

## Vergleichende Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen.

Zweiter Bericht über von L. PRANDTL und F. RINNE durchgeführte Versuche, erstattet

von

**F. Rinne** in Leipzig.

Mit Taf. XIV und 9 Textfiguren.

In unserer ersten Mitteilung<sup>1</sup> wurde über die Ergebnisse von Druckfestigkeitsuntersuchungen an carrarischem Marmor berichtet, der in Form verschieden hoher quadratischer Säulen und Zylinder benutzt und unter bestimmten Modifikationen der Versuchsanordnung geprüft wurde.

Versuche, bei denen die Probestücke zwischen harten Platten, diesen unmittelbar anliegend, gepreßt wurden, zeigten, daß die an Versuchskörpern verschiedener Höhe gewonnenen Festigkeitszahlen stark, aber in regelmäßiger Änderung voneinander abweichen. Die Ergebnisse zweier typischer Reihen seien hier in Diagrammform wiedergegeben.

Die auch bei geologischen Betrachtungen oft zu Berechnungen verwandte „Würfelfestigkeit“, deren Zahl in Fig. 1 entsprechend der Abszisse 45 mm auf dem noch abfallenden Teil der Kurve liegt, kann durchaus nicht als „Idealfestigkeit“,

<sup>1</sup> Dies. Jahrb. 1907. I. 45.

d. h. als die dem Material als solchem innewohnende Festigkeit gelten. Hingegen tritt in Fig. 1 und 2 heraus, daß Probekörper größerer Länge gleichmäßige Ergebnisse, also die gesuchte Zahl der idealen Festigkeit, liefern: von einer

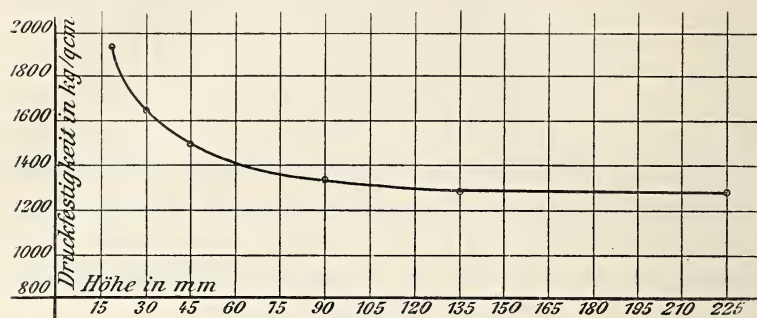


Fig. 1. Versuchsreihe mit Marmorprobekörpern quadratischen Querschnitts (45 : 45 mm).

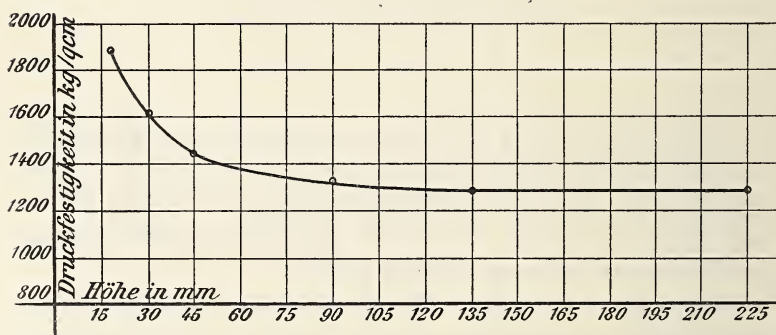


Fig. 2. Versuchsreihe mit Marmorprobekörpern kreisförmigen Querschnitts (50 mm Durchmesser).

Länge des Probekörpers gleich etwa dem  $2\frac{1}{2}$ fachen der Höhe ab verläuft die Kurve praktisch horizontal<sup>1</sup>.

Eine gleichmäßige Festigkeitszahl wurde bei unseren Versuchen an Marmor von Carrara auch bei niedrigen Probe-

<sup>1</sup> Eine übermäßige Länge der Probestücke bringt natürlich Knickgefahr und damit Verringerung der Festigkeitszahl mit sich.

körpern dann gewonnen, wenn zwischen letzteren und den harten Platten der Maschine Druckausgleicher in Gestalt schicklich montierter Gummipolster angebracht waren. Eine entsprechende Darlegung, die sich im übrigen auf eine weniger druckfeste Sorte von Carraramarmor bezieht, ist in Fig. 3 wiedergegeben: die Druckfestigkeitslinie verläuft, abgesehen von Schwankungen, die durch unvermeidliche Versuchsfehler bedingt werden, von vornherein wagrecht.

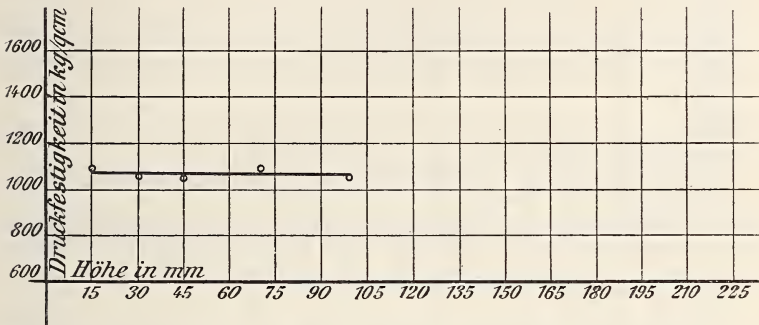


Fig. 3. Versuchsreihe mit Marmorprobekörpern kreisförmigen Querschnitts (50 mm Durchmesser); zwischen Probekörper und Platten der Presse Gummipolster als Druckausgleicher.

