

# Die Mitarbeit des Mineralogen und Petrographen bei der technischen Materialprüfung nichtmetallischer, anorganischer Stoffe

Autor(en): **Niggli, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95/96 (1930)**

Heft 18: **Zur Feier des 75jährigen Bestehens der Eidg. Technischen Hochschule**

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-44089>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

wie man eine Maschine prüft und beurteilt, wie man sie zerlegen und wieder zusammensetzen, in Gang bringen, führen und reparieren kann. Damit in Verbindung steht die Frage der Rationalisierung der landwirtschaftlichen Arbeit. An der landwirtschaftlichen Abteilung wurde immer besonderes Gewicht auf die wirtschaftliche Schulung der Studierenden gelegt. Der Unterricht über Agrargeschichte, landwirtschaftliche Betriebslehre und Buchhaltung verteilt sich auf sechs Semester. An ausländischen Hochschulen werden landwirtschaftliche Marktlehre und Agrarpolitik besonders gelehrt; auch unsere Abteilung wird sich der Aufgabe nicht entziehen dürfen, zu prüfen, wie diesen neuen Bedürfnissen entsprochen werden kann. In einem landwirtschaftlichen Seminar wird den Studierenden Gelegenheit zu Vorträgen und zur Diskussion geboten. Für die spätern Landwirtschaftslehrer wären besondere pädagogische Übungen, die bereits versuchsweise eingeführt worden sind, besonders nützlich.

Die landwirtschaftliche Abteilung hat immer besondern Wert darauf gelegt, dass den Dozenten auch die nötigen Hilfsmittel für die Forschung zur Verfügung gestellt werden. Sie stiess dabei auf den Widerstand einer Richtung, die die Meinung vertrat, die Forschung gehöre in besondere landwirtschaftliche Versuchstationen. So sind denn auch, unabhängig von der Hochschule, grosse landwirtschaftliche Untersuchungs- und Versuchstationen entstanden, wie z. B. die landwirtschaftlichen und milchwirtschaftlichen Versuch- und Versuchsanstalten Liebefeld bei Bern, in Oerlikon und Lausanne, die Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil, und die Versuchsanstalten für Weinbau in Lausanne und Auvornier. Allmählich hat man aber doch erkannt, dass nicht nur die Studierenden Gelegenheit zur Betätigung in Laboratorien haben müssen, sondern dass auch der Dozent nur dann mit der Entwicklung seiner Wissenschaft Schritt hält, wenn er sich selbst an der Forschung beteiligt. Wir hoffen, dass der notwendige Ausbau der an der E. T. H. vorhandenen bezügl. Einrichtungen sich in den nächsten Jahren vollziehen werde. Damit im Zusammenhang steht die Erwerbung eines landwirtschaftlichen Versuchsgutes. Unsere Hochschule ist wahrscheinlich die einzige in Europa, der kein landwirtschaftlicher Betrieb zur Verfügung steht; ein solcher würde nicht nur Gelegenheit zu Versuchen geben, sondern er würde auch die Dozenten mehr mit der landwirtschaftlichen Praxis in Kontakt behalten. Selbst an den landwirtschaftlichen Winterschulen glaubt man, namentlich auch in Rücksicht auf die Lehrer, auf einen landwirtschaftlichen Schulbetrieb nicht verzichten zu dürfen; für die Hochschule erscheint dies noch wichtiger.

So steht die landwirtschaftliche Abteilung in den nächsten Jahren vor grossen, wichtigen Aufgaben: einerseits der Revision ihres Studienplanes und der Einführung eines siebenten Semesters, andererseits der Ergänzung ihrer Bauten und Einrichtungen. Wohl gehört die landwirtschaftliche Abteilung, gemessen an der Zahl ihrer Studierenden, nicht zu den grossen Abteilungen unserer Hochschule. Aber hinter keiner andern Abteilung stehen so ausgedehnte wirtschaftliche Interessen unseres Volkes wie hinter ihr. Sie ist tatsächlich der Sauerteig, der alle Gebiete der schweizerischen Landwirtschaft durchdringen muss. Die Aufwendungen für die landwirtschaftliche Abteilung haben deshalb einen besonders hohen Nutzeffekt in der schweizerischen Volkswirtschaft.

Dankbar möchten wir auch anerkennen, dass der landwirtschaftliche Hochschulunterricht aus der Verbindung mit der Eidg. Techn. Hochschule und den Wechselbeziehungen mit verschiedenen Abteilungen reichen Gewinn gezogen hat. Isoliert wäre unsere Abteilung nicht das geworden, zu dem sie sich als Glied des Ganzen entwickeln konnte. Sie durfte aber auch dazu beitragen, der E. T. H. in den Kreisen der ländlichen Bevölkerung Freunde und Verständnis zu werben und sie konnte dadurch, wie auch durch ihren Anteil an Lehre und Forschung, mitarbeiten an der Entwicklung und Grösse unserer E. T. H.

