

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93/94 (1929)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Mineralogie und Technik  
**Autor:** Niggli, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-43447>

### **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:** 30.01.2025

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

INHALT: Mineralogie und Technik. — Die neue Volksschule in Celle bei Hannover (mit Tafeln 17 bis 20). — In eigener Sache. — Die Horse Mesa Staumauer am Salt River, Arizona, U. S. A. — Wirtschaftslage und Schweizer Mustermesse 1929. — † Ferdinand Rudio. — Mitteilungen: Das „goldene Jubiläum des Lichtes“. Aus-

fuhr elektrischer Energie. Vom neuen Rangierbahnhof Basel auf dem Muttenzerfeld. Die Ausstellung von Schülerarbeiten der kunstgewerblichen Abteilung der Gewerbeschule Zürich. — Wettbewerbe: Schulhauserweiterung und Turnhalle in Möriken. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 94

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 18

## Mineralogie und Technik.

Von Prof. Dr. PAUL NIGGLI.<sup>1)</sup>

Das Ineinandergreifen von Mathematik, Naturwissenschaften und Technischen Wissenschaften in Lehre und Unterricht, die Nutzbarmachung der Kenntnisse wissenschaftlicher Forschung für die Bedürfnisse des Tages sind das Kennzeichen der Technischen Hochschulen. Der Kreis der Aufgaben und Probleme, die der reine Praktiker und der Akademiker in der Technik zu bewältigen haben, ist im wesentlichen der gleiche; die Art und Weise, wie die Lösung dieser Aufgaben in Angriff genommen werden kann, ist verschieden; sie hängt von der Kenntnis der Grundlagen, von der Grösse des überblickbaren Feldes naturgegebener Zusammenhänge ab.

Lassen Sie mich zur Eröffnung des 75. Studienjahres der E. T. H. skizzieren, wie die zeitweise rein deskriptiv und ästhetisch orientierte Mineralogie mit in die Gruppe der Naturwissenschaften gehört, die mit den Spezialdisziplinen der Technischen Hochschulen in innigster Beziehung stehen. Drei ihrer Teilgebiete sind besonders eng mit den Technischen Wissenschaften verknüpft: die *Kristallphysik*, die *Lehre von den Mineralaggregaten* (Minerocoenologie) und die *Geochemie*.

Die Kristallphysik untersucht das physikalische Verhalten von Einzelkristallen, die Elementarbestandteile fast aller unserer Baumaterialien sind und die für sich mannigfache Verwendung finden. Die Geochemie gibt uns über die Rohstoffe und ihre Verteilung in der Erdkruste Auskunft, vermittelt somit die Kenntnis der Grundlagen eines Grossteils unserer Technik und Industrie. In Verbindung von Kristallphysik und Lehre von den Mineralvergesellschaftungen wurde schliesslich eine Methodik der Untersuchung von Kristallaggregaten entwickelt, die in ständig zunehmendem Umfange bei der Materialprüfung Verwendung findet.

### I.

Die *Lehre von den Kristallen* (und dem kristallisierten Zustande der Materie überhaupt) ging von den natürlichen Baustoffen der Erde, den Mineralien, aus. Während man zunächst nur Glanz, Farbe, Reinheit bewertete und die äussere Form nicht als besonders gesetzmässig und harmonisch empfand, gelang es 1669 dem Dänen Nikolaus Steno, 1688 dem Italiener Dominic Guglielmini und 1723 Moritz Anton Capeller von Luzern darzutun, dass sich gleiche Winkel zwischen den ebenen Begrenzungsflächen an verschiedenen Individuen einer Kristallart in eigentümlicher Weise wiederholen. Dadurch war die Beurteilung der Form als blosser Naturspiele, die für uns als zufällig zu beschreiben seien, ausgeschlossen; in steter Entwicklung machte uns die Wissenschaft mit der Aesthetik einer Morphologie bekannt, die an Einfachheit und innerer Geschlossenheit von unerhörter Schönheit ist.

Gestatten Sie mir hier beiläufig eine Bemerkung. In einem mystisch gefärbten Buch über die Natur las ich jüngst folgenden Ausspruch Alfred Döblins: „Es hat mich schon lange finster gestimmt wenn ich in ein Buch sah, das Naturdinge behandelte — Physik besonders, aber auch Mineralogie und genug andere Fächer — und sah wie diese schönen, grossartigen und feinen, uns alle angehenden Dinge traktiert, einseitig angegangen, verarmt und entwürdigt wurden. Diese Mathematik, ich sage nicht „die“ Mathematik, ist der Feind der Natur und der Naturerkenntnis.“

<sup>1)</sup> Rektoratsrede an der E. T. H. zur Eröffnung des Studienjahres 1929/30; gehalten am 14. Oktober 1929.