In einfacherer Weise als durch Gummipolster (die eine Montierung durch zusammenhaltende Blechkapseln erfordern) erzielt man eine in weiten Grenzen noch gleichmäßige Druckverteilung durch Verwendung von Papierzwischenlagen (15 Blatt Fließpapier zu Pappe gepreßt) zwischen Probekörper und harten Platten der Maschine. Für solche Versuchsanordnung gelten nachstehende Diagramme 4 und 5.

Fig. 4 und 5 zeigen, daß von etwa 60 mm Höhe des Marmorprobekörpers an praktisch gleichmäßige Zahlen erreicht wurden.

Es führten beim Marmor von Carrara also folgende Versuchsarten zur gewünschten Zahl der Idealfestigkeit:

1. Zerdrücken der Probekörper zwischen harten Platten. Benutzung von Probestücken, deren Länge das 2,5fache ihres Durchmessers oder mehr beträgt.

2. Zerdrücken der Probekörper unter Verwendung von Druckausgleichern zwischen ihnen und den harten Platten der Presse.

a) Benutzung montierter Gummipolster als Zwischenlagen. Höhe der Probekörper praktisch beliebig.

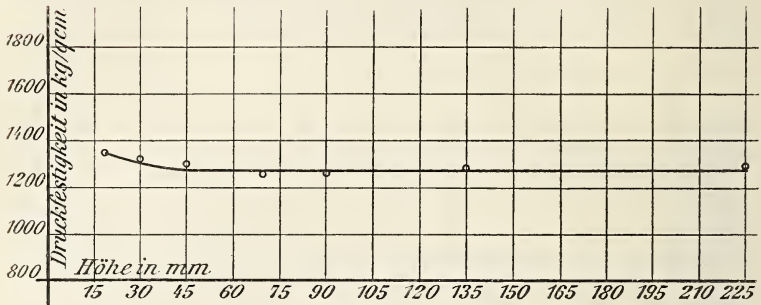


Fig. 4. Versuchsreihe mit Marmorprobekörpern quadratischen Querschnitts (45 : 45 mm); zwischen Probekörper und Platten der Maschine Papierzwischenlagen als Druckausgleicher.

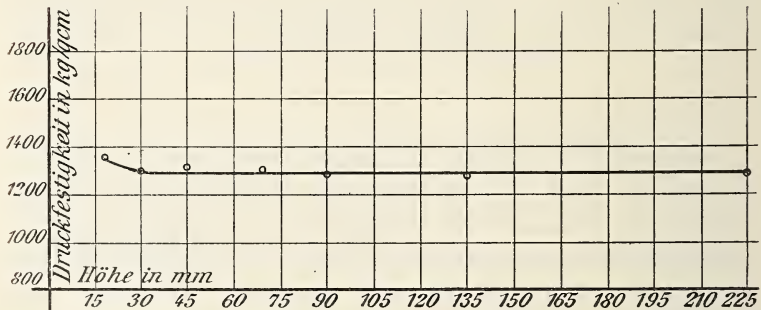


Fig. 5. Versuchsreihe mit Marmorprobekörpern kreisförmigen Querschnitts (50 mm Durchmesser); zwischen Probekörper und Platten der Maschine Papierzwischenlagen als Druckausgleicher.

b) Benutzung von Fließpapierpappe als Zwischenlagen. Höhe der Probekörper gleich dem 1,5fachen ihres Durchmessers oder mehr.

Es handelte sich nun darum, auch Gesteine von größerer Druckfestigkeit als sie Marmor besitzt den Methoden unter 1 und 2 zu unterwerfen. Dabei erschien es wegen der größeren



Einfachheit von 2b gegenüber 2a zweckmäßig, außer der Versuchsart 1 lediglich 2b zu verwenden.

Die Beschaffung geeigneten Materials war zunächst nicht ganz einfach, da für die Erprobung der Methoden sehr zahlreiche, durchaus gleichwertige Versuchsobjekte erforderlich waren. Allen Anforderungen genügte ein Melaphyr von Kirn a. d. Nahe. Die Probestücke wurden, wie früher beim Marmor, mit größter Genauigkeit in der Werkstatt von R. BRUNNÉE (VOIGT & HOCHGESANG) in Göttingen hergestellt.

Es ergab sich alsbald, daß die beim Marmor mit bestem Erfolg gebrauchte Methode der Benutzung von Papierzwischen-

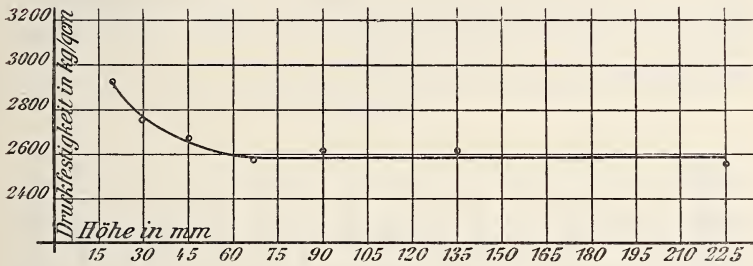


Fig. 6. Versuchsreihe mit Melaphyrprobekörpern quadratischen Querschnitts (45 : 45 mm); keine Zwischenlagen zwischen Probekörper und Platten der Maschine.

lagen zwischen Probekörper und harten Platten der Maschine beim Melaphyr sich nicht eignet. Der Grund dafür liegt in dem Umstande, daß die Festigkeit der Papierzwischenlagen eine geringere ist als die des in Rede stehenden harten Gesteins. Es trat die Zerstörung des papierenen Druckausgleichers eher ein als die des Probekörpers, und so hörte denn seine Wirksamkeit vorzeitig auf.