## Die Mitarbeit des Mineralogen und Petrographen bei der technischen Materialprüfung nicht-metallischer, anorganischer Stoffe.

Von Prof. Dr. P. NIGGLI, Rektor der E. T. H., Zürich.

Den Technologen interessiert in erster Linie, wie sich die ihm zur Verfügung stehenden natürlichen und künstlichen Baumaterialien für einen bestimmten Zweck verhalten, ob ihre Eigenschaften den gestellten Anforderungen genügen. In zweiter Linie wird er die Beantwortung der Frage als wünschenswert ansehen, ob für neue Verwendungsarten Materialien gefunden werden können, bzw. für eine gewisse Aufgabe aus der Ferne bezogene Produkte durch in der Nähe ausbeutbare zu ersetzen sind. In dieser Hinsicht sind seine Fragen sehr präzise; sie verlangen auch eine ebenso scharf formulierte Antwort. Aber bereits wenn vom Ingenieur gewünscht wird, die Art der Beanspruchung in physikalischem, mechanischem und chemischem Sinne genauer anzugeben, wird es ihm schwer fallen, den ganzen Komplex von Bedingungen, denen die Baustoffe später unterworfen sind, so zu analysieren, dass die einzelnen, wohl definierten Einwirkungen in dem gegenseitigen wirklichen Verhältnis klar vor Augen treten. Das aber ist notwendig, wenn die technische Materialprüfung die Frage der Eignung zu beantworten hat.

Sie muss ja Beanspruchungsarten erfinden, die den natürlichen, unter Berücksichtigung der veränderten Zeitdauer und der verschiedenen Verbandsverhältnisse entsprechen und die zugleich gut definiert und leicht reproduzierbar sind. Sie muss ihre ganze Kunst darauf verwenden, für die verschiedenen Zwecke Kombinationen von Einzelmethoden zu schaffen, die, auf den Modellversuch übertragen, ein vollständiges Bild der wirklichen Beanspruchung vermitteln. Nur die Ausnützung aller Fortschritte auf technischem Gebiet, die stets sorgfältige Analyse des natürlichen Bedingungskomplexes, führt diesem, in seinem Ganzen nie erreichbaren Ziele näher.

Aber auch, wenn die technische Materialprüfung eine mehr oder weniger ideale geworden wäre, löst sie für sich allein nur einen geringen Teil der Aufgaben, die ihr der Ingenieur stellt. Sie wird feststellen können, ob ein bestimmtes Gesteinsbruchstück, eine bestimmte Menge Lockermaterial den gestellten Anforderungen entspricht, indem sie die Probe ihren Prüfungsmethoden unterwirft. Die praktische Fragestellung ist jedoch eine ganz andere. Man will wissen, ob als Ganzes das in der notwendigen Menge an einem Ort ausbeutbare Material für die bestimmten Zwecke geeignet ist, und in welcher Weise man die Materiallieferung zu überwachen hat, um ungeeignetes Material auszumerzen. Urteile dieser Art sind nur möglich, wenn die Ursachen des Verhaltens der Probekörper erkannt werden können, die Materialprüfung als wissenschaftliche Forschung und nicht für den Augenblicksbedarf betrieben wird. Hier treten die mineralogisch-petrographischen Forschungsmethoden in dreifacher Weise dem Ingenieur hilfreich zur Seite.

1. Sie können in innigster Zusammenarbeit mit der technischen Prüfungsanstalt feststellen, in welcher Weise das bestimmte technische Verhalten eines Baumaterials in Beziehung steht zu seiner chemischen und mineralogischen Beschaffenheit und zu der Art des Verbandes, der Korngrösse und Verteilung usw. seiner Bestandteile. Sie suchen den technischen Befund mit den übrigen Eigenschaften zu parallelisieren, um die Ursachen abweichender Eignung aufzufinden. Gelingt ihnen das, so wird die Mineralogie und Petrographie, deren Hauptziel es ja ist, Vorkommen und Eigenschaften der natürlichen Bestandteile der Erdrinde genetisch zu verstehen, imstande sein:

2. Anzugeben, wo und in welchem Ausmass gewünschte Materialien mit den als notwendig angesehenen Eigenschaften mit Vorteil ausgebeutet werden können. Sie wird ein gegebenes Vorkommen untersuchen können und festzustellen vermögen, ob nur lokal oder in grossem Umfange günstiges Material zu gewinnen ist, welche Aende-

rungen mit zunehmendem Abbau zu erwarten sind, welche Partien von der Ausbeute auszuschliessen sind, usw.