Ein Mensch, der mathematisches Wissen besitzt, den Formeljargon der Mathematik und sonst nichts, und sich damit der Natur nähert, muss sein wie eine Frau, die die Hände eingeseift hat und damit einen Fisch greifen will; wie sicher, dass sie ihn nicht fasst . . . Es ist aber eine beispiellose Arroganz der heutigen Mathematiker, sich vor die Welt und die Natur zu stellen und zu sagen, sie allein hätten Augen für die Dinge. Würde man nicht den Musiker auslachen, der sagte, die Töne allein geben ein Verständnis der Welt, oder den Chinesen, der seine Sprache allein für das Organ der Lyrik hielte? Man wird nicht über mich lachen, wenn ich sage, dass diese äusserliche bekmesserliche Behandlung der Naturwissenschaften mit einem Instrument, das man selbst nicht mehr versteht, es dahin gebracht hat, dass von der Schulbank ab die Erkenntnis der grossen einfachen Natur, unser aller Natur, in Misskredit gekommen ist und dass sie ganz im Schatzen liegt.“

Es ist das eine für unserer Zeit symptomatische Beschuldigung, die gegen die durch die ungeheure Erweiterung der Naturwissenschaften hervorgerufene Spezialisierung und Vertiefung erhoben wird, wobei zugleich zugunsten einer mehr aufs Ganze zielenden unmittelbaren Naturerfassung mit deutlichem subjektivem Einschlag plädiert wird. Wie ungerecht solche Vorwürfe sind, die den eigenen Geist der Ausschliesslichkeit anderen beimessen wollen, zeigt die Kristallographie. Die in der Formenentwicklung zum Ausdruck kommende äussere Schönheit und die im Bau und physikalischen Verhalten bemerkbare innere Harmonie der Kristalle ist eine auf mühsamem Wege erarbeitete rein wissenschaftliche (und im wesentlichen mathematisch-geometrische) Erkenntnis, durch die erst der Blick für neue ästhetische Werte geschaffen wurde. Und wenn in Befolgung eines Spruches, den Spitteler Demiurg in den Mund legt: „Nach allen Vögeln haschen ist kein rätlich Spiel, ein knappes Menschenleben heischt ein einfach Ziel“ eine eingehendere Beschäftigung mit einem Gegenstand oft die Vernachlässigung anderer zur Folge hat, so müssen wir bedenken, dass die Naturwissenschaften und die Technischen Wissenschaften durch die Erkenntnisse, die sie vermittelten und durch die Werke, die sie schufen, das Naturbild so bereichert und differenziert haben, dass diese Beschränkung nicht immer eine Verarmung zu bedeuten braucht. Sicherlich hat die immer weiter um sich greifende Spezialisierung ihre grossen Gefahren. Wir müssen den Blick für die Nachbargelände stets offen halten und uns hüten, aus Fachschulen nur das Handwerk pflegende Spezialschulen zu machen. Aber wir können uns der Entwicklung, die zugleich eine Differenzierung und Vertiefung ist, nicht mit Argumenten entgegenstemmen, die Umfang mit Inhalt, Erlebnisraum mit Erlebnisreichtum verwechseln.

Das schiefe Urteil über die Rolle der Mathematik für die Naturwissenschaften braucht keines Kommentares. Nur folgendes möge beachtet werden. Wenn die mathematische Darstellung einer verschiedene Elemente harmonisch verbindenden Gesetzmässigkeit vielen farblos erscheint, ist sie für den, der ihre Sprache versteht, ein Symbol von analogem ästhetischem Wert wie die Symbole des künstlerischen Erlebnisses. Mathematische Spielerei und scharfe mathematische Fassung eines Problems der Naturwissenschaften sind verschiedene Dinge. Aber auch für die Mathematik gilt, dass ihre Eigenentwicklung im höchsten Interesse der gesamten Naturwissenschaften und Technischen Wissenschaften ist. In unserer Zeit ist nicht sie es, die den Naturwissenschaften auf allen Gebieten voran eilt; der

Naturforscher stellt ihr oft grundsätzlich neue Aufgaben, von deren Bewältigung die Fortschritte auf seinem Gebiete abhängig sind. Wenn der Naturwissenschaftler in seiner Sprache von der Natur spricht, ist er sich wohl bewusst, dass ein anderer Standpunkt, der des (soweit das in unserer Zeit noch möglich ist) unmittelbaren Erlebens seine tiefste Berechtigung hat. Er stemmt sich nur dagegen, dass diese leicht zur Weltanschauung werdende Naturerfassung, der die Mühsal der subtilen Untersuchung der Zusammenhänge oft fehlt, als letztes, vom Individuum möglichst losgelöstes, objektiviertes *Wissen* ausgegeben wird, und dass sie, in völliger Verkennung der Tatsachen, *allein* den Anspruch auf Mitwirkung von Phantasie und Geist erhebt. So wenig wir das Urteil eines Menschen, dem die Natur die Gabe musikalischen Verständnisses versagt hat, als wegleitend ansehen für die Bedeutung, die der Welt der Töne zukommt, so wenig scheint der mathematisch nicht begabte Naturfreund berechtigt zu sein, über ein Gebiet zu urteilen, das er nicht verstehen kann und will. Die Struktur menschlichen Geistes ist so variabel, dass nur Toleranz und Verstehenwollen vor ungerechten Vorwürfen schützt.

In der Kristallmorphologie konnte die mathematisch orientierte Naturbetrachtung einen ihrer grössten Triumphe feiern. Die Gesetze der Formenentwicklung (Rationalitäts-, Zonen- und Symmetriegesetz) ergaben sich aus *einer* Grundannahme, die zugleich eine neue Welt geometrischen Formenreichtums erschloss, die Welt der Kristallstrukturen und der rhythmisch-periodischen Symmetrien überhaupt. Ihr Inhalt ist heute noch nicht von Kunsthandwerk, Architektur und Technik richtig ausgeschöpft.