Für solche Fälle ist also die Methode der Benutzung genügend langer Probestücke und Zerdrücken zwischen harten Platten anzuwenden.

Die nach dieser Vorschrift durchgeführten Versuche am Kirner Melaphyr gaben in den auf 25 kg/qcm jeweils abgerundeten Durchschnittszahlen eine befriedigende Kurve.

Die Streuung der Werte war zwar erheblich, der gesetzmäßige Verlauf der Festigkeitskurve ist jedoch nicht zu verkennen (Fig. 6).

Von Interesse ist es zu sehen, daß bei einem so harten Gestein wie es der Melaphyr ist, der störende Einfluß der Enden der Probestücke weit weniger in Betracht kommt als beim Marmor. Es gleicht sich die Ungleichmäßigkeit der Druckverteilung an den Endflächen nach der Mitte zu bei harten Stoffen eher aus als bei weicheren. Während nämlich bei Marmor erst ein Probestück mit einer Länge gleich dem 2,5fachen Durchmesser die Idealfestigkeitszahl beim Zerdrücken zwischen harten Platten liefert, gewinnt man diese Größe beim Melaphyr schon bei Probestücken, die in ihrer Länge den Würfel wenig übertreffen. Beim Verhältnis von Länge zum Querdurchmesser  $\frac{6}{4} \frac{5}{5}$  (= ca. 1,5) setzt praktisch Horizontalverlauf der Kurve ein.

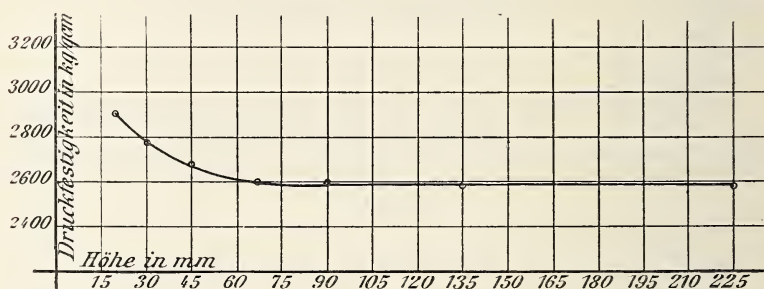


Fig. 7. Versuchsreihe mit Melaphyrprobestücken kreisförmigen Querschnitts (Durchmesser 50 mm); keine Zwischenlagen zwischen Probestücken und Platten der Maschine.

Versuche mit Melaphyrzylindern bestätigten obige Erfahrungen. Die Kurve der Fig. 7 stellt wieder die auf 25 kg/qcm abgerundeten Mittelwerte zahlreicher Versuche dar.

Von allgemeinsten Anwendbarkeit erscheint nach diesen Erfahrungen als Methode zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen die, genügend lange Probestücke zwischen harten Platten zu zerdrücken.

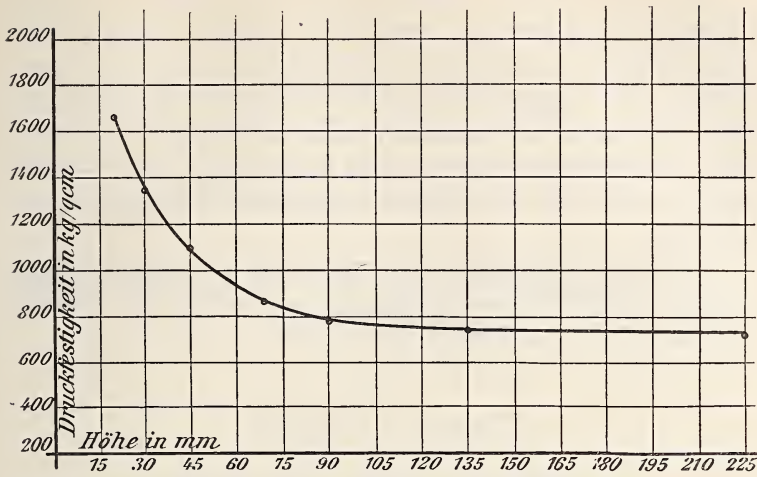


Fig. 8. Versuchsreihe mit Anhydritprobekörpern quadratischen Querschnitts (45 : 45 mm); keine Zwischenlagen zwischen Probekörper und Platten der Maschine.

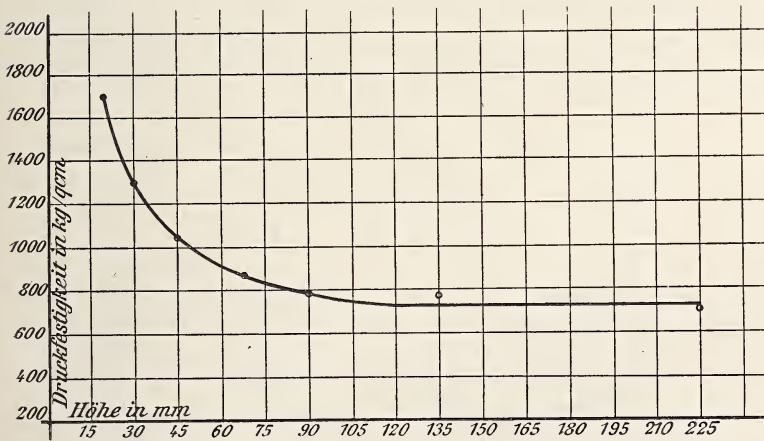


Fig. 9. Versuchsreihe mit Anhydritprobekörpern kreisförmigen Querschnitts (50 mm Durchmesser); keine Zwischenlagen zwischen Probekörper und Platten der Maschine.

