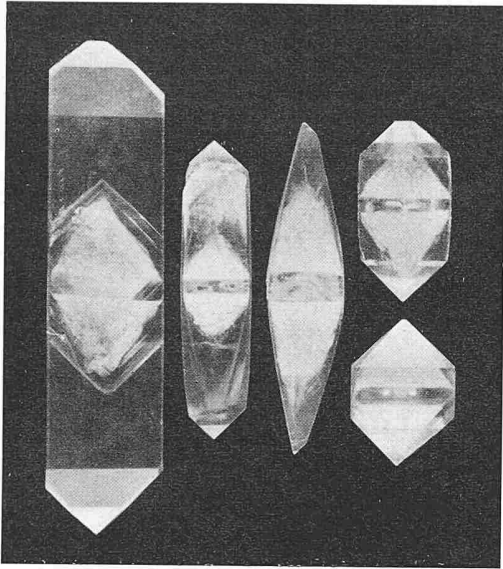


Bild 1. Synthetische  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -Kristalle und Kristallkeime. Anwachsen der äusseren klaren Teile an den Keim. Die beiden mittleren Kristalle weisen gekrümmte Flächen auf.  $\frac{1}{4}$  der natürlichen Grösse

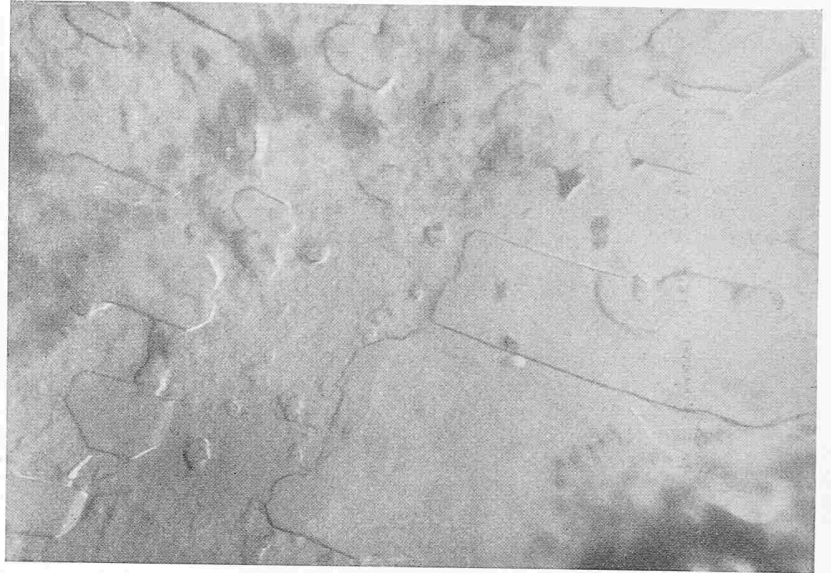


Bild 2. Elektronenmikroskopische Aufnahme einer gekrümmten Kristalloberfläche bei 9500facher Vergrösserung. Störung der Oberfläche durch Nebenkeime

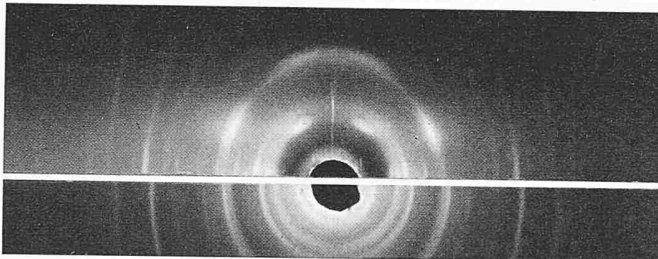


Bild 3. Röntgenanalytisches Faserdiagramm eines natürlichen Chrysotils (oben) und Pulverdiagramm nach Debye-Scherrer eines synthetischen Chrysotils (unten)

es sich um Kristalle ansehnlicher Grösse ( $300 \times 60 \times 60$  mm Prismen) handelt, konnte bei diesen Entwicklungsarbeiten das Elektronenmikroskop mit Erfolg zur Untersuchung einer interessanten Erscheinung, nämlich der Oberflächenstruktur gekrümmter Kristallflächen angewandt werden. Die in Bild 1 sichtbaren, durch gekrümmte Flächen abgegrenzten  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -Kristalle entstanden rein zufällig bei Wachstum aus bewegten Lösungen.