Zugleich wurde einerseits die äussere Kristallmorphologie der inneren Gesetzmässigkeit des Aufbaues kristalliner Materie tributär, andererseits erhielt die Kristallphysik ein geometrisches Element, dass die Möglichkeit mannigfacher Ausnützung darbot. Fundamental war die Erkenntnis, dass bei einer (strukturell in der Periodizität zum Ausdruck kommenden) Homogenität die Eigenschaften der Kristalle von der Richtung abhängig sind. Die der Natur physikalischer Vorgänge entsprechende, sinngemässe Uebertragung der Symmetriegesetze ermöglichte die genaue Formulierung der physikalischen Gesetze. Dadurch wurde sowohl das Studium der Atomphysik gefördert als auch das Verhalten der Einzelkristalle in Abhängigkeit von ihrem Bau soweit geklärt, dass die Technik daraus ihren Nutzen ziehen konnte.

Woldemar Voigt, der grosse Kristallphysiker der letzten Jahrhundertwende, der sich unzweifelhaft mit tiefem künstlerischem Genusse seiner Spezialarbeit hingab, sprach anlässlich der Einweihung des von ihm geschaffenen kristallphysikalischen Institutes in Göttingen folgendes: „Denken wir uns in einem grossen Saal ein paar Hundert ausgezeichnete Violinspieler, die mit tadellos gestimmten Instrumenten alle das selbe Stück spielen, aber gleichzeitig an lauter verschiedenen Stellen beginnen, auch etwa nach Vollendung immer wieder von vorn anfangen. Der Effekt wird (für den Europäer wenigstens) nicht eben erfreulich sein, ein gleichmässig trübes Tongemisch, aus dem auch das feinste Ohr das wirklich gespielte Stück nicht herauszuerkennen vermag, einzig charakterisiert durch den Umfang der überhaupt erreichten und durch die relative Häufigkeit aller berührten Töne. Eine solche Musik nun machen uns die Moleküle in den gasförmigen, den flüssigen und den gewöhnlichen festen Körpern vor. Es mögen sehr begabte Moleküle sein, von kunstvoll reichem Aufbau — aber bei ihrer Wirksamkeit stört immer eines das andere; von ihren Qualitäten kommt in den beobachteten Erscheinungen keine voll und rein, manche überhaupt gar nicht zur Geltung. Ein Kristall hingegen entspricht dem oben geschilderten Orchester, wenn dieses von einem tüchtigen Dirigenten einheitlich geleitet wird, wenn alle Augen an seinen Winken hängen und alle Hände den gleichen Strich führen. Hier kommt Melodie und Rhythmus des vorgetragenen Stückes zu ganzer Wirkung, die durch

die Vielheit der ausführenden nicht gestört, sondern gestärkt wird. Das Bild macht verständlich, wie Kristalle ganze Erscheinungsgebiete zeigen können, die bei den andern Körpern absolut fehlen, und dass andere Gebiete sich bei ihnen in wundervoller Mannigfaltigkeit und Eleganz entwickeln, die bei den übrigen Körpern nur in trübseligen monotonen Mittelwerten auftreten. Nach meinem Gefühl tönt die Musik der physikalischen Gesetzmässigkeiten in keinem anderen Gebiete in so vollen und reichen Akkorden wie in der Kristallphysik.“

So treffend dieses Bild im grossen ist, so bedarf es doch der Korrektur im einzelnen. Die Idee des in sich harmonisch gebauten Kristalles, um ohne Nebenabsichten eine Ausdrucksweise Platons zu benutzen, ist nur äusserst selten in strenger Vollkommenheit verwirklicht. Störungen im Kristallaufbau sind die Regel, sie haben zur Folge, dass die wirklich feststellbaren Eigenschaften oft wesentlich von denen abweichen, die theoretisch erwartet werden müssen. Das mag zunächst den Eindruck eines Versagens wissenschaftlicher Forschung erwecken. Allein die Feststellung, dass es Eigenschaften gibt, die von solchen Strukturfehlern wenig abhängig sind, während andere in erheblichem Masse durch sie beeinflusst werden, eröffnet die Möglichkeit, durch sorgfältige Züchtung Individuen mit bis jetzt nicht erreichten physikalischen Eigenschaften letzter Art herzustellen. Wenn wir erwähnen, dass zu den durch Strukturdefekte leicht beeinflussbaren Eigenschaften die chemische Widerstandsfähigkeit, die Leitfähigkeit, die Zerfallsfestigkeit, die Lage der Elastizitätsgrenzen gehören, wird evident, wie wichtig solche Züchtungsversuche für die technischen Wissenschaften werden können.

Mannigfach sind übrigens bereits heute die Anwendungen, die die Ergebnisse kristallphysikalischer Untersuchungen in der Technik gefunden haben. Es möge nur daran erinnert werden, wie in der Optik durch ihre Durchlässigkeit bzw. Absorption besonders ausgezeichnete Kristalle als Prismen ausgedehnte Verwendung finden und wie die Erscheinungen der Polarisation und Doppelbrechung zur Konstruktion der Nicols Veranlassung gaben, wodurch grosse neue Gebiete der Bearbeitung erschlossen wurden. Lassen Sie mich als Beispiel nur noch einer seit kurzem zu aktueller Bedeutung gelangten Erscheinung Erwähnung tun.