Bei marmorweichen wie bei härteren Gesteinen genügt eine Höhe der Probekörper gleich dem 2,5fachen des Durchmessers um die Idealfestigkeitszahlen zu gewinnen.

Als ein weiteres Beispiel für Ergebnisse an weichen Gesteinen seien hier noch die Zahlen gegeben, die an Zechstein-Anhydrit von Sudheim bei Northeim von uns gewonnen wurden. Das ausgezeichnet gleichmäßige Material entstammt einem Bohrloch. Wir verdanken es Herrn Geheimrat v. KOENEN. Die kennzeichnenden Kurven sind in den Fig. 8 und 9 wiedergegeben, die den an Marmor gemachten Erfahrungen entsprechen.

Vor dem Zusammenbruch stellten sich in schöner Deutlichkeit die MOHR'schen Linien ein, wie das in den Figuren der Taf. XIV zu erkennen ist.



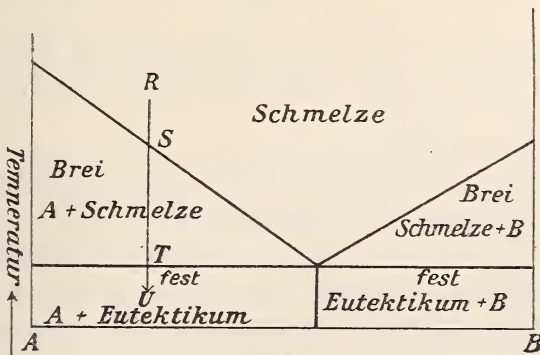
## Durch Entgasung bewirkte Kristallisationen in Schmelzflüssen.

Von

F. Rinne in Leipzig.

Mit Taf. XV—XVII und 6 Textfiguren.

Der allgemein bekannte Umstand der Verfestigung von Schmelzflüssen durch Kristallisation bei genügend tiefer Erniedrigung der Temperatur kommt in üblicher Diagrammform des sehr einfachen Beispiels der Fig. 1 durch den Lauf eines darstellenden Punktes auf der Linie R U zum Ausdruck.

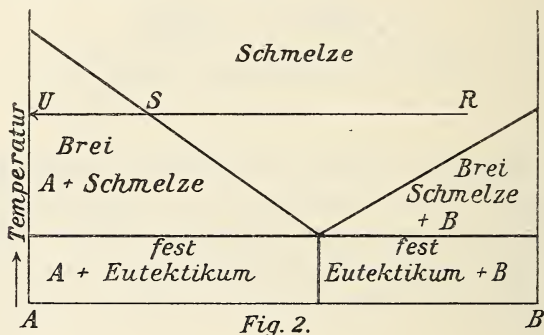


•Fig. 1.

Er nimmt seinen Weg RS im Bezirk der homogenen Schmelze. ST gibt ein Temperaturintervall an, in welchem Kristallisation der Substanz A vor sich geht, sich also ein aus Schmelze und A zusammengesetzter Brei bildet und allmählich durch Verminderung des Schmelzrestes zugunsten von A sich ver-

steift. Beim Punkte T wird der feste Zustand unter Aufteilung der noch vorhandenen Schmelze in A und B vollends erreicht.

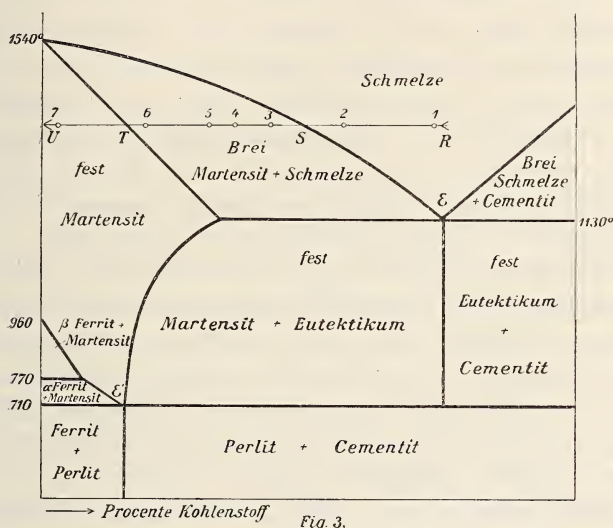
Das Diagramm zeigt unmittelbar, daß Ausscheidung und schließlich völlige Verfestigung auch erzielt werden kann beim Marsche eines figurativen Punktes auf einer Horizontalen statt Vertikalen, d. h. durch Konzentrationsänderung des Schmelzflusses an Stelle von Abnahme der Temperatur. Der darstellende Punkt verschiebt sich im Beispiel der Fig. 2 dann etwa im Sinne des Pfeils R U; er verläuft auf RS im Bereich der Schmelze, überschreitet die Grenze der Löslichkeit für A in S, gelangt ins Breifeld sowie schließlich bei U an den Punkt völliger Verfestigung.