Da eine direkte elektronenmikroskopische Betrachtung nur an dünnen Schnitten erfolgen kann, wird zur Unter-

suchung der Oberflächen elektronenmikroskopisch opaker Objekte eine besondere Technik angewandt: die Oberfläche wird zuerst durch Aufdampfen im Vakuum mit einer äusserst dünnen Siliziummonoxyd-Schicht überzogen, diese wieder durch einen Formvar-film (Plastic) verstärkt. Das Objekt wird dann von Plasticfilm und Metallschicht gelöst und die Metallschicht selbst, welche eine genaueste Wiedergabe der Oberfläche bildet, im Elektronenmikroskop untersucht. Bild 2 zeigt die durch Nebenkeime gestörte Oberfläche eines Kristalles von Bild 1 bei einer 9000fachen Vergrösserung.

Bei einfacheren Synthesen ist das Elektronenmikroskop ein wertvolles Hilfsmittel, bei gewagteren Synthesenprozessen wird es zum unentbehrlichen Instrument.

Anfangs dieses Jahrhunderts waren den Naturwissenschaftlern die technischen Hilfsmittel erstmals zugänglich gemacht, um die Synthese von Kluftmineralien zu versuchen, die aus wässrigen Lösungen bei Temperaturen von  $300-400^\circ$  unter Drücken von  $200-300$  Atm. auskristallisiert werden. Die Synthese des Bergkristalles gelang denn auch bald und konnte in den letzten Jahren zu industrieller Bedeutung anwachsen.

Ein für die Technik weit wichtigeres Kluftmineral, der faserige Serpentinbest (Chrysotil), ist heute Gegenstand der Untersuchungen mehrerer Gruppen von Naturwissen-

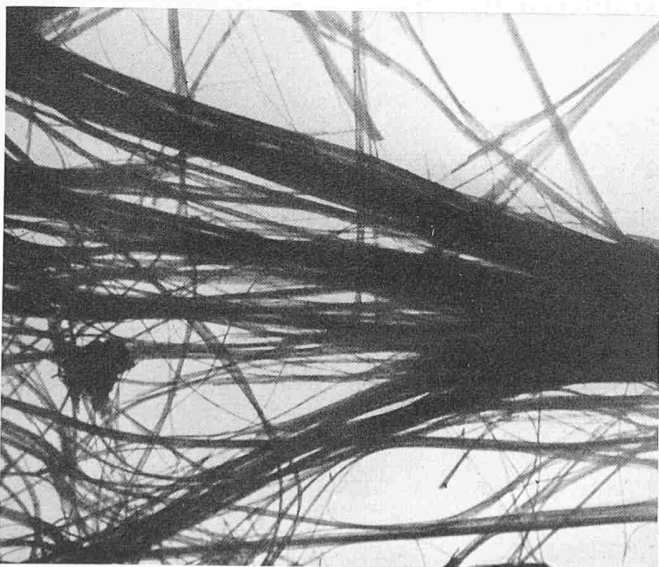


Bild 4. Synthetischer Chrysotilasbest. Elektronenmikroskopische Aufnahme bei 10 000facher Vergr. Gute Ausbildung des Faserbündels

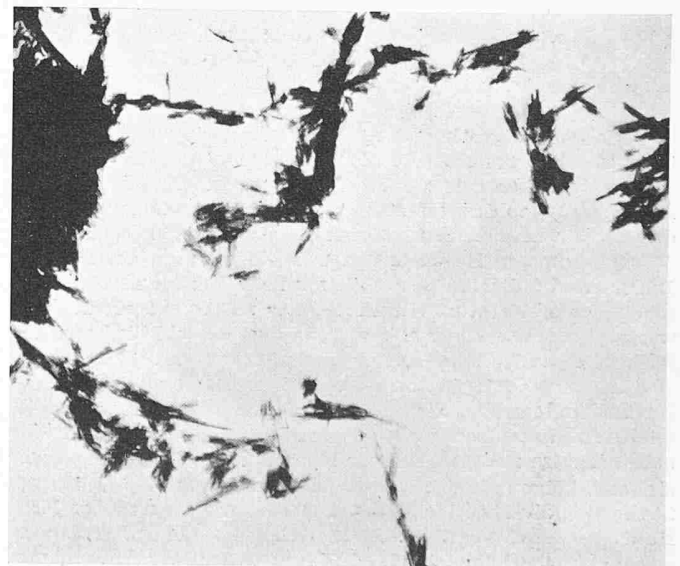


Bild 5. Synthetischer Chrysotilasbest. Elektronenmikroskopische Aufnahme bei 9000facher Vergrösserung. Haufwerk kleinster Kristalle

