

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 9

Artikel: Baukontrolle im Beton und Eisenbeton
Autor: Bolomey, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44740>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

INHALT: Baukontrolle im Beton und Eisenbeton. — Ueber Metallographie, Metallurgie und ihre Nutzanwendung in der Giesserei und Maschinenindustrie. — Eisenbahn-Motorwagen mit Gummireifen. — Wettbewerb für eine reformierte Kirche in Basel. — Mitteilungen: Die Entwicklung des Stahlbaues in den U.S.A. Ein Kunststreit in Baden. Schwimmermesser zur Messung der Strömungsintensität von

Flüssigkeiten. Orientierungskurs über Arbeitsphysiologie an der E.T.H. Probleme der Berufsmoral. Eisenbahnunglück bei Jüterbog. Internationales Amt für Autostrassen in Genf. Vivisektion eines Bauwerkes. — Wettbewerbe: Erweiterungsbauten der Kantonalen Krankenanstalt Luzern. Umbau des Hotels Viktoria in Zürich. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

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. 9

Baukontrolle im Beton und Eisenbeton.

Von Ing. J. BOLOMEY, Professor an der Ingenieurschule Lausanne.

[Dieser Aufsatz ist die Uebersetzung eines Vortrages, den Prof. Bolomey im Eisenbetonkurs des S. I. A. vom Oktober 1929 gehalten hat, und der im „Bulletin Technique“ erschienen ist. Wiederholte Wahrnehmungen in Kollegenkreisen, sowie die gute Aufnahme, die die „Bolomey-Kurve“ in der Praxis gefunden hat, zeigten uns, dass eine deutsche Wiedergabe auch heute noch Vielen willkommen wäre. Wir benutzen den Anlass des bevorstehenden Materialprüfungskongresses, um sie hier mit dem Einverständnis des Verfassers zu veröffentlichen. Des bessern Verständnisses wegen wiederholen wir einige der in Bolomeys Arbeit „Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton“ in Band 88 bereits erschienenen Abbildungen. Red.]

Da einerseits die Festigkeit des Beton von mehreren, im allgemeinen nicht zum voraus bekannten Einflüssen abhängt, andererseits Sparsamkeitsrücksichten dazu führen, beim Entwurf die Grösse der zulässigen Spannungen immer mehr zu steigern (und zwar unter Einhaltung minimaler Dosierung und Dimensionen), muss der ausführende Ingenieur prüfen, ob der verarbeitete Mörtel und Beton die verlangten Festigkeitswerte wirklich aufweist.

Obwohl diese Kontrolle zur Verhütung schwerer Missgriffe durchaus unumgänglich ist, wird sie auf kleinern und mittlern Bauplätzen selten zweckentsprechend durchgeführt, ja oft überhaupt nicht gemacht. Die Ursache dazu ist in der bisher für die Mörtel- und Betonkontrolle üblichen Methode zu suchen: man begnügt sich damit, im Laufe des Bauens einige wenige Probekörper herzustellen und sie nach mehr oder weniger langer Erhärtungszeit in einem Laboratorium zerdrücken zu lassen. Abgesehen davon, dass diese Versuche verhältnismässig teuer und unhandlich sind, decken sie keineswegs den oder die Gründe ungenügender Festigkeit auf; überdies erhält man die Versuchsergebnisse erst in einem Zeitpunkt, da es zu spät ist, allfälligen Mängeln zu begegnen.

Damit die Betonkontrolle die an sie gestellten Ansprüche erfülle, muss sie *vor* Beginn der Arbeiten (Materialkontrolle) und *während* des Anmachens und Verarbeitens

(Dosierung, Konsistenz, Anmachwassermenge, Einbringen) durchgeführt werden. Die Probewürfel oder -Prismen sollen dann nur dazu dienen, die schon berechneten und vorausgesehenen Ergebnisse zu bestätigen — wie auch die Belastungsprobe einer Brücke nur eine letzte Kontrolle der Berechnung und Ausführung darstellt.

Die Kontrollversuche gliedern sich somit wie folgt:

A. Vorversuche:

Prüfung der zur Verfügung stehenden Materialien, deren Auswahl und Dosierung, unter Berücksichtigung der Eigenschaften, die der Beton aufweisen soll.

B. Versuche während der Bauausführung:

1. Kontrolle der Dosierung, des Anmachwassers, der Konsistenz, der Dichte, des Einbringens — alles zum Zwecke der sofortigen Berechnung der wahrscheinlichen Festigkeit. Dieser Punkt 1 stellt die *Ausführungskontrolle* dar, die darüber wachen soll, dass der Beton die durch die Vorversuche festgelegte Qualität einhält.