3. Der dritte Vorteil, der den mineralogisch-petrographischen Methoden zukommt, ist die Leichtigkeit, mit der sie an kleinsten Stoffmengen ausführbar sind. Sobald einmal die Zusammenhänge erkannt sind, werden sie daher diejenigen Methoden sein, die sich für eine ständige Kontrolle als die geeignetsten erweisen. Im Grunde genommen soll die technische Materialprüfung nur dazu dienen, experimentell die Beziehungen zwischen technischem Verhalten und mineralogisch-petrographischer Beschaffenheit abzuklären. Ist dies geschehen, so wird sie, sofern sich nicht neue Probleme aufdrängen, als kostspieligere und mehr Material verbrauchende Methode zugunsten der Untersuchung durch den Mineralogen zurücktreten müssen.

Heute sehen wir erst, dass im Prinzip diese Wege gangbar sind, ohne dass es uns möglich wäre, in allen Einzelfällen den Vorteil auszunützen, den eine solche Behandlung darbietet. Der Hauptgrund für die Rückständigkeit liegt unzweifelhaft in dem leider immer noch vorhandenen Mangel einer völligen Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Mineralogen. Von Anfang an muss die wissenschaftliche Durchforschung des gesamten Fragenkomplexes bis in alle Einzelheiten gemeinsame Arbeit sein. Jeder Versuch im technischen Laboratorium ist durch die mikroskopisch-mineralogische Untersuchung zu vervollständigen.

Begriffe wie „Granit“ sind so umfassend, dass das Verhalten einer bestimmten Granitprobe nicht das geringste über das Verhalten einer andern Granitprobe auszusagen gestattet. Der Gesteins-Mikroskopiker kennt die Mannigfaltigkeit der Strukturbilder seiner Materialien, der im Felde arbeitende Petrograph die Variabilität im Mineralbestand, in dem Gefüge, der Zerklüftung und der Frische des Gesteins innerhalb eines Gesteinkomplexes. Es ist sein Wunsch, dass sich der Ingenieur von dieser Variationsfähigkeit überzeuge, dass er stets eingedenk sei, dass er in der Mehrzahl der Fälle mit heterogenen Aggregaten arbeitet, deren spezielle Eigenschaften besonders bestimmt werden müssen. Es müssen aber auch vom Mineralogen und Ingenieur ganze Versuchserien über grundsätzliche Fragen gemeinsam durchgeführt werden. Die Metallographie hat diesen Weg bereits beschritten, sie verdankt der Kristallographie viel; von ihr erhielt sie die Vorstellungen der plastischen Deformation der Kristalle, der Sammelkristallisation und zum Teil auch der Rekristallisation. Heute gehört die kristallographische Untersuchung der metallischen Stoffe gleich wie die physikalisch-chemische zum unentbehrlichen Rüstzeug des Metallographen. Wie spärlich erscheinen im Vergleich dazu die Kenntnisse über das Einzelverhalten der nicht-metallischen Kristallarten. Und doch lassen sie sich nicht unmittelbar aus den Eigenschaften der Metalle ableiten, da bei aller prinzipiellen Übereinstimmung der kristallinen Zustandsform wesentliche, in Frage kommende Eigenschaften wie Zähigkeit, Sprödigkeit, Härte andere Grössenordnungen besitzen. Hier ergibt sich eine erste grosse Aufgabe, technisch und kristallographisch, die durch die Anisotropie so mannigfaltigen Elastizitäts-, Plastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse der wichtigsten Oxyde, Silikate, Sulfate und Karbonate gründlich zu erforschen.

Der chemisch orientierte Mineraloge wird sich aber viel mehr als in den letzten Jahren dem experimentellen Studium der chemischen Verwitterung zuwenden müssen. Der Angriff der Mineralien durch die gewöhnlichen Lösungen erfolgt zu langsam; es müssen zur Gewinnung rascher Resultate Versuche unternommen werden, bei denen die Zeitdauer durch grössere Aktivität der Reagenzien ersetzt wird, ohne dabei etwas Wesentliches zu ändern. Dies bedarf gründlicher Vorstudien, die leider bis jetzt noch nicht sehr weit gediehen sind. Allerdings hat es der Mineraloge insofern leichter, als er die Verwitterung durch geologische Zeiträume an natürlichen Gesteinsmaterialien studieren kann. Nur muss er sich der besondern Bedingungen, die Bauwerke darbieten (besondere Exposition, fast völliges Fehlen der Humusstoffe, usw.) bewusst sein, um sich vor Fehlurteilen

zu hüten. Stets sollten Verwitterungserscheinungen am Fels mit solchen an alten Bauwerken verglichen werden, um das Wesen der Spezialbedingungen herausarbeiten zu können.