Natürlich ist das Erstarrungsprodukt in diesem Falle strukturell und chemisch ein anderes als bei dem durch Fig. 1 dargestellten Vorgange.

Kristallisationen, deren Ursache der Fig. 2 mutatis mutandis entspricht, finden sich nicht gerade selten bei künstlichen Schmelzen. Die hüttenkundliche Praxis bietet im Puddelprozeß ein auch petrographisch interessantes, anscheinend bislang in Schliffen noch nicht systematisch untersuchtes Beispiel großen Maßstabes dar. Sei hier die Metallographie dieses Verfahrens, soweit sie für den zu erörternden Umstand der Kristallisation ohne Temperaturerniedrigung in Betracht kommt, in kurzen Zügen unter Veranschaulichung der Verhältnisse durch die Mikrophotographien auf den Taf. XV—XVII erläutert. Dabei möge das GOERENS-BENEDICKS'sche Eisen-Kohlenstoff-Diagramm der Fig. 3 zugrunde gelegt werden.

Wie bei allen Frischverfahren handelt es sich auch beim Puddeln im wesentlichen um die Änderung der Konzentration der Schmelze Eisen-Kohlenstoff zugunsten des Eisens. Aus Fig. 3 sind die in Betracht kommenden Umstände ohne weiteres herauszulesen<sup>1</sup>. Die chemischen und die Kristallisationsvorgänge kommen schematisch durch den Marsch eines darstellenden Punktes auf dem Pfeil RU zum Ausdruck. Er führt aus dem Bereich der homogenen Schmelze bei S in das Breifeld und bei T zur völligen Verfestigung des Systems,



immer ohne Sinken der Temperatur. Gleich wie im Falle der Fig. 2 könnte der Wärmegrad sogar bedeutend steigen, es würde doch Kristallisation eintreten. So geschieht es auch in der Praxis des Puddelns.

Um die Kristallisation der Schmelze zu beenden, ist im vorliegenden Beispiel eine völlige Entfernung des Kohlenstoffs ersichtlich nicht nötig, da die ausgeschiedenen Eisenkristalle etwas Kohlenstoff in fester Lösung enthalten. Die Entfernung der übrigen Menge dieser Substanz geschieht beim Puddeln durch Oxydation unter dem Einfluß der Ofengase und der

<sup>1</sup> Vergl. E. HEYN, Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde. 1903. p. 40.

dem Roheisenbade zugesetzten Eisenoxyde.  $C + O = CO$  bzw.  $Fe_3C + O = Fe_3 + CO$  und  $3C + Fe_2O_3 = Fe_2 + 3CO$  bzw.  $3Fe_3C + Fe_2O_3 = Fe_{11} + 3CO$ .

Die in Rede stehende eigenartige Kristallisation ist zufolge der Zugängigkeit des Apparates, in welchem sie sich vollzieht, eines Herdflamofens, sehr leicht zu beobachten. Man erkennt mit bloßem Auge wie in der glühenden Schmelzmasse des frischenden Roheisens ohne Erniedrigung der Temperatur, ja bei steigender Wärme, sich Kristallmassen in schwammiger Vereinigung ausscheiden. Es ist Carboferrit (Martensit). Ihre Menge vergrößert sich mit fortschreitender Entgasung des Schmelzflusses mehr und mehr, so daß ein Rühren in dem sich versteifenden Brei immer schwieriger wird. Schließlich ballt man die Kristallmassen des Eisens zu Luppen zusammen, aus denen die noch flüssige Schlacke herausläuft; sie wird weiterhin wie Wasser aus einem Schwamm durch Drücken aus dem Eisenballen herausgepreßt.

Ich konnte diesen aus der Großtechnik wohl bald verschwindenden merkwürdigen Kristallisationsvorgang, dank der Erlaubnis des Herrn Dr. KRUPP v. Halbach auf dem Essener Werk der Firma F. KRUPP A.-G., eingehend studieren. Es wurden dem Eisenbade im Verlaufe der Prozesse zahlreiche Proben entnommen, die dann mikroskopisch und auf ihren Kohlenstoffgehalt chemisch untersucht wurden.

Natürlich ist bei der metallographischen Beurteilung der Schöpfproben zu bedenken, daß die primären Produkte der Verfestigung durch Änderungen im festen Zustande (Umstehen) gewissermaßen eine Umprägung erfahren haben, so daß man sich durch entsprechende Überlegungen das ursprüngliche Bild der Schmelzflüssausscheidungen rekonstruieren muß.

Das Ausgangsmaterial eines Versuches, der hier zugrunde gelegt werden soll, war ein weißes Roheisen mit schöner strahliger Kristallisation des Cementits. Es enthielt außer Fe

C . . . . .	4,34 %
Si . . . . .	0,41
Mn . . . . .	1,76
P . . . . .	0,08
S . . . . .	0,05
Cu . . . . .	0,02



Im Diagramm (Textfig. 3) entspricht ihm der Punkt 1. Ersichtlich hat es annähernd die Zusammensetzung E des Eisen-Kohlenstoff-Eutektikums. Fig. 1 auf Taf. XV zeigt das zugehörige mikroskopische Bild, das wie alle folgenden in einer Vergrößerung 1 : 150 aufgenommen ist.