2. Entnahme von Probestücken, Prismen oder Würfel, zur Kontrolle darüber, dass die *tatsächliche Festigkeit* der vorausgerechneten entspricht.

*

Bevor wir untersuchen, wie diese Versuche anzuordnen sind, müssen wir kurz die hauptsächlichsten Ergebnisse der einschlägigen Forschung der letzten Jahre in Erinnerung rufen — Ergebnisse, die uns ermöglichen, die wahrscheinliche Mörtel- und Betonfestigkeit zu berechnen.

Die Festigkeit eines Beton ist abhängig vom Zementgehalt der Zementmilch, die die bindende Masse des Beton darstellt. Diese Festigkeit ist annähernd proportional dem Verhältnis Z/W und kann folgendermassen ausgedrückt werden:

$$K = (Z/W - 0,50) A \dots \dots \dots (1)$$

Diese Formel (vergl. untenstehende Abbildung) ist nur eine den Bedürfnissen des Bauplatzes angepasste Vereinfachung der allgemeinen:

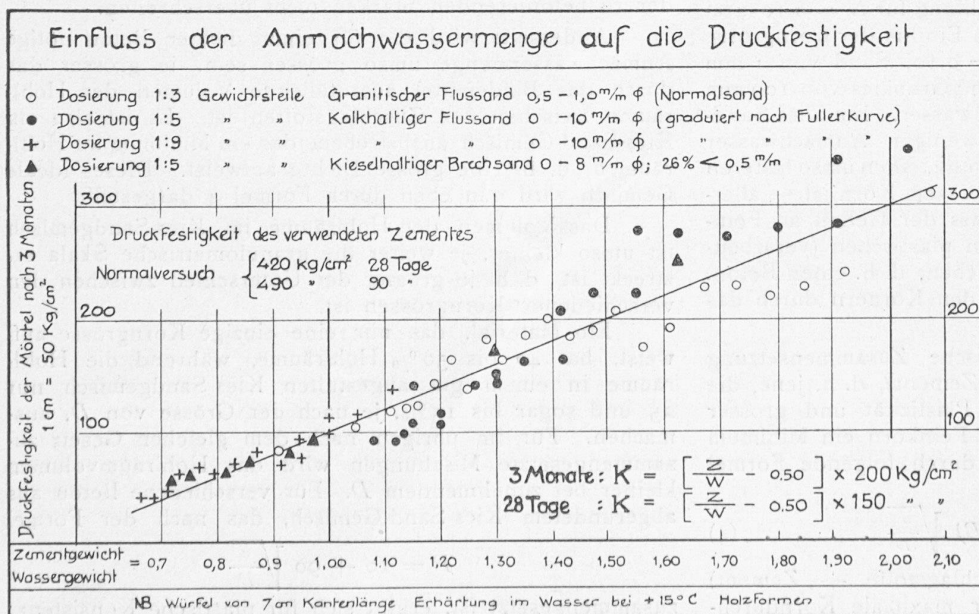
$$K = \left[\left(\frac{A}{2,35} \right)^2 \frac{Z}{W} \right]^{3/2} \frac{A}{2} \dots \dots \dots (2)$$

worin Z das Gewicht des Zementes, W das Gewicht des Anmachwassers, A die Dichte des Beton und A einen von der Güte des Bindemittels und der Art und Dauer der Erhärtung abhängigen Koeffizienten bedeutet und der Wert 2,35 der gewöhnlichen Betondichte entspricht.

Es ist somit leicht, die wahrscheinliche Festigkeit eines Mörtels oder Beton zu berechnen, sobald man das Verhältnis Z/W und den Qualitätskoeffizienten A des Bindemittels kennt.

Die Porosität schadet der Festigkeit von Mörtel und Beton, die, für gleichen Gehalt an gleichem Bindemittel, umso druckfester sind, je grösser ihre Dichte ist. Dieser Einfluss der Porosität, den Formel (2) berücksichtigt, ist lange nicht so gross, wie jener des Faktors Z/W .

Die granulometrische Zusammensetzung und die Art des Kies-Sand-Gemisches beeinflusst



sen indirekt die Betonfestigkeit, indem sie die für eine gewollte Konsistenz nötige Anmachwassermenge und damit das Verhältnis Z/W verändern. Dieser Einfluss, obwohl nur mittelbar, ist äusserst wichtig.