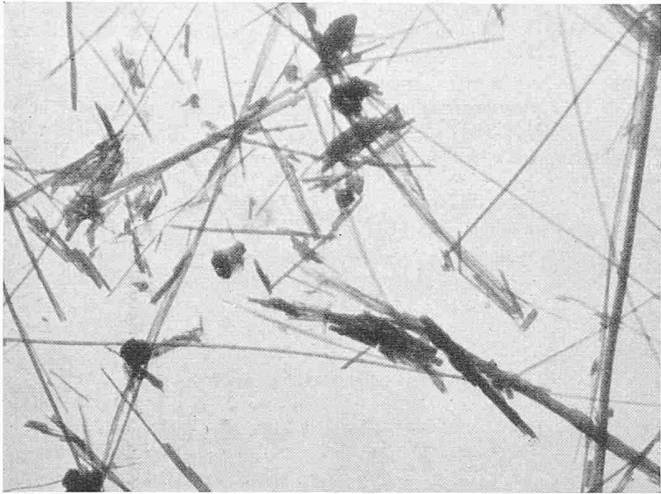


Bild 6. Rhodesischer Chrysotil

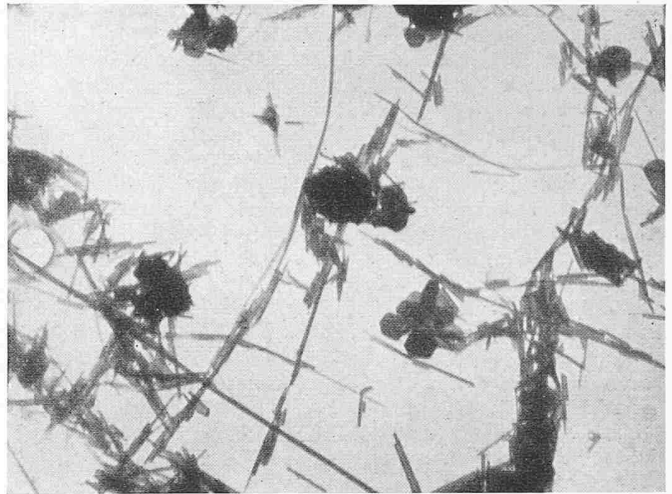


Bild 7. Synthetischer Chrysotil

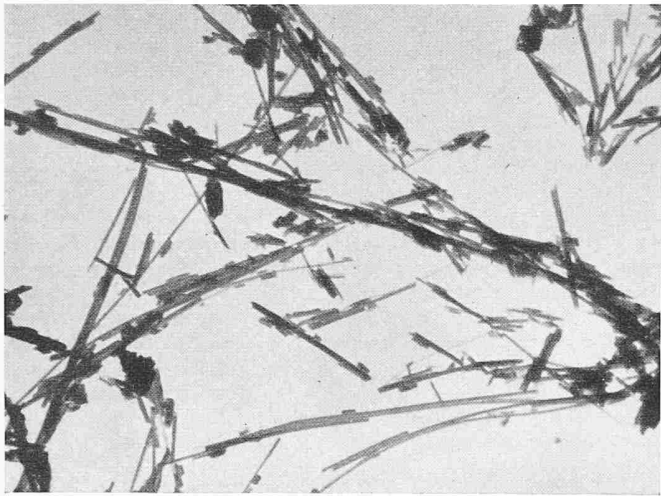


Bild 8. Kanadischer Chrysotil

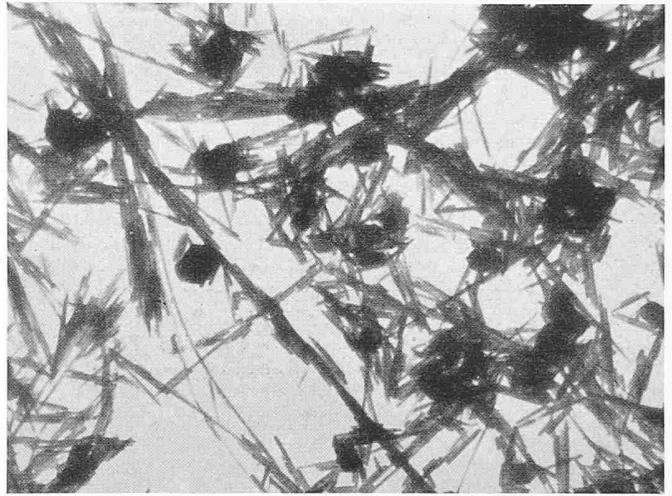
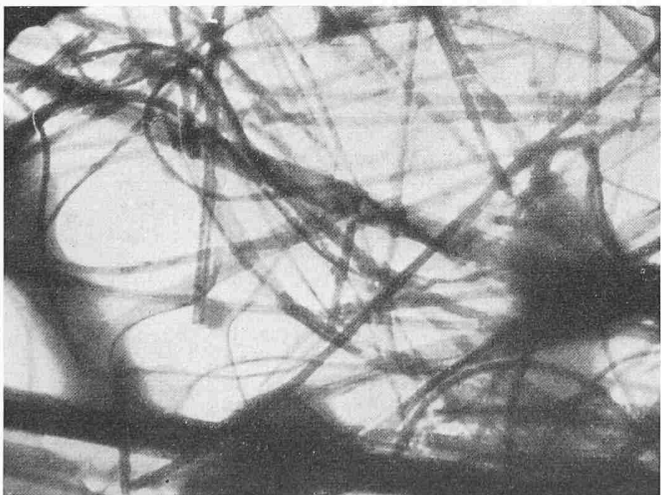


Bild 9. Synthetischer Chrysotil

Bilder 6 bis 9. Elektronenmikroskopische Aufnahmen von natürlichen und von synthetischen Chrysotilasbesten bei gleicher 6500facher Vergrösserung

schaftern. In der Schweiz ist die Möglichkeit dieser Synthese erstmals von *E. Brandenberger*, *W. Epprecht* und *P. Niggli* untersucht worden, welchen es gelang, Serpentinminerale und Chrysotil in submikroskopischer Form zu synthetisieren. Nachdem die prinzipielle Lösung des Problems einmal erhalten und die Möglichkeit der Herstellung von Chrysotil in faseriger Form gegeben waren, regte Prof. Niggli weitere Arbeiten auf diesem Gebiete an, die von der Schweizerischen Stiftung zur Förderung der Volkswirtschaft durch wissenschaftliche

Forschung unterstützt wurden. Diese Arbeit, die die Wachstumsbedingungen der Chrysotilkristalle abzuklären bezweckte, ist ohne Elektronenmikroskopie nicht durchführbar. Die Synthese des Chrysotils stellt sehr hohe experimentelle Anforderungen, denen mit grosszügigen Mitteln entsprochen werden muss. Die Untersuchung der Reaktion selbst ist eine Frage der zur Verfügung stehenden Apparate: es müssen bei der Temperatur von 350° C streng reproduzierbare Versuchsbedingungen herrschen; mit geeigneten Mitteln muss gleich-



Bilder 10 und 11. Defokussierte elektronenmikroskopische Aufnahmen von Chrysotilasbest. Sog. «Röhrchenstruktur» der Chrysotilfasern. Vergrösserung 40 000fach



zeitig versucht werden, Kenntnis über den Verlauf der Reaktion zu erhalten. Alle damit verbundenen technischen Probleme sind prinzipiell auf einfache Art lösbar, auch wenn ihre praktische Ausführung nicht ohne weiteres gegeben ist.