Die weitaus wichtigste Untersuchungsmethode des Petrographen ist für alle Zwecke der Materialienkunde die *mikroskopische Untersuchung*. Sie gestattet die Erkennung des Mineralbestandes und ermöglicht bei verfestigtem Gestein ein Studium des Gefüges.

1. *Mineralbestand*. Es bedarf kaum eingehender Ausführungen, dass die Kenntnis der ein Gestein zusammensetzenden Mineralien grundlegend für die Beurteilung des Gesteins und seines Verhaltens ist. Wenn auch die Festigkeitsverhältnisse jeder Kristallart von der Richtung abhängig sind, kommen doch den Mineralien als Ganzes gewisse Komplexe von Eigenschaften zu, die sie charakterisieren und voneinander unterscheiden. Es sei erinnert an die verschiedenen Gesamthärten, die für alle Fragen, bei denen eine Abnützung zu berücksichtigen ist, von Bedeutung sind. Sprödigkeit und Plastizität sind oft sehr verschieden, beispielsweise zwischen Calcit und Quarz. Die Spaltbarkeiten, die in Verbindung mit der Härte die Polierbarkeit weitgehend bestimmen, sind kennzeichnende individuelle Eigenschaften der einzelnen Mineralarten. Farb- und Feuerbeständigkeit, Wasser- und Wetterbeständigkeit der Gesteine lassen sich nur bei Kenntnis des Mineralbestandes beurteilen. Die Bedeutung glasiger oder kolloidal-amorpher Beimengungen ist für das Verhalten der Gesteine eine sehr grosse. Sie und sogenannte schädliche Bestandteile (wie Pyrit) treten sehr oft nur in äusserst kleinen Mengen auf, die erst durch die mikroskopisch-optische Diagnose feststellbar sind. Aber nicht nur eine qualitative Angabe der Mineralzusammensetzung ist das, was der Ingenieur braucht. Die technologischen Eigenschaften müssen mit den quantitativen Verhältnissen des Mineralbestandes in Beziehung gebracht werden. Es ist daher durch sogenannte Ausmessungen im Dünnschliff die quantitative Mineralzusammensetzung zu ermitteln. Mit Recht hat man in letzter Zeit dieser Methode erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt und auch deren Grundlagen diskutiert (Abhängigkeit der Resultate von der Form der Körner, Wahl der zweckmässigen Grösse der zu untersuchenden Dünnschliffe). Bereits haben Untersuchungen wahrscheinlich gemacht, dass beispielsweise der Quarzgehalt von Bedeutung für verschiedene Verwendungsarten ist, sodass eine quantitative Bestimmung der Mineralzusammensetzung für die Beurteilung (z. B. als Pflasterstein) wertvolle Dienste leistet. Die etwas zeitraubendere, chemische Pauschalanalyse lässt sich durch derartige sorgfältige Untersuchungen oft umgehen; bei grundlegenden Versuchen sollte sie indessen mitausgeführt werden, besonders deshalb, weil manche Mineralien in ihrer Zusammensetzung stark variieren, ohne dass in jedem Einzelfalle die Beziehung zum mikroskopisch-optischen Verhalten bekannt ist. Zweckmässig wird es sein, die Ergebnisse der volumprozentischen Mineralanalyse nach einem einheitlichen Schema darzustellen, ein Schaubild zu konstruieren.

Nicht minder wichtig als die Angabe, was für Mineralien auftreten, und in welchen Mengen sie vorhanden sind, ist die mikroskopische Untersuchung der Beschaffenheit dieser Mineralien. Der Gesteinsmikroskopiker weiss, dass ihm fast jeder Dünnschliff Produkte wichtiger Umsetzungen der gewöhnlichen und säkularen Verwitterung oder der Metamorphose vermittelt. Dass ein zum Teil schon umgewandeltes oder in Zersetzung begriffenes Mineral sich ganz anders verhalten kann als ein vollständig frischer Kristall, ist selbstverständlich. Mechanische Beanspruchung, die in Spannungserscheinungen, Zertrümmerungen und Deformationen erkennbar ist, hat, wie wohl bekannt, die Festigkeitsverhältnisse geändert. Einschlüsse von Mineralien, Flüssigkeits- oder Gaspartikeln sind sehr wichtig und machen sich infolge der entstehenden Spannungen besonders bei Temperaturwechsel bemerkbar. So ist mit der Namengebung der Mineralien allein noch nichts gewonnen; der spezielle Zustand muss mitberücksichtigt werden. Mancherlei widersprechende Befunde an mineralogisch gleich zusammen-

gesetzten Gesteinen würden bei genauer Untersuchung der Dünnschliffe ihre Aufklärung erfahren und dadurch die Ableitung von Gesetzmässigkeiten und Leitlinien für die Bewertung der Gesteine erleichtern.