Man erkennt in dieser Tafelfigur dunkle, skelettförmig angeordnete Teile von Perlit und ferner ein Gemenge hellen Cementits mit dunklem Perlit<sup>1</sup>. Zur Kennzeichnung der chemischen Verhältnisse, die zur Beurteilung der folgenden Bilder im Vergleich zu der in Rede stehenden Fig. 1 zu wissen nötig sind, sei vermerkt, daß Cementit als  $\text{Fe}_3\text{C}$  6,66% C und Perlit nur 0,9% C enthält. Ein Zurücktreten von Cementit gegenüber Perlit ist also ein Ausdruck für Verringerung des Kohlenstoffgehaltes in der Schöpfprobe.

Das durch Punkt 1 im Diagramm (Textfig. 3) gekennzeichnete Roheisen schmolz im Herde allgemach unter Abtropfen. Eine Probe solch abgeschmolzenen Eisens enthielt 3,63% C; es war also schon beim Schmelzen des Eisens eine deutliche Frischwirkung zu verzeichnen. Das mikroskopische Bild zeigte ähnliche Verhältnisse wie Tafelfig. 1, nur mit feinerem Gefüge, gewiß zufolge schnellerer Erstarrung.

Eine Schöpfprobe des vollends eingeschmolzenen Roheisens ergab 3,39% C und das zugehörige Mikrophotogramm Fig. 2 der Taf. XV, das durch Vergleich mit Fig. 1 ohne weiteres verständlich ist. Der entsprechende Punkt im Diagramm liegt bei 2 auf dem Frischpfeil R U. Nachdem so die Roheisenschmelze hergerichtet war, setzte ihre Entgasung kräftig ein, und derzufolge erschienen die ersten Kristallisationen. Der figurative Punkt des Diagramms war also über S der Textfig. 3 hinaus in den Bezirk des Breis eingelaufen. Eine Probe wurde alsbald herausgeholt; sie ergab 2,57% C (Punkt 3 auf dem Pfeil der Fig. 3). Das entsprechende metallographische Bild ist als Tafelfig. 3 wieder-

<sup>1</sup> Die Mikrophotogramme der Tafeln beziehen sich auf Präparate, die mit verdünnter Salpetersäure geätzt sind; in ihnen erscheint der Cementit hell, Perlit (bezw. eine ihm nahestehende Übergangsform) dunkel. Sehr hübsche Kontraste liefert das bei metallographischen Untersuchungen oft verwandte ausgezeichnete Reagens Natriumpikrat; es färbt das Karbid gelbbraun und läßt den Perlit hell.



gegeben. Bei seiner Deutung ist zu bedenken, daß es sich nicht etwa lediglich um herausgefischte Erstausscheidungen des Schmelzflusses handelt, vielmehr um eine Gesamtprobe des Bades im Entkohlungsstate von 2,57% C. Daraus erklärt sich die Tafelfig. 3 wie folgt. Gleich nach der Erstarrung, also bei einer Temperatur noch nicht viel unter 1130° lagen in einer aus (Fe + Fe<sub>3</sub>C)-Mischkristallen und Cementit bestehenden Grundmasse (die Wüst Ledeburit genannt hat) Kristalle von Martensit. Beim weiteren Erkalten hat sich aller Martensit (mit 2% C) entsprechend dem „Umstehungsdiagramm“ (in Textfig. 3 links unten) in Perlit (Cementit und Ferrit) mit 0,9% C und in überschüssigen Cementit pseudomorphosiert. Es hat also ein Umkristallisieren stattgefunden und dabei wohl auch eine Sammelkristallisation<sup>1</sup> durch teilweises Aneinanderschließen des aus Martensit entstandenen Cementits mit dem Cementit der Grundmasse.

Eine Probe, die zur Zeit des „Kochens“ (stürmischen Entweichens von Kohlenoxydgas) genommen wurde, ergab 2,16% C (Punkt 4 des Diagramms) und ein Bild wie Tafelfig. 4, eine folgende (aus dem steifwerdenden Bade) 1,87% C (Punkt 5) und das Mikrophotogramm der Tafelfig. 5. In diesen Bildern macht sich, entsprechend der chemischen Prüfung, der Einfluß der Entgasung und der damit zusammenhängende Fortschritt im Ausscheiden von Mischkristallen aus der Schmelze, abgesehen von gewissen Ungleichmäßigkeiten, mehr und mehr geltend. Noch mehr tritt das heraus bei der Probe von dem im Fortschritt des Puddelns sehr steif gewordenen Brei; sie wies 1,14% C auf (Punkt 6 des Diagramms und Tafelfig. 6). Schließlich ist das Breifeld vom darstellenden Punkte durchschnitten und die Verfestigung des Eisens (soweit es nicht in die Schlacke gegangen ist) vollzogen. Proben der Luppen enthielten nur noch 0,16 bzw. 0,18% C (Punkt 7).

Als zweites Beispiel für die Kristallisation eines Schmelzflusses zufolge Konzentrationsveränderung ohne Temperaturerniedrigung möge das Abdunsten von Blei aus einer

<sup>1</sup> F. RINNE und H. E. BOEKE, Über Thermometamorphose und Sammelkristallisation. TSCHERM. Min. u. petrogr. Mitteil. 1908. p. 393.

