

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 12-13 (1944-1945)
Heft: 12

Artikel: Kristalle im Cement
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153197>

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: 14.03.2025

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

CEMENTBULLETIN

DEZEMBER 1944

JAHRGANG 12

NUMMER 12

Kristalle im Cement

Mineralien der Rohstoffe und des Fertigprodukts. Kristalle im abgebundenen Cement. Die kristallinen Verbindungen von Kalk mit Kieselerde, Tonerde und Eisenoxyd. Kristallwachstum und Erhärtung. Literatur.

Das anspruchslose Aussehen der Cemente lässt keineswegs vermuten, dass sie zu einem beträchtlichen Teil aus kristallisierten Mineralien bestehen. Diese **Cementkristalle** sind allerdings entsprechend der Mahlfeinheit **sehr klein** und erreichen im Mittel kaum mehr als ca. $\frac{1}{50}$ Millimeter Länge, so dass man in diesem Fall also schon mit dem Mikroskop auf die Kristallsuche gehen muss.

Mit einer geeigneten, mikroskopischen Ausrüstung enthüllt sich im unscheinbaren Cementstaub dem Beobachter aber ein ganz überraschendes Bild. Die **graue Farbe löst sich auf** in ein farbiges Mosaik schönster Kristalle und ihrer Bruchstücke. Prismen, Würfel und Rhomben, zuweilen auch Nadeln glitzern auf und bewirken mit ihren verschiedenen Lichtbrechungen, Reflexen und Farbüberdeckungen einen Effekt, der einen «Strahler» aufs höchste entzücken müsste.

Der Cementforscher, der mit dieser Wunderwelt zu tun hat, weiss, dass schon die reinen Komponenten des Cements in der Natur als Edelsteine und Halbedelsteine auftreten und, wenn auch die **technischen Ausgangsprodukte** der Cemente dies nicht ohne weiteres erkennen lassen, sie doch im Kleinsten mannigfaltige, kristalline Bestandteile enthalten.

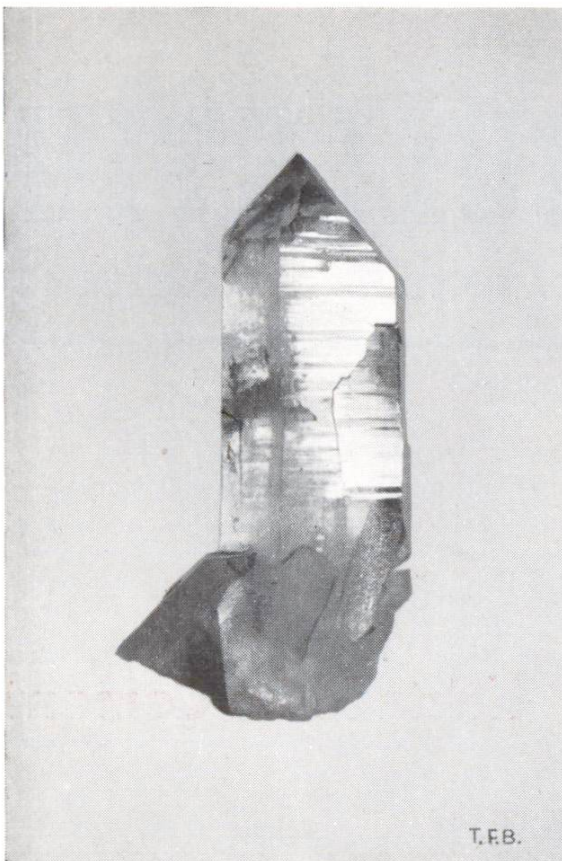


Abb. 1 Quarz (Bergkristall) ist technisch reine Kieselerde, die als Elementarbestandteil im Cement zu rund $\frac{1}{5}$ seines Gewichts vorhanden sein muss

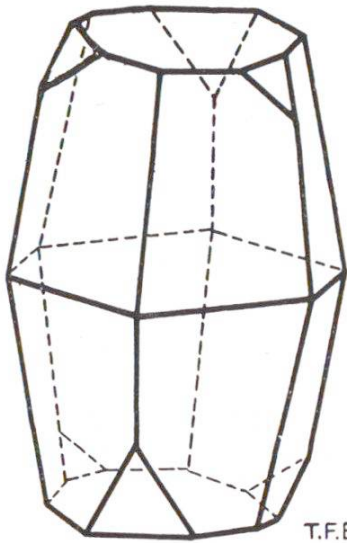
Kristalline Mineralien der Rohstoffe.