Die zu einer gegebenen granulometrischen Zusammensetzung gehörende Anmachwassermenge kann aus folgender Formel berechnet werden:

$$W = \Sigma w = \Sigma \frac{p \cdot N}{\sqrt[3]{d^2}} \quad \dots \quad (3)$$

w ist das Gewicht des Anmachwassers (in kg), das benötigt wird für das Anmachen des Gewichtes p desjenigen Zuschlagstoffes (Kieses oder Sandes), dessen mittlerer Korndurchmesser d mm beträgt; d ist also der mittlere Korndurchmesser ($\sqrt[3]{d_{\max} \times d_{\min}}$) einer Kiessand-Komponente, $W = \Sigma w$ das Gesamtgewicht des Anmachwassers, das dem Gewicht Σp des betrachteten Kies-Sandgemisches entspricht. N ist ein vom spezifischen Gewicht des das Kies-Sandgemisch bildenden Gesteins, der Rauigkeit der Oberflächen und dem Flüssigkeitsgrad des Beton abhängiger Koeffizient. Für ein Gestein vom spezifischen Gewicht von rund 2,65 hat N folgende Werte:

	Abgerundete Körner (Geschiebe)	Scharfkantige Körner (gebroch. Material)
Erdfeuchter Beton $N =$	0,085	0,100
Plastischer Beton $N =$	0,095	0,120
Gussbeton $N =$	0,110	0,140

Diese Tabelle zeigt den Einfluss der Konsistenz und der Oberflächenbeschaffenheit auf die Menge des Anmachwassers. Für eine gleiche granulometrische Zusammensetzung erfordert der plastische Beton 10 bis 25% mehr Anmachwasser als der erdfeuchte, der Gussbeton 15 bis 25% mehr als der plastische. Bei gleicher granulometrischer Zusammensetzung und gleichem Flüssigkeitsgrad braucht ein Beton aus gebrochenem Material 20 bis 30% mehr Anmachwasser als ein solcher aus abgeschliffenem Material.

Formel (3) ist nicht mehr gültig, wenn der Korndurchmesser unter 0,2 mm sinkt (Bindemittel, Steinmehl), weil für diese kleinen Durchmesser die Erscheinungen der Kapillarität einen überwiegenden Einfluss ausüben. Die direkte Messung der für diese Materialien nötigen Anmachwassermenge haben für plastische Konsistenz folgende Werte ergeben:

Zemente	$w = 25$ Gewichts-%
Kalkhydrat	60 "
Steinmehl	38 "
Fluss-Feinsand 0,1 bis 0,5 mm	23 "

Formel (3), die in obiger Abbildung für $N = 0,10$ graphisch veranschaulicht ist, zeigt den Einfluss der Korngrösse auf W . So erfordert z. B. für $N = 0,10$, Sand von 1 mm 10%, Feinkies von 10 mm 2,1% und Grobkies von 100 mm 0,5% seines Gewichtes an Anmachwasser. Ein Kies-Sand-Gemisch braucht deshalb umso weniger Anmachwasser (und ergibt daher, bei gleicher Dosierung, einen umso festeren Beton), je grösser sein Gehalt an grossem Korn ist — allerdings unter der Voraussetzung, dass der Gehalt an Feinkorn genügend gross ist, um einen plastischen (verarbeitbaren) und kompakten Beton zu ergeben, d. h. einen Beton, in dem alle Hohlräume zwischen den Körnern durch das Bindemittel ausgefüllt sind.

Die günstigste granulometrische Zusammensetzung des Gemisches (Zuschlagstoffe + Zement), d. h. jene, die bei dem, einen Beton von guter Plastizität und grosser Dichte gewährleistenden Gehalt an Feinkorn ein Minimum an Anmachwasser aufweist, wird durch folgende Formel charakterisiert:

$$P = B + (100 - B) \sqrt{\frac{d}{D}} \quad \dots \quad (4)$$

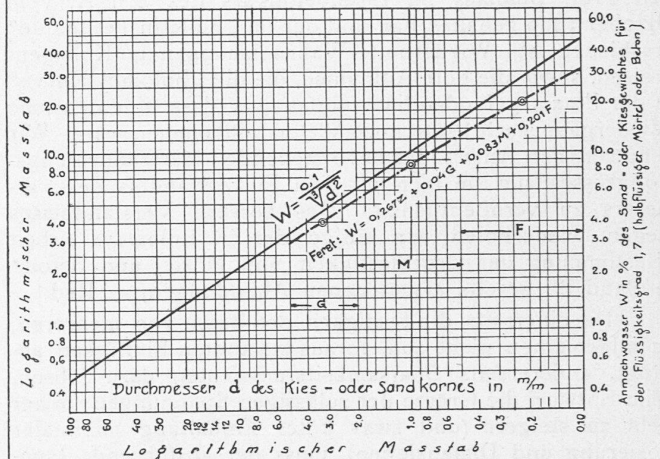
$P =$ Gewichts-% von (Zuschlagstoffe + Zement) vom Durchmesser $< d$; D ist der maximale Korndurch-