Bei Kristallarten gewisser Symmetrien ist die Möglichkeit eines eigentümlichen Effektes, den man Piezoelektrizität nennt, gegeben. In polaren Richtungen, die sich physikalisch nach dem Richtungssinne verschieden verhalten, können durch mechanische Beanspruchung (Druck oder Zug) elektrische Momente auftreten. Die mechanisch erzwungenen gegenseitigen Verrückungen der elektrisch geladenen Atome stören das Gleichgewicht und erzeugen eine elektrische Polarität. Umgekehrt bewirkt ein an Kristallstäbchen oder Platten dieser Art angelegtes elektrisches Feld eine Längenänderung, eine Lagenverrückung der atomaren Bestandteile. Im hochfrequenten elektrischen Wechselfeld entstehen daher Schwingungen, deren Frequenz durch den Elastizitätsmodul und die Dichte bestimmt ist. Bei genügender Uebereinstimmung zwischen elektrischer Schwingungszahl und Eigenfrequenz der Stäbchen müssen scharfe Resonanzphänomene bemerkbar werden. Nun benötigt die drahtlose Telegraphie und Telephonie einerseits Apparate zur Kontrolle der Schwingungszahlen und andererseits Oszillatoren, die den Sender veranlassen, nur in bestimmter Frequenz Wellen abzugeben. Dabei kommen hauptsächlich Schwingungen von 10 000 bis Millionen von Perioden pro Sekunde in Betracht. Nachdem die piezoelektrischen Erscheinungen schon längst bekannt waren, hat 1922 Cady erstmals erkannt, dass Quarzplättchen bestimmter Lage genau die für die Radiotechnik nötigen piezoelektrischen Schwingungsphänomene ergeben können. Heute benutzt man sie bereits allgemein als Wellenkontrollapparate und Steuerorgane für die Wellenabgabe. Die ausserordentliche scharfe Resonanz, die geringe Dämpfung wird sie auch überall da, wo möglichst reine Einwellen benötigt werden,

als Abstimmer verwendbar machen. So sind rein theoretische Untersuchungen auf einem abseits gelegenen Gebiet der Kristallphysik plötzlich technisch wertvoll geworden.

## II.

Man kann heute in Ergänzung der natürlichen Vorkommnisse manche Stoffe als grosse, in der Technik (z. B. der Glühlampenfabrikation) direkt verwendbare Einkristalle herstellen; die wichtigsten Materialien, die wir täglich brauchen, die metallischen und nichtmetallischen Bau- und Werkmaterialien finden jedoch in der Form vielkristalliner Aggregate Verwendung. Um deren Verhalten beurteilen zu können, ist es nicht nur notwendig, die Eigenschaften der Einzelkristalle in Betracht zu ziehen, sondern auch die der Verbandsverhältnisse, des Gefüges. Man darf nicht die am einzelnen Kristall gewonnenen Daten auf das technisch Verwendung findende quasi-isotrope Aggregat übertragen, in dem die durch die Heterogenität bedingten Effekte oft ausschlaggebend sind. Der Ingenieur, der mit Metallen und künstlichen oder natürlichen gesteinsartigen Werkstoffen zu arbeiten hat, muss daher wissen, welchen Einfluss das Gefüge solcher Aggregate auf das mechanische, physikalische und chemische Verhalten ausübt, und wie er die Aggregatbildung im günstigen Sinne zu beeinflussen hat. Zu diesem Zwecke ist ein vergleichendes Studium der Gefügearten, ihrer Bildung und ihrer Eigenschaften notwendig. Wiederum war es die Mineralogie, zunächst von ganz anderen, rein wissenschaftlich orientierten Gesichtspunkten ausgehend, die den Weg ebnete, der zum Verständnis derartiger Erscheinungen führte. Das ist leicht begreiflich. In der Natur selbst treten die Mineralien in Form derartiger Aggregate (Mineralvergesellschaftungen) auf, die als Gesteine den Hauptteil der Erdkrinde aufbauen. Ein intensives Studium der Verbandsverhältnisse war zum Verständnis der Entstehungsweise dieser Mineralvergesellschaftungen notwendig. Und dieses Studium verlangte die Entwicklung und den Ausbau neuer Untersuchungsmethoden in den mineralogisch-petrographischen Laboratorien. Eine der wichtigsten unter ihnen ist die mikroskopische Methode, bei in dünnen Plättchen durchsichtigen Substanzen mit Hilfe des modernen Polarisationsmikroskopes, bei opaken Substanzen unter Anwendung des Metallmikroskopes. Dadurch wird das Studium sowohl der Einzelbestandteile wie des Gefüges ermöglicht. Es handelt sich um eine Methode, die bei eingermassen gleichmässig struierten Aggregaten an sehr kleinen Mengen ausgeführt werden kann. Sie lässt geringe, jedoch oft für das Gesamtverhalten ausschlaggebende Mengen schädlicher, individualisierter Bestandteile feststellen und gibt zugleich über die besondere Kristallausbildung (Art der Einschlüsse, Frischheit der Kristallarten, Spuren vorausgegangener mechanischer Beanspruchung oder nachträglicher Umwandlung und Zersetzung) Auskunft. Sie gestattet spezielle Anordnungsverhältnisse der Einzelbestandteile, sogenannte Gefügeregelungen, zu erkennen und in ingenieurer Weise zu vermessen. Die für das technische Verhalten wichtige Beschreibung und Systematisierung der Verbandsverhältnisse, der Korngrösse, der Kornbindung, Gleich- oder Ungleichkörnigkeit, Kornform, Artverteilung, Raumerfüllung hat einen ersten grundlegenden Ausbau erhalten. Schon heute können wir nach sorgfältiger, jedoch nicht sehr zeitraubender, mikroskopischer Untersuchung eines natürlichen oder künstlichen Baustoffes (eingeschlossen die zementartigen und keramischen Materialien) weitgehende Schlüsse ziehen auf sein physikalisches Verhalten: die Druckfestigkeit, Abnutzbarkeit, Zähigkeit, Verbandsfestigkeit, Wasser-, Farb- und Feuerbeständigkeit, Wetterbeständigkeit, Polierbarkeit, usw. Unzweifelhaft würden wir dazu noch viel mehr im Stande sein, wenn die Zusammenarbeit zwischen Mineralogie, Geologie und technischer Materialprüfung von Anfang an eine innigere gewesen wäre.