So ist der Hauptbestandteil des Portlandcements, der Kalk (bis 65 %), in den Rohstoffen als **Calzit** (= kohlsaurer Kalk, siehe Abb. 3) meist in feinen Kristallen vorhanden. Auch die im Cement zu rund einem Fünftel enthaltene **Kieselerde** findet sich oft in Form kleinster Quarzitkriställchen (s. Abb. 1) im Rohmaterial, obwohl der grösste Teil der Kieselerde durch die Abbauprodukte der schön kristallisierten Feldspäte, nämlich als Tonsubstanz, in die Ausgangsstoffe eingeht. Von der für einen Sack Cement erforderlichen **Tonerde** würden sich 3 bis 5 Kilo der schönsten Saphir- oder Rubinedelsteine künstlich erzeugen lassen. Ausser dem **Eisenoxyd**, das in der Natur als «Eisenrosen» (Hämatit) kristallisiert auftreten kann, benötigt der Portlandcement noch einen kleinen Prozentsatz **Gips**, der ebenfalls ein kristallines Mineral ist (s. Abb. 2, 4 und 5).

Die Cementmineralien.

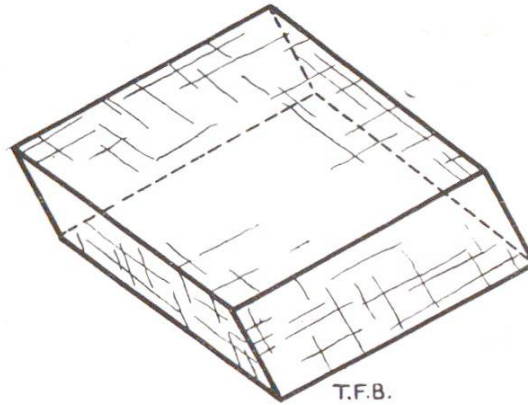
Dennoch kann es überraschend erscheinen, dass beim gewaltsamen Aufbereitungs-, Brenn- und Mahlprozess der Cementrohstoffe wieder kristalline Mineralien entstehen. In der Weissglut-hitze des Cementofens werden die Kalkbestandteile aber nicht nur entsäuert, wobei die Kohlensäure entweicht, sondern der gebrannte Kalk verbindet sich mit den übrigen Mineralien zu neuen Stoffen, wobei es dieser chemischen Reaktion zugute kommt, dass die einzelnen Bestandteile im richtigen Verhältnis und in äusserst feiner Verteilung aufeinander einwirken können. Unter

3 dem **Einfluss der gewaltigen Hitze** (bis 1500°C), bei welcher z. B. Stahl schmelzen und Porzellan erweichen würde, geht diese Reaktion ziemlich rasch vonstatten, wobei ein kleiner Teil des Brenngutes unter **Glasbildung** schmilzt und damit die ganze Masse zum **Sintern** bringt. Das Sintergut, der sog. Cementklinker, enthält nun



T.F.B.

Abb. 2 Saphir und Rubin, beides kristallisierte Tonerde



T.F.B.

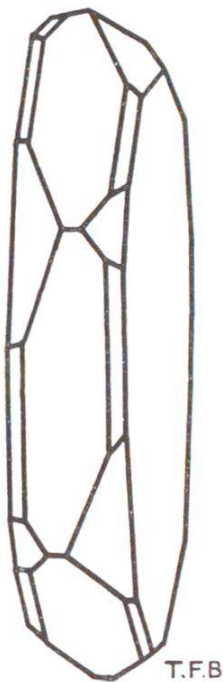
Abb. 3 Ideale Kristallform von Calcit (Kohlensäurer Kalk), der einen wichtigen Bestandteil der Cementrohstoffe bildet

alle für die technischen Eigenschaften des Portlandcementes wichtigen **Mineralbestandteile** und kann nach rascher Kühlung, nach einer gewissen Lagerzeit und nach Zusatz von Gips zwecks Regelung der Abbindezeit direkt zu Cement vermahlen werden. Die Existenz von kristallisierten Cementmineralien ist dem Hersteller des Bindemittels schon seit Jahrzehnten bekannt, aber erst der modernen Forschung ist es in mühevoller Arbeit gelungen, die Natur, Zusammensetzung und Entstehungsweise dieser Mineralien aufzuklären. Vor allem musste doch interessieren, welche spezifischen Eigenschaften jedem der verschiedenen Mineralien zukommen und welches die eigentlichen Träger der cementtechnisch wertvollen Qualitäten sind.