2. *Das Gefüge.* Doch das Mineralkorn ist nur ein Bestandteil einer höhern Einheit, des Gesteins. Es kommt nicht für sich allein zur Geltung, sondern in seinem Verband mit den andern Mineralkörnern. Für einen Grosseil des technischen Verhaltens sind gerade diese Verbandsverhältnisse von Bedeutung, und seit den grundlegenden Untersuchungen von Hirschwald hat man derartige Studien besonders gefördert. Manche Beziehungen zwischen Form, Verzahnung der einzelnen Körner, Art der Kornbindung, Korngrösse, Mineralverteilung, räumlicher Anordnung, Raumerfüllung und den technischen Eigenschaften sind bereits gefunden worden, und doch dürfte auch hier ein vergleichend experimentelles Studium noch vielerlei zutage fördern. Hier vor allem scheint sich eine Terminologie der verschiedenen beobachteten Erscheinungen nicht umgehen zu lassen. Die Art der Verbandsverhältnisse ist derart variabel und die Herausarbeitung des für den Ingenieur Wesentlichen so schwierig, dass man leicht geneigt ist, sich darauf zu beschränken, gewisse Typen aufzustellen, die einzelnen natürlichen Vorkommen angepasst sind, ohne die Gesamtheit begrifflich zu fassen. Dann aber wird es sehr schwer sein, ein gegebenes Vorkommen richtig einzuordnen, was seinerseits wieder die Erkennung der vorhandenen, gesetzmässigen Beziehungen erschwert. An Stelle dieser zunächst sehr nützlich gewesenen Typen, sollten für die einzelnen Verhältnisse scharfe und wissenschaftlich begründete Begriffe geschaffen werden, auch auf die Gefahr hin, den Charakter eines Gesteins erst durch mehrere, auf verschiedene Gefüge-Eigenschaften sich beziehende Bezeichnungen umschreiben zu können. Auch müsste versucht werden, die Begriffe durch nach bestimmten Methoden konstruierte Idealbilder zu erläutern. Beachtenswerte Anfänge liegen hinsichtlich Darstellung von Form und Grösse der Bestandteile bereits vor; der weitere Ausbau ist mit allen Mitteln zu fördern.

Zu den technisch besonders wichtigen Gefüge-Eigenschaften gehören beispielsweise Kornform und Korngrösse, wobei Gleich- und Ungleichkörnigkeit, mittlere Korngrösse der Einzelminerale und aller Gesteinskomponenten, Variationsbreite der Grösse und Form des Kornes, scharf umrissen werden müssen. Es ergibt sich von selbst, dass hierzu statistische Untersuchungen an einer genügend grossen Einheit notwendig sind. Die Mineralverteilung, das Vorhandensein zusammenhängender Gerüste besonders widerstandsfähiger Mineralien, das Auftreten oder Nichtauftreten einer Grund-, Basal- oder Bindemasse bestimmen weitgehend den Gesteinscharakter. Mit der Form im Zusammenhang stehen ferner die Kornbindung, Verzahnung und Verfilzung, die ihrerseits auf Verbandsfestigkeit und Zähigkeit von Einfluss sind. Die Strukturbegriffe des Petrographen müssen übernommen, verfeinert und insbesondere für sedimentäre Gesteine ausgearbeitet werden. Grosse Fortschritte hat die mikroskopische Untersuchung der Gefügeregelungen gemacht; der technisch orientierte Petrograph wird durch die Anwendung der Methoden von Sander und Schmidt in ganz neuer Weise diese textuellen Eigenschaften charakterisieren können. Allerdings hat er zu bedenken, dass ebenso wichtig wie die optisch-kristallographische Regelung für die Verbandsverhältnisse eine, wenn auch oft nur schwer erkennbare Formregelung ist.

Bei Studien von Raumerfüllungsfragen zeigt sich ebenfalls deutlich die Wichtigkeit der mikroskopischen Untersuchung und der Färbeversuche. Absolute und scheinbare Porosität sind zwar an sich experimentell, quantitativ fassbare Begriffe, aber die Art der Ausbildung der Hohlräume, der Klüfte und Haarrisse bestimmt erst das spezielle Verhalten. Die Zahl für sich allein ist nur ein genereller Begriff, der erst durch weitere, auf das Individuelle zielende Angaben seine vollständige Erläuterung erfährt.