Die Materialprüfung durch den Ingenieur arbeitet mit künstlichen Beanspruchungsarten, die denen, welchen der Baustoff später unterworfen ist, unter Berücksichtigung

der veränderten Zeitdauer und der späteren Einfügung in einen höheren Bauverband, entsprechen sollen und die zugleich gut definiert, leicht reproduzierbar und standardisierbar sein müssen. Der Materialverschleiss ist ein relativ grosser. Dem zunächst rein empirischen Charakter nach ist die Aussage eine nur für das untersuchte (und bei der Untersuchung meist zerstörte) Objekt gültige. Nur wenn es gelingt, das Verhalten bei der Materialprüfung oder bei der späteren normalen Beanspruchung in Beziehung zum Materialaufbau zu setzen, sind weitergehende Aussagen möglich. Dazu sind ausgedehnte Versuchserien notwendig, wobei in Zusammenarbeit der technischen Prüfungsanstalten mit den mineralogisch-kristallographischen Instituten festgestellt wird, welche engere Korrelation zwischen Aggregat-eigenschaften und technischen Befunden besteht. Sobald einmal die Zusammenhänge erkannt sind, wird sich zeigen, dass in vielen Fällen die mikroskopische Untersuchung völlig zur Charakterisierung der Eigenschaften genügt. Sie aber lässt sich jeweilen mit Leichtigkeit und ohne wesentlichen Materialverlust zur Kontrolle von Bau- und Werkstoffen durchführen. Auch hier gilt, wie von den Leitern der Anstalt wohl erkannt, dass die auf das ganze Zielende Forschung, der Versuch zunächst durch Experimente allgemeinsten Art die Beziehungen zwischen Chemismus, Kristallbestand, Gefügebild und praktischer Eignung zu bestimmen, letzten Endes den grösseren Nutzeffekt hat als die nur für den Augenblicksbedarf und das unmittelbare praktische Ziel arbeitende Technik. Noch immer ist das Forschungsinstitut die beste Kapitalanlage für eine vorwärtsstrebende Industrie und ein auf Qualitätsarbeit angewiesenes Land.

Ist einmal das in Bezug auf Materialkenntnis angestrebte Ziel erreicht, so wird, was heute erst in gewissem Umfange möglich ist, der Mineralogie auch genau angeben können, wo und in welchem Ausmasse natürliche Baustoffe (mit den als notwendig angesehenen Eigenschaften) mit Vorteil ausgebeutet werden können. Ein gegebenes Vorkommen kann untersucht werden, ob nur lokal oder in grösserer Menge günstiges Material zu gewinnen ist, welche Aenderungen mit zunehmendem Abbau zu erwarten sind, welche Partien von der Ausbeute ausgeschlossen werden müssen, usw. Wir brauchen nur daran zu erinnern, wie wichtig es bei dem in gewaltigem Umfang gesteigerten Strassenverkehr gerade für die Schweiz ist, gegebenenorts zweckmässigste und billigste Strassenbaustoffe zu finden; eine Aufgabe, die in Zusammenarbeit technischer Materialprüfung und mineralogisch-petrographischer Studien erst vor kurzem in Angriff genommen wurde.

In ungeahnter Weise hat aber in den letzten Jahrzehnten die Metallographie von der kristallographisch-mineralogischen Wissenschaft profitieren können. Der mikroskopischen Methode hat sich hierbei die röntgenometrische als gleichwertig beigesellt. Metallische Werkstoffe werden zum Gebrauch in der Technik weitgehend verarbeitet und mannigfachen Deformationen ausgesetzt. Solchen mechanischen und thermischen Beanspruchungen waren jedoch im Verlaufe der Erdgeschichte auch die natürlichen Mineralaggregate, die Gesteine unterworfen. So lernte der Mineraloge frühzeitig erkennen, in welcher Art und Weise diesen Bedingungen gegenüber das Einzelmineral und das Mineral im Verband sich verhält. Es gelang ihm, in Verbindung mit den Metallographen, die Vorgänge der technischen Kalt- und Warmbearbeitung kristalliner Aggregate in den Grundzügen zu verstehen. Dadurch wurden die Mittel geschaffen, die eine Beeinflussung in beliebigem erwünschtem Sinne ermöglichen. Wenn durch Auswalzen, Hämmern, Zug oder Stauchung die metallischen Aggregate bei niedriger Temperatur (Kaltbearbeitung) deformiert werden, erleiden sie im allgemeinen eine Verfestigung, d. h. die deformierten Metalle setzen weiterer mechanischer Beanspruchung grösseren Widerstand entgegen. Nach der Bearbeitung befinden sie sich jedoch stets in einem besonderen, durch innere Spannungen (verursacht durch Verbiegungen und Verhakungen) aus-