Eingeschmolzen im Klinkerglas hat man **im wesentlichen 4 verschiedene, kristallisierte Mineralien** erkannt, denen man bei ihrer Entdeckung den Namen **Alit**, **Belit**, **Celit** und **Felit** gab, also das Alphabet zuhelfe nahm und gleich zwei Buchstaben eventuell später zu entdeckenden Kristallen vorbehielt. Heute weiss man, dass es praktisch mit diesen 4 Mineralien sein Bewenden hat. Da mittlerweile auch ihre Natur und Zusammensetzung eingehend erforscht sind, benennt man sie nun meist mit ihrem chemischen Namen wie folgt:

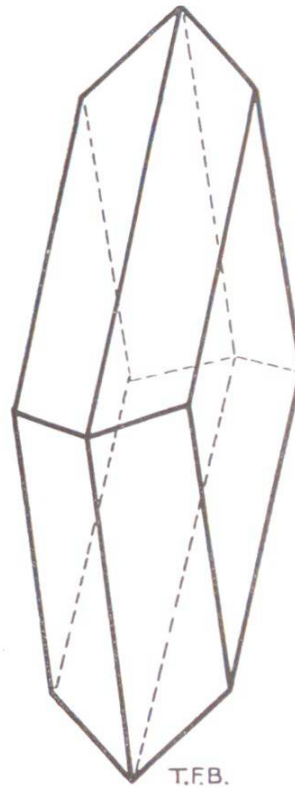
Alit = Tricalcium-Silikat. Diese Verbindung ist, wie der Name verrät, aus 3 Molekülen gebranntem Kalk und 1 Molekül Kieselerde (Quarz) zusammengesetzt. Sie ist die kalkreichste Substanz des Portlandcements und in prismatischen, weissen

Kristallen vorhanden (s. Abb. 6). Der Alit ist der wichtigste Träger der hydraulischen Erhärtung und der frühen Festigkeiten des Cements.



T.F.B.

Abb. 4 Hämatitkristall (idealisiert) ist chemisch Eisenoxyd, das ebenfalls im Cement enthalten ist



T.F.B.

Abb. 5 Gipskristall. Gips wird zur Abbindezeitregelung des Cements gebraucht

Belit und **Felit** = Dicalzium-Silikat, zusammengesetzt aus 2 Molekülen Kalk und 1 Molekül Kieselerde. Diese Verbindung kristallisiert in 2 Formen, von welchen die eine (Belit) farblos bis gelblich erscheint und zum trigonalen Kristallsystem gehört. Der Felit dagegen kristallisiert im orthorhombischen System ebenfalls farblos. Diese beiden Bestandteile des Cements tragen wesentlich an die Nacherhärtung bei.

Celit ist eine komplizierte Verbindung von 4 Molekülen Kalk mit je 1 Molekül von Tonerde und Eisenoxyd. Sie wird nach ihrem Entdecker auch als Brownmillerit bezeichnet und präsentiert sich in Form prismatischer, bräunlicher bis rotbrauner Kristalle. Sie hat sehr wertvolle hydraulische Eigenschaften.

In der oft dunkelgefärbten Glassubstanz des Cements sind verschiedene Verbindungen festgestellt worden, von denen die wichtigste das Tricalziumaluminat (aus 3 Molekülen Kalk mit 1 Molekül Tonerde) ist.

Die zweckmässige **Abstimmung** des Gehalts der einzelnen Mineralkomponenten verbürgt den technischen **Wert des Bindemittels**.