Leider nur spärlich findet man bis heute mikroskopische Untersuchungen an Gesteinsproben, die dem

technischen Prüfungsverfahren oder der natürlichen Beanspruchung schon ausgesetzt waren. Aber nur wenn ständig kontrolliert wird, wie sich die Einzelminerale oder besondere Gefügeteile bei der Beanspruchung verhalten haben, wird es möglich sein, technische und petrographische Befunde in Korrelation zu bringen. Auch *nach* den Prüfungen, muss das Material dem Petrographen vorgelegt werden.

Die Ausführungen haben sich vorzugsweise auf verfestigte Gesteine bezogen; sie gelten jedoch mit den nötigen Aenderungen auch für die Untersuchung der Lockerprodukte (Sande, Material für Beton und Zement) und der künstlichen Bau- und Werkstoffe. Es darf nie vergessen werden, dass mit der Herstellung künstlicher Baustoffe nur versucht wird, Gesteine besonderer Qualität nachzumachen. Manchmal zeigt auch hier beim künstlichen Bau- und Werkstoff ein Dünnschliffbild sofort Mängel oder besondere Eigentümlichkeiten. Gerade bei der Untersuchung von abgebundenen Zementen sollten neben den kolloidchemischen Betrachtungen die Gefüge- und Mineralstudien viel mehr als bis anhin in den Vordergrund treten. Dass ausserdem, wie bei Gesteinen, in Sonderfällen an röntgenographische Untersuchung und Durchstrahlung mit Quarzlicht gedacht werden muss, sei nur nebenbei erwähnt.

Bei der Untersuchung der Sande und Gruse für bautechnische Zwecke sind Korngrösse und Kornverteilung, Kornform und mineralogische Zusammensetzung namentlich in den letzten Jahren als fundamentale Grössen erkannt worden. Hierbei konnte sich auch unmittelbar die Methodik an die in der Sedimentpetrographie übliche anschliessen. Am schönsten zeigt das Problem „Beton“, wie sehr die Fragestellung des Mineralogen die Kunststeinfabrikation beherrscht; Beton ist ein künstliches Trümmergestein, dessen Grobbestandteile, die festen Zuschlagstoffe, durch eine Bindemasse, den Zement, verkittet werden sollen. Die Bindung und Erhärtung muss unter Wasserzusatz erfolgen, gleich wie manche Prozesse der Diagenese, das heisst der Verfestigung der natürlichen Sedimente. Zu dem Zwecke führt man die Rohmaterialien (Sand, Ton, Calcit) durch Erhitzen in einen Zustand über, den Klinker, der mit Wasser reaktionsfähig ist und zu Neubildungen Veranlassung gibt. Das ist nichts anderes als der Versuch, eine künstliche Kontaktmetamorphose zu erzeugen, die nachher bei niedriger Temperatur und unter Wasserzusatz wieder rückgängig gemacht wird. So verwundert es uns nicht, dass es Mineralogen waren, die die Prozesse, die sich beim Erhitzen bis zum Schmelzfluss im System Sand-Ton-Calcit abspielen, klarstellten. Allerdings sind bis heute nur die Gleichgewichtszustände genauer bekannt; die Klinkerbildung des Portlandzements erfolgt jedoch ohne vollkommene Schmelzung, führt daher die Reaktion nicht immer zu Ende, genau so, wie das in der Natur bei der Kontaktmetamorphose oft der Fall ist. Hier kann nur die genaue mikroskopische Untersuchung weiter helfen und der planmässige Versuch, die Abhängigkeit der Reaktionen vom Ursprungsmaterial, seiner Korngrösse und Mischung festzustellen. Und wenn man sich heute noch über die Abbindevorgänge streitet, so ist daran nicht zum geringsten Teil der Umstand schuld, dass diese Vorgänge mikroskopisch zu wenig verfolgt wurden; gibt es doch eine Reihe, die Verfestigung begünstigender, neu entstehender Kristallarten, die nicht einmal genügend optisch, geschweige denn chemisch diagnostiziert sind.

Die Druckfestigkeit des Beton ist zudem, wie die der natürlichen Trümmergesteine, nicht nur durch den Zement, sondern in weitgehendem Masse auch durch die Art der Zuschlagstoffe, der Trümmerbestandteile, bedingt. Die Versuche haben gezeigt, dass die Korngrösse und ihre Verteilung, der Gehalt an Lehm und Ton, die Gestalt der Oberfläche der Kiese oder Trümmer, der Grad ihrer Verwitterung, die Zugehörigkeit zu Weich- oder Hartgestein von Einfluss sind. Jeder Zuschlagstoff sollte vor der Benützung petrographisch eingehend untersucht werden. Auf Grund geologisch-petrographischer Befunde kann man den für Betonherstellung besten, in der Nähe einer Baustelle ausbeutbaren Sand, Kies oder Splitt angeben.