gezeichneten Zustand, der durch Erhitzen (sogenanntes Tempern) in den normalen zurückgeführt werden kann. Es findet dann eine Rekristallisation statt, die je nach der Vor- und Nachbehandlung zu fein- oder zu grobkörnigen neuen Kristallaggregaten führt. Die Technik wünscht, dass man den verschiedenen Zwecken entsprechend diese Vorgänge in bestimmte Bahnen lenken kann, und das verlangt die Kenntnis der mechanischen und thermischen Reaktionsfähigkeit der Kristalle im gegebenen Verband. Wir wissen heute, dass die mechanisch wirkenden Kräfte in erster Linie innere Gleitungen in den Kristallen zur Folge haben, die jedoch infolge der Struktureigentümlichkeiten und der verschiedenen Orientierungen der einzelnen Körner sich nicht völlig spannungsfrei auswirken können. Die ursprünglich vorhandenen Gleitlockstellen verschwinden, unvollständige Rekonstruktion des ursprünglichen Gitters führt zu einer innern Verzahnung; es entsteht eine Blockierung der verschiebbaren Schichten. Wenig deformierte Gitterbereiche bleiben in unmittelbarer Nähe akuter Spannungszentren bestehen. Von ihnen aus kann bei Erhöhung der innern Beweglichkeit der Gesundungsprozess, die Re- und Umkristallisation, einsetzen. In manchen Fällen liegt es bereits in unserer Gewalt, die Zahl der wirksamen Keime, sowie deren Orientierung (und dadurch die Korngröße und Gefügeregelung des neuen Aggregates) zu bestimmen. Stehen alle diese Vorgänge, wie früher bereits betont, in engster Beziehung zu den natürlichen Gesteinsumwandlungen vom alpinen Typus, d. h. unter dem Einfluss tektonischer und thermischer Beanspruchung, so hat andererseits ein Studium der Strukturen der durch Erstarrung aus dem magmatischen Schmelzflusse gebildeten Eruptivgesteine die ersten Anhaltspunkte gegeben, in welcher Weise das Gefüge umgeschmolzener Metalle beeinflusst werden kann.

So haben die Ergebnisse der Kristallographie und Gesteinslehre mannigfache Anwendungen gefunden. Die Natur selbst ist Lehrmeisterin für das, was wir Menschen an künstlichen Nachahmungen natürlicher aggregatbildender und -zerstörender Vorgänge leisten wollen. Bereits vor 130 Jahren hat der grosse Genfer Naturforscher Horace Bénédict de Saussure die Frage: „Ces lois générales du monde physique n'agissent-elles pas dans nos laboratoires de même que dans les souterrains des montagnes“ gestellt und bejaht, und in das XV. Jahrhundert, in den Beginn der neuen Aera der naturwissenschaftlichen Untersuchungen, fällt der Ausspruch des weit vorausschauenden Universal-Menschen Leonardo da Vinci: „La sperienza, interprete infra l'artifiziola natura e la umana spezie, n'nsegna ciò che essa natura infra mortali adopra, da necessità costretta, non altrimenti oprar si possa che la ragione, suo timone, oprare l'ensegna.“ (Das Experiment, Dolmetsch

## DIE NEUE VOLKSSCHULE IN CELLE BEI HANNOVER.

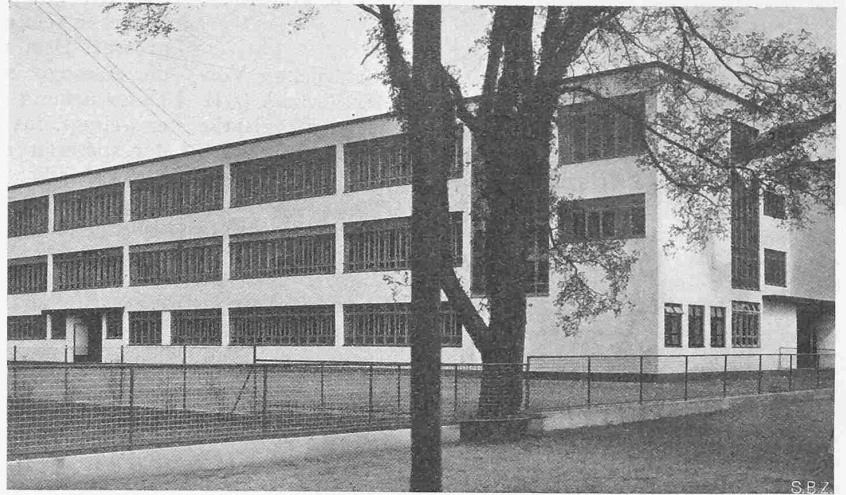


Abb. 1. Schulhaus in Celle, von Südwesten gesehen.