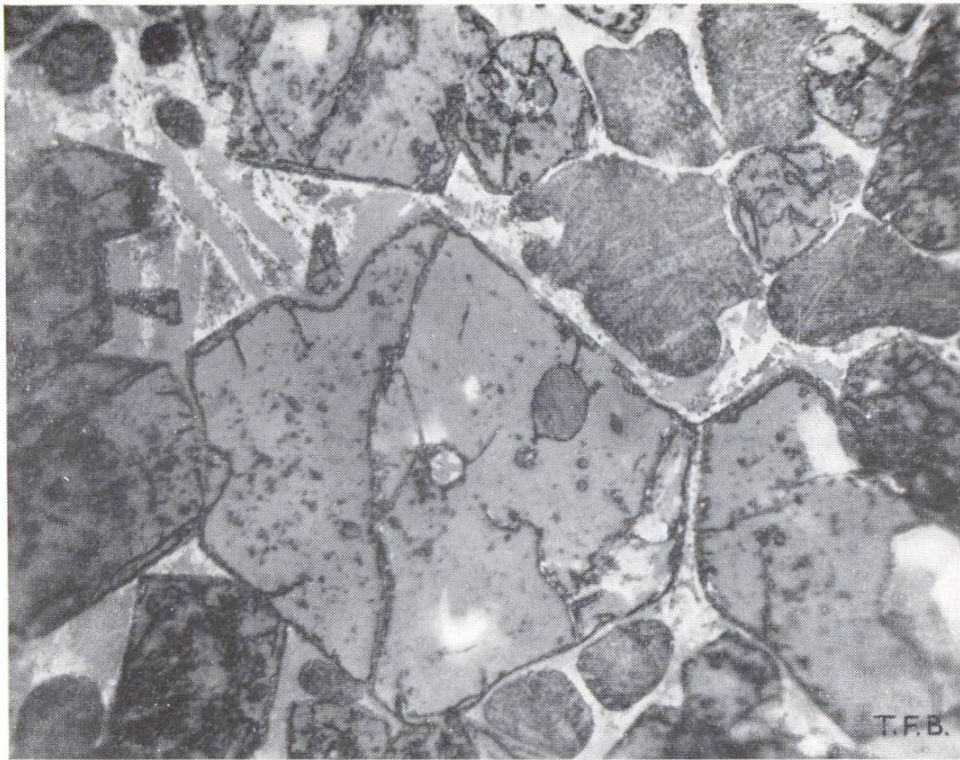


Abb. 6 Mikroskopische Aufnahme (Vergrößerung 540-fach linear) von angeschliffenem Cementklinker. Die grossen sechskantigen Tafeln sind Alit-Kristalle, die abgerundeten Körner mit gekreuzter Lamellenzeichnung bestehen aus Belit. In der Glasschmelze zwischen den Alit- und Belit-Kristallen erkennt man weitere Mineralien

Kristalle im abgebundenen Cement.

Während des Abbinde- und Erhärtungsprozesses des Cements wandelt sich der letztere völlig um. Ein Teil des Anmachwassers wird chemisch gebunden, wobei die einzelnen Kristalle und die Glassubstanz schneller oder langsamer in die sog. **Hydratverbindungen** übergehen und zwar die kalkreichsten zuerst und die kalkärmeren zuletzt. Dabei entstehen ganz **neue Kristallarten**, zum Teil zunächst in feinsten, kolloiddisperser Verteilung. Mit zunehmender Erhärtung und besonders bei der so wichtigen, längeren Feuchthaltung des Mörtels oder Betons wachsen diese Kriställchen und bilden zwischen den einzelnen Grenzflächen starre Brücken, die Träger der eigentlichen Festigkeit. **Je unbehinderter durch fremde Verunreinigungen** dieses Kristallwachstum vor sich gehen kann, **umso dauerhafter** werden diese Kristallbrücken.

Die Zahl der verschiedenen Verbindungen, die bei der Wasseraufnahme (Hydratisierung) des Cements entstehen, ist **wesentlich grösser** als im ursprünglichen Cement. Das liegt daran, dass viele der Abbauprodukte mit verschiedenen Wassermengen auskristallisieren und ausserdem die stets wechselnde Zusammensetzung der «Mutterlaugen», wie wir das verbleibende Anmachwasser zwischen den Cementkörnern nennen wollen, auch verschiedene Kristalle zur Ausscheidung bringt. Trotz der grossen Schwierigkeiten, welche die Erforschung dieser interessanten Kristalle bietet, sind doch schon manche identifiziert worden und haben dadurch wert-