Bleisilberlegierung erwähnt sein. Das Schema Textfig. 4 erläutert diesen sehr einfachen Fall, den man sich durch Erhitzen eines Bleisilbergemisches in einer Knochenaschen-Kapelle vor dem Gebläse leicht vorführen kann. Natürlich tritt Kristallisation in der Schmelze während des Abtreibens von Blei nur ein, wenn die Temperatur nicht über die des Schmelzpunktes vom Silber erhöht wird. Hält man den Wärmegrad niedriger, so scheidet sich bei genügender Verdampfung (oder auch Oxydation) von Blei Silber im Schmelz-

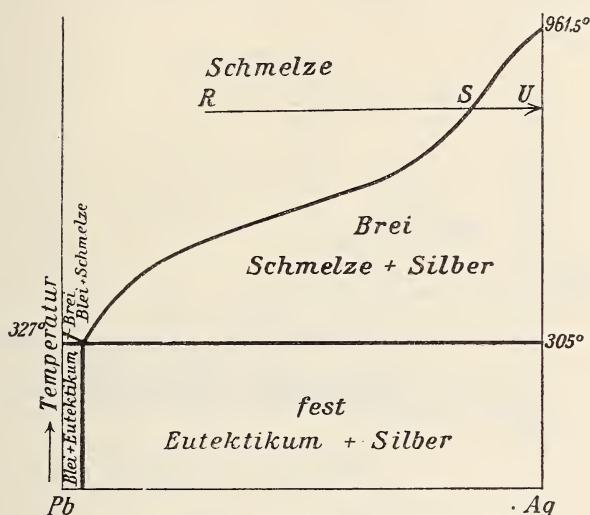


Fig. 4.

fluß aus, steigert man die Wärme, so werden die Silberkristalle resorbiert. Die metallographischen Bilder zeigen deutlich den Verlauf des Vorganges. Unterbricht man das Treiben frühzeitig, so tritt neben Silber als Einsprenglinge reichlich Blei-Silber-Eutektikum auf; je mehr Blei verdunstet ist, desto größer ist der Anteil des Einsprenglingssilbers an der Schlißfläche.

Im Aussehen noch hübscher und mannigfaltiger gestalten sich die Kristallisationsverhältnisse beim Abtreiben von Blei aus einer Blei-Goldschmelze. Der Vorgang vollzieht sich entsprechend dem durch Thermoanalyse aus-

gearbeiteten VOGEL'schen Diagramm (Textfig. 5). Auch in diesem Falle kann man in Ermangelung des beim Goldprobieren üblichen Muffelofens (unter Beobachtung von Vorichtsmaßregeln gegen das Einatmen von Bleidämpfen) den Vorgang mit bloßem Auge bequem bei Behandlung der Legierung in einer Knochenaschen-Kapelle vor dem Gebläse verfolgen. Die Temperatur ist dann leicht in der gewünschten

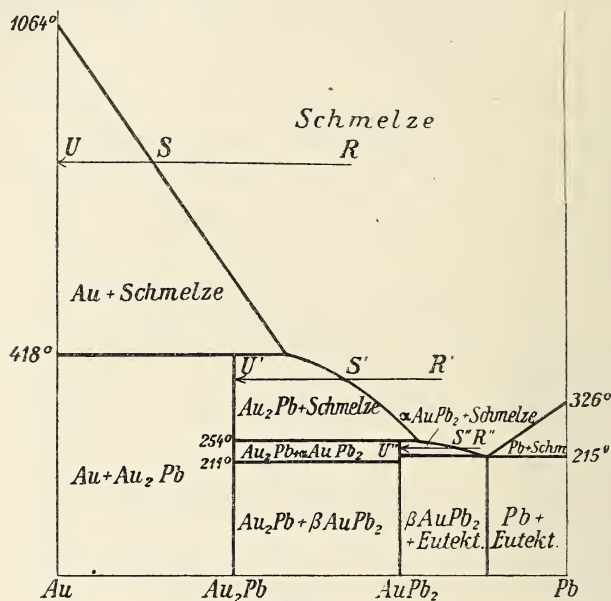


Fig. 5.

Höhe von 800—1000° zu halten. Als bald erkennt man in dem sich verkleinernden Tropfen (beim Schreiten des darstellenden Punktes über die Grenzlinie zwischen Schmelze und Brei aus Gold und Schmelze) wie verhältnismäßig sehr große Goldkristalle sich aussondern, auch wieder ohne daß die Temperatur nachläßt; sie tummeln sich in wilder Hast in der feurigen Kugel umher, mit starkem Blinken reichlich an der Oberfläche der Schmelze dahinjagend.

Außer den erwähnten Beispielen ließen sich wohl noch manche andere zwecks Variation der Verhältnisse sowohl in

bezug auf Stoff als auch auf Temperatur ausarbeiten, so bei Legierungen mit Zink, Quecksilber u. a.

Alle solche Schmelzflüsse, die wie die obigen, nicht zufolge Erniedrigung ihres Wärmegrades sondern bei gleichmäßiger oder selbst bei steigender Temperatur den Kristallisationsakt beginnen, stellen nichts anderes dar als Analoga der unzähligen Fälle, bei welchen Lösungen (in noch üblicher Ausdrucksweise) durch Verdunsten des Lösungsmittels (Wasser, Alkohol, auch  $\text{CO}_2$  usw.) Kristallausscheidungen vollziehen. Das Diagramm der Textfig. 6 ist ja nur in bezug