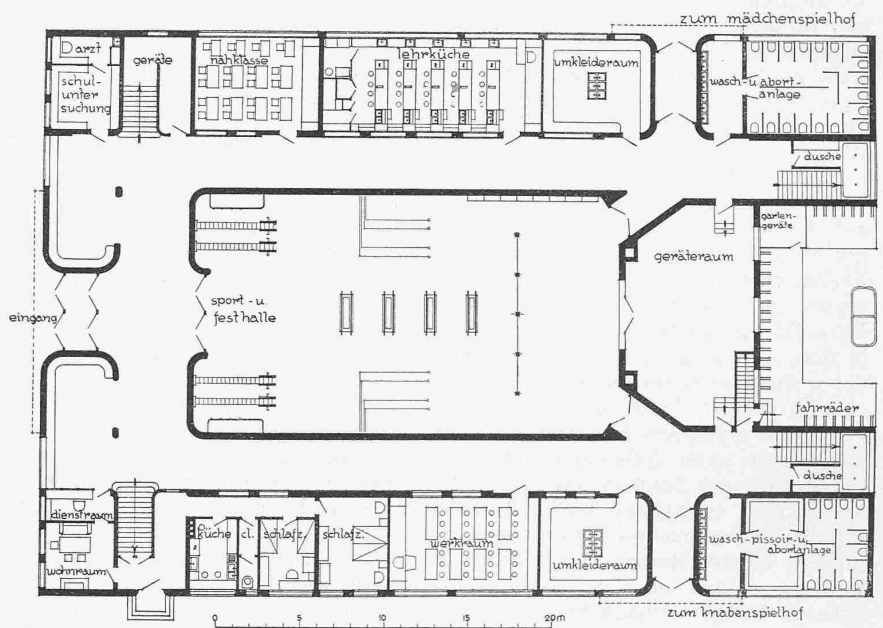


Abb. 2. Erdgeschoss-Grundriss, 1:400. Orientierung: links Süd, rechts Nord.

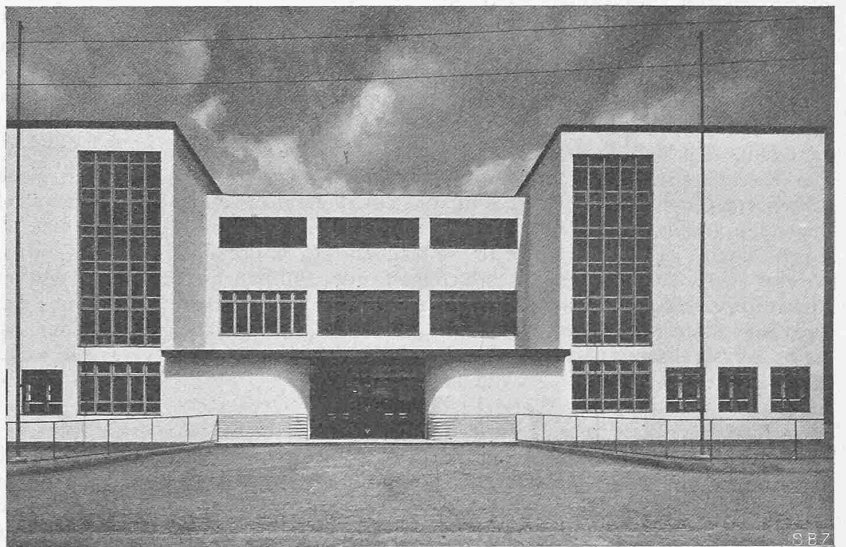


Abb. 3. Der Haupteingang von Süden.

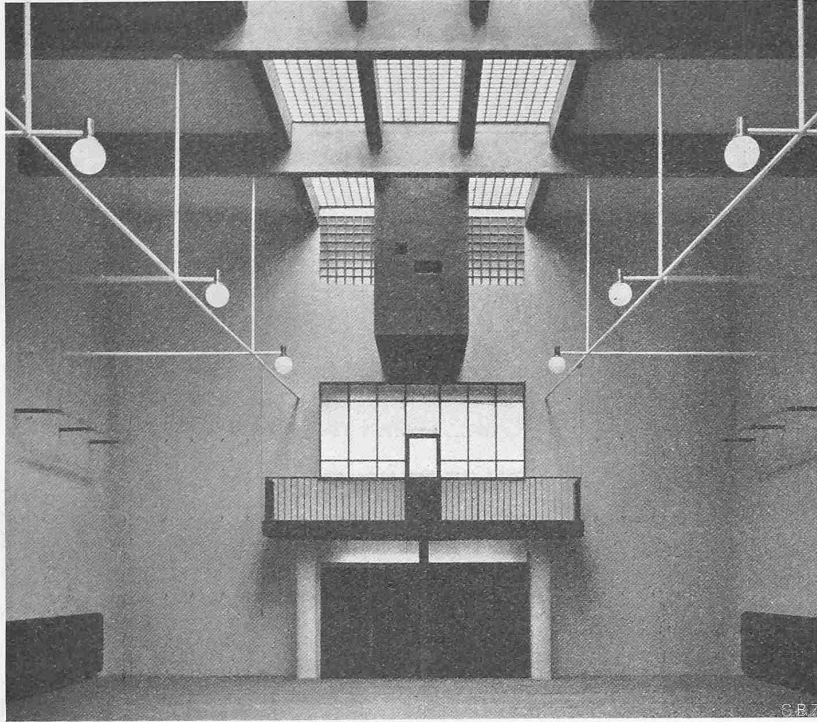


Abb. 4. Sport- und Festhalle, gegen den Eingang gesehen.