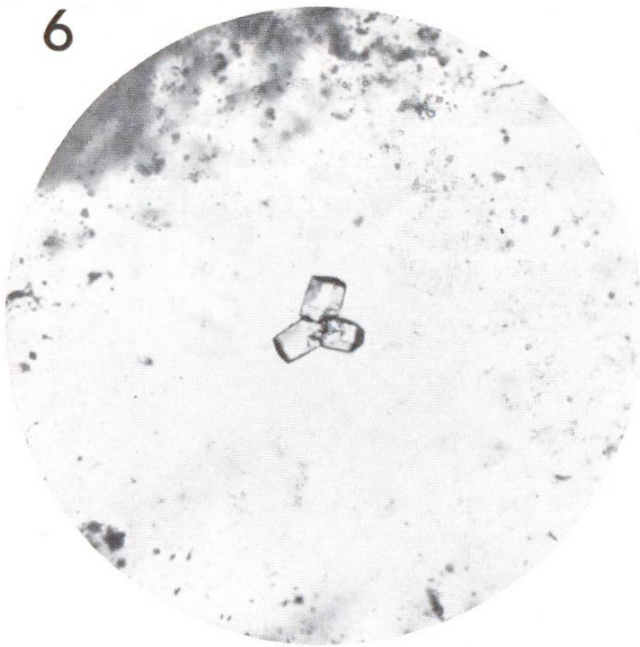


Abb. 7
Aus Alit beim Abbinden ausgeschiedener Kristall-Drilling von Kalkhydrat (Vergrößerung 50-fach)

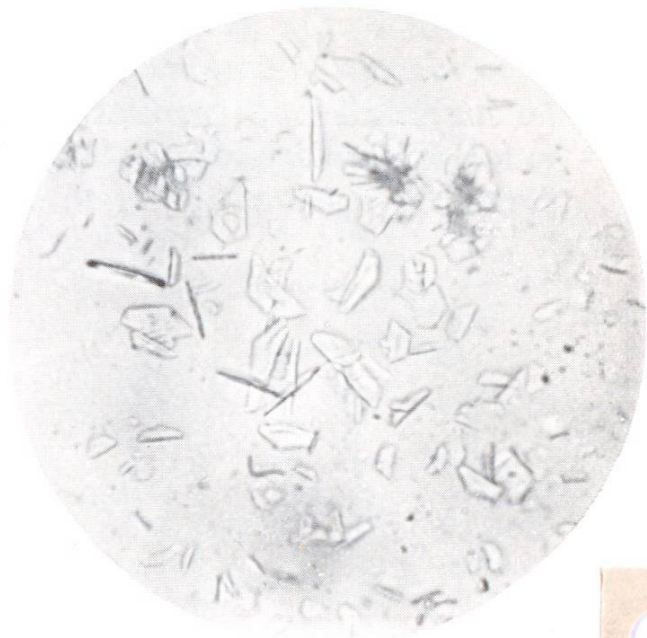


Abb. 8
Aus Tricalciumaluminat beim Abbinden ausgeschiedener Kristalle von Kalk-Tonerdehydrat (Vergrößerung 300-fach)

(Abb. 7 und 8 aus P. Schläpfer und G. Berger, s. Lit)

vollen Aufschluss über den Ablauf der Reaktionen beim Abbinde- und Erhärtungsprozess gegeben.

Es mag interessieren, dass an der Oberfläche des erhärteten Zements durch Einwirkung der Luftkohlendensäure **wieder Calzitkristalle** entstehen können, wodurch zu einem Teil wenigstens sich der über ein Kunstprodukt führende, **natürliche Kreislauf** wieder schliesst.

Literatur:

- P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie, Verlag Borntraeger (hieraus sind Abb. 2—5 entnommen).
- H. Gessner, Physikalisch-chemische Untersuchungen an Zementen, Jahresbericht 1927 des Vereins Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten.
- H. Gessner, Über das Abbinden des Zementes, Empa-Bericht Nr. 41, Zürich, 1929.
- P. Schläpfer & G. Berger, Untersuchungen über die Eigenschaften des Mono-, Di- und Tricalciumsilikates und des Mono-, Pentatri- und Tricalciumaluminates, Jahresbericht 1932 des Vereins Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten.
- P. Schläpfer, Die Bedeutung der verschiedenen Zementkomponenten für die Abbinde- und Erhärtungsvorgänge. Jahresbericht 1933 des Vereins Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten.
- G. A. Rankin & F. E. Wright, Amer. J. Sc. (IV), **39**, 1, 1915.
- W. C. Hansen, L. T. Brownmiller & R. H. Bogue, J. Amer. chem. Soc. **50**, 396.
- B. Tavasci, Die Klinkerkomponenten, Giorn. Chim. Ind. Applic. **16**, 539.
- H. Insley, Strukturelle Charakteristika einiger Bestandteile des Portlandzementklinkers, Bur. Standards J. Res. **17**, 353.
- L. Forsén, Zur Chemie des Portlandzementes, Bericht Nr. 35 des Schweiz. Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Zürich 1935.
- E. Brandenberger, Kristallstruktur und Zementchemie. Empa-Bericht Nr. 114, Zürich 1938.

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71