Nicht so verhält es sich mit der Analyse der Versuchsergebnisse. Eine chemische Analyse, welche den Pauschalchemismus des Reaktionsgutes oder einzelner seiner Fraktionen liefert, gibt wenig Aufschluss über das Geschehen, eine lichtmikroskopische Untersuchung scheitert an der Kleinheit des grössten Teils der anfallenden Produkte. Die zwei Methoden, die eine Charakterisierung des Reaktionsgutes ermöglichen und so ein unmittelbar verwertbares Resultat liefern, sind die röntgenographische und die elektronenmikroskopische Untersuchung. Die Röntgenanalyse nach der Debye-Scherrer-Methode (Bild 3) ergibt unmittelbaren Aufschluss über die Kristallstruktur des Produktes und somit den einzig gültigen Nachweis des Chrysotils im Reaktionsgut. Mit der gleichen Methode können auch Nebenprodukte der Reaktion, sofern ihre relative Konzentration 5 % oder mehr beträgt, nachgewiesen werden.

Eine unmittelbare Aussage über Grösse und Form der Kristalle ist aber nicht möglich, sondern beruht auf der Analyse der Anomalien des Röntgeninterferenzbildes, insbesondere der Linienverbreiterung und der diffusen Streuung. Eine erstmals von P. Scherrer aufgefundene Gesetzmässigkeit ist, dass die Breite der Interferenzlinien indirekt proportional zur Grösse der Kristalle ist. Weitere Untersuchungen von Laue und Brill zeigten, dass auch Aussagen über die Form der Kristalle aus der Verbreiterung der Interferenzlinien abgeleitet werden können, unter der Voraussetzung aber einer ungestörten Struktur im Innern des Kristalls. Falls diese vereinfachende Voraussetzung nicht gegeben oder nicht nachgewiesen ist, verringert sich der Wert dieser Aussagen erheblich.

Die elektronenmikroskopische Untersuchung lässt «die gesetzmässige Ausbildung erster Wachstumsformen der Kristalle erkennen» (Niggli). Sie erlaubt es, bei Vergleichsbetrachtung mit natürlichen Chrysotilen wertvolle Schlussfolgerungen aus der Gestalt der Kristalle zu ziehen. Zwei extrem verschiedene Beispiele von synthetischem Chrysotil, welche jedoch bei der Röntgenanalyse nach Debye-Scherrer das selbe Resultat ergeben, sind in den Bildern 4 und 5 einan-

der gegenübergestellt. Die Bilderpaare 6 und 7 sowie 8 und 9 zeigen den Vergleich bei gleicher Vergrösserung von natürlichen Chrysotilen kanadischer und südafrikanischer Herkunft mit synthetischen.

Die Möglichkeiten der elektronenmikroskopischen Untersuchung sind damit nicht erschöpft. Bei der Untersuchung von Beimengungen, welche oft weder mechanisch noch chemisch vom übrigen Reaktionsgut zu trennen sind, erlaubt es das Elektronenmikroskop, einen Kristall von den minimalen Lineardimensionen einiger  $\mu$  direkt anzuvisieren und ohne weitere Manipulationen sein Elektronendiffraktionsbild aufzunehmen, welches, ähnlich der Röntgenanalyse, Aufschluss über seine Kristallstruktur gibt.

Die Elektronenmikroskopie hat auch Tücken, die sich bei den Chrysotiluntersuchungen bemerkbar machen können. Es ist eine immer noch umstrittene Frage, ob die in einigen Fällen auftretende «Röhrchenstruktur» des Chrysotils der Wirklichkeit entspreche, oder auf elektronenoptische Erscheinungen zurückzuführen sei. Mindestens in den hier gezeigten Aufnahmen, Bilder 10 und 11, die absichtlich durch Defokussierung der Apparatur erhalten wurden, scheint dies der Fall zu sein.

Soll das für die Naturwissenschaft prinzipiell gelöste Problem der Chrysotilsynthese technische Bedeutung erlangen, so ist jede Untersuchung in dieser Richtung auf die Zusammenarbeit des Elektronenmikroskopikers angewiesen, welcher die Möglichkeit hat, die Resultate der Synthesen auf nutzbringende Art auszulegen. Dieses Gebiet ist nur eines der vielen, die durch die elektronenmikroskopische Untersuchung auf fruchtbringende Art gefördert werden.