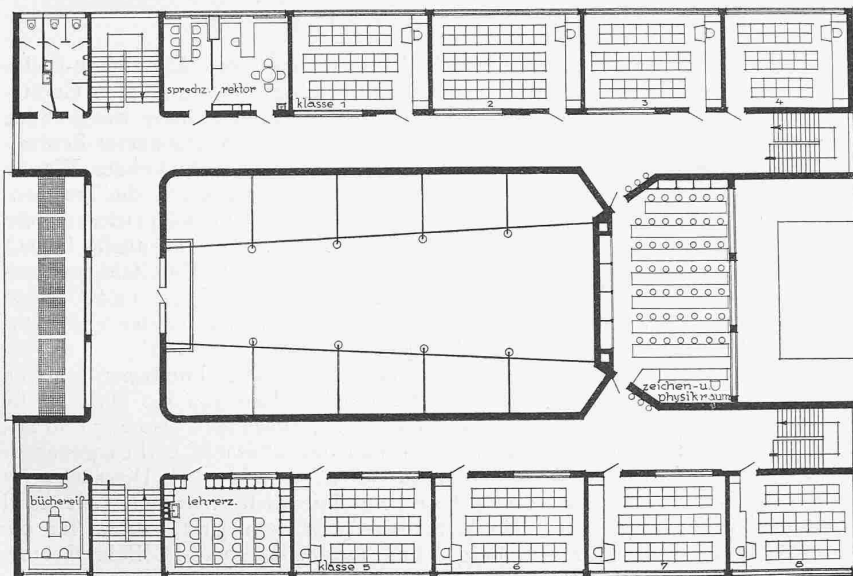


Abb. 5. Obergeschoss-Grundriss. — Masstab 1 : 400.

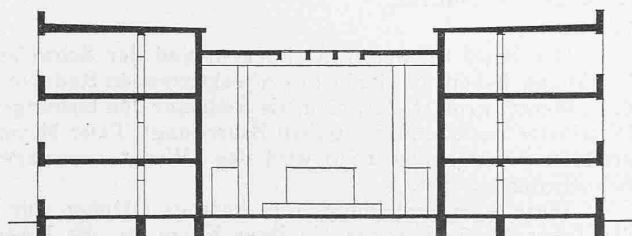


Abb. 6. Querschnitt. — Masstab 1 : 400.

zwischen der kunstreichen Natur und dem Menschen-Geschlecht, lehrt uns, was schon selbige Natur unter den Sterblichen anwendet, dass man, von der Notwendigkeit gezwungen, nicht anders wirken könne, als wie die Vernunft, ihr Steuer, sie zu wirken lehrt). (Schluss folgt.)

## Die neue Volksschule in Celle.

Architekt OTTO HAESLER.

(Mit Tafeln 17 bis 20.)

„Wir können nicht zugeben, dass unsere lebensfrohe Jugend zum Unterricht in einem Gebäude verhalten wird, von dem so etwas wie Fabrikstimmung ausgeht“ hiess es Juli 1928 im Bericht jener Minderheit der Schulhausbaukommission von Lenzburg, die das Projekt Schmidt und Hächler für die neue Bezirkschule mit allen erdenklichen Mitteln bekämpfte und zu Fall brachte.

Wir wollen nicht weiter darauf eingehen, dass in diesem Satz das Problem auf dem Kopf steht, indem es nämlich darauf ankäme, auch Fabriken so zu bauen, dass darin „lebensfrohe Menschen“ arbeiten können, ohne an besagter Lebensfreude Schaden zu nehmen, sodass „fabrikmässig“ letzten Endes nichts weiter bedeuten dürfte als unpathetisch-sachlich; mögen vielmehr unsere heutigen Bilder zeigen, wie es in einer solchen, im guten Sinn „fabrikmässigen“ Schule wirklich aussieht. Die Ähnlichkeit dieses ausgeführten Schulhauses mit dem leider vereitelten Projekt Schmidt und Hächler<sup>1)</sup> ist eine rein stimmungsmässige, denn jenes Lenzburger Projekt zeigte einen gelösten Grundriss, es war viel konsequenter, und man darf sich nicht verhehlen, dass in der axialen Anordnung der Häslerschen Schule noch ein Rest Pathetik, ein Rest unangebrachter Monumentalität steckt, der im Lenzburger Projekt überwunden war, und dass die Ausbildung des Binnenhofs zur Turnhalle und Aula ein etwas misslicher Notbehelf ist, der dunkle Gänge zur Folge hat, wie Tafel 20 (unten links) zeigt. (Diese Abbildung möge auch als warnendes Beispiel für die Zürcher Gewerbeschulprojekte dienen, wo noch längere Gänge indirekt beleuchtet werden sollen: sie werden also entsprechend noch unerfreulicher aussehen als hier, wo sie nur 50 m lang sind.)

Diese Einwände sind vorwegzunehmen, um die Durchbildung des Einzelnen, der Klassenzimmer wie ihrer Einrichtung und allen Zubehörden umso rückhaltloser anerkennen zu können. Die Stadt Celle im Reg.-Bezirk Lüneburg ist mit ihren 25 000 Einwohnern noch lang keine Grosstadt, aber sie hat den Neubau einer Schule gewagt, die in sehr vielen Punkten vorbildlich sein wird — ein Ruhm, den auch Lenzburg sich hätte erwerben können, den es aber zu seinem eigenen Schaden verpasst hat.

P. M.

Die folgenden Angaben sind der unter Literatur auf Seite 232 dieses Heftes genannten Veröffentlichung entnommen.

Im Ostteil der zweiflügeligen, in ihrer Längsrichtung von Süd nach Nord orientierten Anlage liegen die Knaben-, im Westflügel die Mädchenklassen, dazwischen die gemeinsamen Räume wie Eingangshalle, Turnhalle, Zeichensaal; die südlichen Treppenhäuser beider Flügel dienen zum Kommen und Gehen, die nördlichen dem innern Verkehr während der Schulzeit. Die Gang-Ecken sind bis zum Radius von 1 m abgerundet.

<sup>1)</sup> Vergl. „S. B. Z.“ Band 82, Seite 88\* (18. August 1923) und Bd. 89, Seite 199\* (9. April 1927).