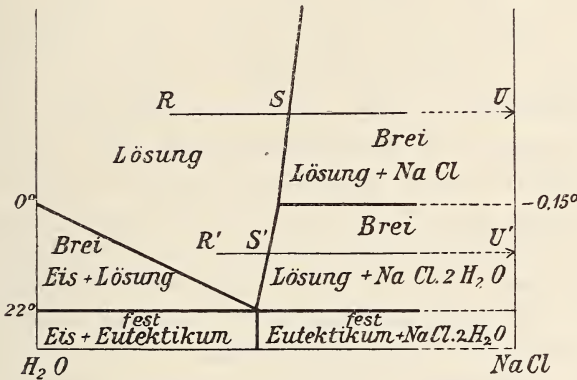


Fig. 6.

auf Höhe der Temperatur, also quantitativ, nicht qualitativ von denen der Textfig. 2—5 verschieden; es versinnbildlicht die Ausscheidung von Kochsalz aus der Lösung  $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ . Der Verdunstung von Kohlenstoff, Blei usw. aus der glühenden Schmelze entsprechend, drückt sich im Diagramm dieser Lösung die Vergasung des Wassers z. B. durch den horizontalen Pfeil  $\text{RU}$  aus. Ein auf ihm wandernder darstellender Punkt gelangt aus dem Felde homogener Lösung in das des Breis (Kochsalz in Wasser) und beim völligen Verjagen des Wassers zum Lösungsrückstand  $\text{NaCl}$ .

Es ist wohl nicht ohne Interesse, auch vom mineralogischen Standpunkte aus, darauf hinzuweisen, daß für die



chemische Natur der Kristallausscheidung es öfter nicht gleichgültig ist, bei welcher Temperatur die Konzentrationsänderung von Schmelzen sich vollzieht. Ohne Einfluß in der Hinsicht ist der Wärmegrad bei Substanzen, die dem Schema von Textfig. 2 gehorchen. Beim Puddeln hingegen (Textfig. 3) wird die Temperatur bedingend sein für den Kohlenstoffgehalt des aus der Schmelze kristallisierenden Martensits. Je höher der Wärmegrad dabei ist, desto geringer wird der Kohlenstoffgehalt dieses Carboferrits ausfallen, da bei den Mischkristallen von Fe und C bzw. Fe und  $\text{Fe}_3\text{C}$  die Löslichkeit des Kohlenstoffs bzw. Karbids im Eisen mit wachsender Temperatur sinkt.

Ebenso tritt aus dem Diagramm der Textfig. 5 heraus, daß ein Entfernen von Blei aus der Gold-Blei-Schmelze in wechselnden Temperaturintervallen verschiedenen Kristallisationseffekt haben würde. Bei einer Temperatur von  $1064 - 418^\circ$  bestehen die Ausscheidungen aus Gold, im Intervall  $418 - 254^\circ$  aus  $\text{Au}_2\text{Pb}$  und in dem von  $254 - 215^\circ$  aus  $\text{AuPb}_2$ . In der Praxis handelt es sich nur um das höchste Temperaturintervall; es scheiden sich also beim Bleitreiben Kristalle von gediegen Gold aus dem stark glühenden Schmelzfluß aus, natürlich nur wenn die Temperatur von  $1064^\circ$  (Schmelzpunkt des Goldes) nicht überschritten wird.

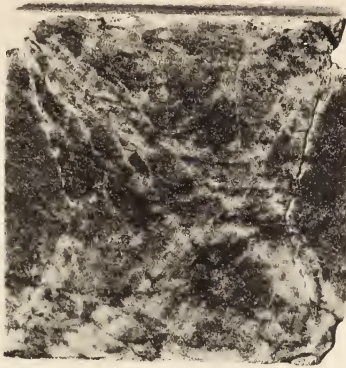
Bei „Lösungen“ als kälteren Schmelzen liegen die Verhältnisse durchaus entsprechend. Im Beispiel der Textfig. 6 führt ein Verdunsten von Wasser bei Temperaturen über  $0^\circ$  zur Kristallisation des wasserfreien Kochsalzes, bei solchen unter  $-0,15^\circ$  zum Hydrat  $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Als verwickeltere Beispiele seien die bekannten VAN'T HOFF'schen Kristallisationsmodelle von wässrigen Lösungen der Sulfate und Chloride von Kalium und Magnesium angeführt, die für  $25^\circ$  und  $83^\circ$  ausgearbeitet sind und sich sehr wesentlich in der Art der Kristallausscheidung unterscheiden.

Durch Konzentrationsänderung von Lösungen vollziehen sich Kristallisationen in der Natur in zahllosen Fällen. Ob diese Ursache für Kristallausscheidung bei der Verfestigung natürlicher Schmelzflüsse auch, wenigstens gelegentlich, z. B. bei pegmatitischen Gesteinen, mitwirkt, steht dahin. Entgasungen von Magmen, genauer gesagt, Entfernung von (im



Schmelzfluß natürlich flüssigen) Stoffen in gasförmigem Zustande, werden durch die Dampfvolken über Vulkanen anschaulich vorgeführt, und man kann sie im Hinblick auf die Kontaktmetamorphosen erschließen. Es ist anzunehmen, daß Substanzen wie Wasser, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe, Bor- und Fluorverbindungen u. a., die man als Bestandteile natürlicher Schmelzflüsse voraussetzen darf, auf die Lage der Löslichkeitsflächen Einfluß haben. Es ist also möglich, daß zufolge der Konzentrationsänderung durch Entweichen solcher Substanzen aus Magmen Kristallisation in letzteren einsetzt.

---



Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.

Druckprobekörper von Anhydrit mit Mohr'schen Linien.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [1909\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Rinne Friedrich

Artikel/Article: [Vergleichende Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen. 121-139](#)