Aus einem ganz anderen Gebiet der Kunststeinfabrikation sei noch folgendes erwähnt. Bei den Erweiterungsbauten der E. T. H. handelte es sich darum, einen Kunststein herzustellen von der Farbwirkung, die dem Molasse-sandstein des Semperbaues zukommt. Die petrographische Untersuchung zeigte, dass die grünlichgraue Farbe des Ostermünder Molassesandsteins durch kleine, grüne, feinverteilte Glaukonitkörner erzeugt wird. Darauf gelang es, durch geringen Zusatz von Chromoxyd den Kunststein gleich zu färben, da auch dieses sich in kleinen grünen Körnern in der Masse verteilt.

Nicht minder wichtig als die petrographische Laboratoriumsarbeit ist die petrographisch-geologische Feldarbeit. Dass keine Probeentnahme ohne Mitwirkung des geologisch geschulten Petrographen erfolgen sollte, ist schon von vielen Seiten betont worden, jedoch noch nicht zur Selbstverständlichkeit geworden. Das wird auch nicht geschehen, solange die Materialprüfungsanstalten nicht unter ihrem Mitarbeiterstabe mineralogisch und geologisch ausgebildete Petrographen führen. Und doch hängen von einer Probeentnahme alle Möglichkeiten der Verwertung der Resultate zu unmittelbarem praktischen Gebrauch ab. Nur nach eingehender geologischer Untersuchung kann das für einen Abbau typische Material bezeichnet werden. Ein Gutachten über eine Probe, die nicht unter diesen Gesichtspunkten entnommen wurde, ist völlig wertlos; es sollte gar nicht erteilt werden dürfen. Ein rigoroses Vorgehen, wie es sich nun in einigen Ländern einzubürgern scheint, ist hier durchaus am Platz. Die Grösse der nicht von Klüften durchsetzten Gesteinsbruchstücke müsste genau bezeichnet werden, das auszumerkende und als ungünstig zu bewertende Material ist mitanzugeben. Neue Untersuchungen, insbesondere solche an Sedimenten, haben dargetan, dass oft innerhalb eines Steinbruches die Eigenschaften viel variabler sind als von Steinbruch zu Steinbruch. Als geschätzten Mitarbeiter der Steinbruchbesitzer, der vor Schaden durch gemischte, unbrauchbare Lieferungen schützt, muss der Petrograph angesehen werden. Die wissenschaftliche Forschung aber wird sich am raschesten entwickeln können, wenn gerade innerhalb kleiner Gebiete grosse Serienversuche ausgeführt werden, die bei gleichzeitiger technischer und petrographischer Prüfung die Ursachen für verschiedenes Verhalten erkennen lassen. Vom Mineral zum Mineralgefüge und zum Gesteinsverband ist die Erforschung auszudehnen und sachkundig durchzuführen.

Die Erkenntnis, dass die technische Materialprüfung in erster Linie eine Experimentalwissenschaft ist, die nur in Zusammenarbeit mit den in der Petrographie üblichen Methoden der Untersuchung des Mineralbestandes, Gefüges und Gesteinsverbandes und unter Berücksichtigung der kristallphysikalischen und chemischen Verhältnisse zu praktisch verwertbaren Gesetzmässigkeiten theoretischer Art führt, ist heute vorhanden. Sie nutzbar zu gestalten, wird das Programm der Zukunft sein müssen. Die Forderungen des Alltags, die Notwendigkeit, rasch für irgend einen Zweck Bestimmungen auszuführen, hat häufig die Inangriffnahme eigentlicher wissenschaftlicher Studien verhindert oder den Abbruch solcher Serienversuche, ohne volle Auswertung, zur Folge gehabt. Damit hat man der Praxis den denkbar schlechtesten Dienst geleistet. Wohl ist die Zahl der so zustande gekommenen Versuche eine grosse; höchst selten aber sind die für eine wissenschaftliche Verarbeitung notwendigen Daten vollständig vorhanden. Mit dem einzigen Ziel, durch reine Forschungsarbeit Grundfragen abzuklären, müssen die Untersuchungen nach bestimmtem und allseitig anerkanntem Programm von neuem und systematisch in Angriff genommen werden. Dabei ist notwendig, dass von Anfang bis Ende die Zusammenarbeit zwischen Ingenieur, Mineraloge und Petrograph eine innige ist. Jeder Versuch, rasch praktisch verwertbare Resultate zu gewinnen, geht auf Kosten der vollständigen Bearbeitung eines Problems, und letzten Endes wird doch nur diese der Praxis die Dienste leisten, die von der Wissenschaft verlangt werden.

## Die Erfahrungsaustausch-Gruppen der schweizerischen Industrie und ihre Beziehungen zum Betriebswissenschaftlichen Institut.