Die gezeigten elektronenmikroskopischen Aufnahmen stammen zum Teil aus Arbeiten, die unter der Leitung von Prof. Niggli von der Schweiz. Stiftung zur Förderung der Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung ermöglicht wurden, zum Teil aus Arbeiten, die im Auftrage der Eternit AG., Niederurnen, ausgeführt wurden. Die Aufnahmen wurden in verdankenswerter Weise am Institut für Allgemeine Botanik der ETH ausgeführt: Prof. A. Frey-Wyssling und Dr. K. Mühlethaler, welche das Laboratorium für Elektronenmikroskopie dieses Institutes auch Sachbearbeitern anderer Fachgebiete zugänglich machen, sei dafür herzlicher Dank ausgesprochen.

## Die Güterzusammenlegung im Dienste der Landesplanung

Von Ernst Tanner, Dipl. Kult.-Ing. ETH, Vorsteher des Meliorations- und Vermessungsamtes des Kantons Zürich, Lehrbeauftragter für Güter-, Rebberg- und Waldzusammenlegung an der ETH

«Als technische Voraussetzung für die Gesundung der Betriebe und die Festigung der wirtschaftlichen und rechtlichen Integrität des landwirtschaftlichen Grundeigentums ist und bleibt die Güterzusammenlegung Ausgangspunkt einer weitsichtigen Politik, die die Schollenverbundenheit des Menschen zu Berg und Tal vertieft und die soziale Stellung der Bauernfamilie hebt — jener Familie, die den unzerstörbaren Kern unseres, einem rauhen, aber starken Gewebe ähnlichen, bodenständigen Volkes bildet.»

Dieses Zitat ist dem Vorwort von Nationalrat Dr. A. Pini zum Sonderheft der Zeitschrift «Plan» über Güterzusammenlegung, Baulandumlegung, Landesplanung (Nr. 3, 1951) entnommen. Bekanntlich hat Nationalrat Pini (Tessin) bereits 1949 eine Motion zur Förderung der Güterzusammenlegung eingebracht, die mit den darauffolgenden Motionen Tenchio (Graubünden) und Buri (Bern) am 4. Oktober 1954 zum Beschluss der Bundesversammlung und am 29. Dezember 1954 zur bundesrätlichen Verordnung über die vermehrte Förderung einzelner Kategorien von Bodenverbesserungen führte. Im Vordergrund der Massnahmen steht die Güterzusammenlegung, die nun in Zukunft programmatischer angefasst werden soll. In weitsichtiger Weise sieht die auf dem neuen eidgenössischen Landwirtschaftsgesetz beruhende Verordnung des Bundesrates vor allem die Förderung der neuzeitlichen Entwicklung der Zusammenlegung, d. h. der Gesamtmelioration, vor. Die im Flachland wohl bescheidene, in den Berg-

gebieten aber namhafte Erhöhung der Beitragsleistung wird es nun in vermehrtem Masse ermöglichen, die innerhalb eines bestimmten Gebietes notwendigen Bodenverbesserungen zusammenzufassen und die technischen Massnahmen zu koordinieren, um auf diese Weise wirtschaftliche und auf die Dauer befriedigende Gesamtlösungen zu erhalten. Erfreulicherweise kann bei diesen integralen Unternehmen oft nicht nur der Landwirtschaft, sondern auch anderweitigen öffentlichen Interessen gedient werden. Mit Recht stellte der Chef des eidgenössischen Meliorationsamtes, Dipl. Ing. H. Meyer, in seinem Vortrag am Fortbildungskurs über Zusammenlegungswesen 1951 an der ETH fest, dass «die Gesamtmelioration eine ideale, kaum mit gleichen Möglichkeiten wiederkehrende Gelegenheit biete, die Probleme der Orts- und Regionalplanung, mindestens soweit sie landwirtschaftliches Areal beanspruchen, zumeist nicht nur auf dem Papier, sondern in Wirklichkeit zu lösen». Es seien daher im folgenden die technische Entwicklung der Zusammenlegung und die sich ergebenden Möglichkeiten der Gesamtplanung näher umschrieben.

### A. Technische Entwicklung der Zusammenlegung

Von den noch im vorigen Jahrhundert getätigten Teilmassnahmen der Felder- oder Gewinn-Regulierung bis zur heutigen Entwicklungsform der Zusammenlegung — der Gesamt- oder Integralmelioration — ist ein weiter Weg. Auf-