Von Dipl. Ing. A. WALTHER, Priv.-Doz. an der E. T. H.

Leiter der Abteilung für Allgemeine Betriebsforschung am B. I.

Schon früher haben wir an dieser Stelle<sup>1)</sup> auf die wertvolle Tätigkeit der „Erfahrungsaustausch-Gruppen“ der Industrie hingewiesen. Es handelt sich um eine neuartige Gemeinschaftsarbeit, die noch wenig bekannt ist, aber zweifellos Beachtung verdient. Eine Reihe von Firmen schliessen sich zu einer Erfahrungsaustausch-Gruppe zusammen und behandeln gemeinsam besonders wichtige Fragen der Betriebsführung und Betriebsverwaltung. Das ist nicht etwa eine Selbstverständlichkeit, denn es war bis heute nicht üblich, Fragen des Betriebes mit betriebsfremden Fachleuten zu besprechen. Alles, was den Betrieb angeht, war und ist vielfach heute noch mit dem Schleier des Geschäftsgeheimnisses umhüllt. Eine Reihe schweizerischer Grossfirmen haben das grosse Verdienst, klar erkannt zu haben, wo das Geschäftsgeheimnis zu Recht gewahrt werden muss und wo eine offene Behandlung betrieblicher Probleme mit befreundeten Fachleuten geboten und fruchtbar ist. Sie haben, gestützt auf gute amerikanische Vorbilder, den ersten Schritt gewagt und sich entschlossen, Fragen der Material- und Lagerwirtschaft und des Lohnwesens in gemeinsamem Erfahrungsaustausch abzuklären. Andere Firmengruppen sind diesem guten Beispiel gefolgt, und heute bestehen in der Schweiz schon neun solcher „Erfagruppen“, die zum Teil mit dem Betriebswissenschaftlichen Institut an der E. T. H. eng zusammenarbeiten.<sup>2)</sup>

Uns interessiert hier vor allem die Arbeitsmethode dieser Erfagruppen, die sich allerdings durch die Erfahrung noch mehr abklären muss, heute aber in grossen Zügen bereits zu übersehen ist. Eine internationale, im Betriebswissenschaftlichen Institut an der E. T. H. veranstaltete Besprechung von Gruppenleitern aus Deutschland, Oesterreich, Holland und der Schweiz hat in dieser Hinsicht wertvolle Ergebnisse gezeitigt. Eine Erfagruppe, um diese bequeme Abkürzung zu gebrauchen, darf nicht zu gross sein, sieben bis zehn Firmen sind genügend, um einen regen Gedankenaustausch zu gewährleisten. Die teilnehmenden Firmen brauchen nicht unbedingt der gleichen Branche anzugehören, viel wichtiger ist es, dass sie von ähnlicher Grösse sind, weil die Probleme in Grossbetrieben, mittleren und kleinen Unternehmungen nicht die gleichen sind. Während in den meisten uns bekannten Ländern der Erfahrungsaustausch auf die Privatindustrie beschränkt ist, wirken in Holland staatliche und private Industriebetriebe in den gleichen Gruppen zusammen. Von grösster Bedeutung für eine erfolgreiche Arbeit ist vor allem aber die Auswahl der teilnehmenden Personen. Die mittleren und kleinen Firmen sind in der Regel durch die Betriebsleiter selbst vertreten, die je nach dem zu behandelnden Arbeitsgebiet noch weitere Herren mitbringen; bei den Grossfirmen ergibt sich von selbst eine gewisse Spezialisierung.

Grundsätzlich sollten, solange wenigstens das gleiche Thema (z. B. Material- und Lagerwesen) zur Diskussion steht, immer die gleichen Persönlichkeiten an den Sitzungen teilnehmen. Die Arbeit der Erfagruppen bedarf einer sehr kollegialen Einstellung aller Teilnehmer, einer freundschaftlichen Atmosphäre, die sich erst nach einer gewissen Zeit gemeinsamer Arbeit entwickeln kann und sorgfältig gepflegt werden muss. Die Regelmässigkeit des Besuches aller Sitzungen gilt als Ehrenpflicht, die Zusammenkünfte sollen daher nicht zu oft und müssen zu gut passenden Terminen angesetzt werden.

Erfreulich ist in den uns bekannten schweizerischen Erfahrungsaustausch-Gruppen die enge Zusammenarbeit technischer und kaufmännischer Organe. Das allein schon

<sup>1)</sup> „Zusammenarbeit von Betriebsforschung und Praxis zur Hebung der Wirtschaftlichkeit der Betriebsführung“, „S. B. Z.“, Band 95, Seite 217.

<sup>2)</sup> Näheres siehe „Schweizer, Arbeitszeitung“, Nr. 27, 1930.