Anmachwassermenge in Funktion vom Korndurchmesser des Ballastes

nach der Formel

$$W = \frac{0,1}{\sqrt[3]{d^2}} \cdot P \quad \left\{ \begin{array}{l} W = \text{Gewicht des Anmachwassers} \\ P = \text{Gewicht des Ballastes vom Durchmesser } d \\ \text{Spezifisches Gewicht des Kieselgesteins} = 2,65 \end{array} \right\} \text{ in kg}$$

Gültig für Durchmesser über 0,1 mm bei Flussmaterial. Für gebrochene Materialien müssen die Werte W der Kurve mit 1,25 bis 1,35 multipliziert werden, je nach dem Grad der Oberflächenrauigkeit und der Regelmässigkeit der Körnerformen.



Material	W in % des Gewichtes Flüssigkeitsgrad 1,7	Grösster Wasserrückhalt in % des Gewichtes
Zement	23	55
Kalkhydrat	60	150
Gneismehl 0-0,5 mm	38	74
Flussand bzw. 0,5-0,1 "	25	44
Flussand " < 0,1 "	48	80

messer des Kiesel, d ein beliebiger Durchmesser zwischen 0 und D , B eine von der Art der Zuschlagstoffe und dem gewünschten Plastizitätsgrad abhängige Konstante, nämlich:

	Rundes Korn	Kantiges Korn
Plastischer Beton $B =$	10	12
Gussbeton $B =$	12	14

Die Abbildung auf Seite 107 zeigt einige solche Graduierungskurven, sowie auch jene von Fuller.

Man wird D so gross wählen, wie es die vorhandenen Materialien, die Installationen und die Abmessungen der zu betonierenden Objekte zulassen. D sollte $1/8$ bis $1/4$ der zu betonierenden Stärken nicht überschreiten.

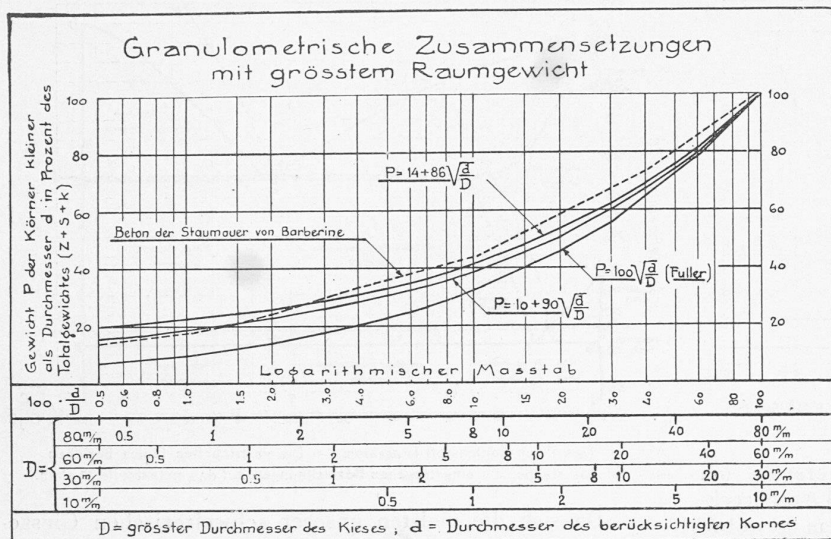
Andererseits wird die für einen dichten Beton nötige Anmachwassermenge umso grösser sein, je grösser das durch das Bindemittel auszufüllende Volumen der Hohlräume zwischen den Zuschlagstoffen ist. Es ist also ein Kies-Sand-Gemisch anzustreben, das ein Minimum an Hohlräumen, d. h. eine grosse Dichte aufweist. Dieses ideale Gemisch wird nun eben durch Formel 4 dargestellt.

Das Volumen der Hohlräume im Kies-Sandgemisch ist umso kleiner, je weiter die granulometrische Skala erstreckt ist, d. h. je grösser der Unterschied zwischen den verschiedenen Korngrössen ist.

Ein Material, das nur eine einzige Korngrösse aufweist, hat 40 bis 50% Hohlräume, während die Hohlräume in einem gut abgestuften Kies-Sandgemisch nur 25 und sogar bis 15%, je nach der Grösse von D , ausmachen. Für im übrigen nach dem gleichen Gesetz zusammengesetzte Mischungen wird das Hohlraumvolumen kleiner bei zunehmendem D . Für verschiedene Beton aus abgerundetem Kies-Sand-Gemisch, das nach der Formel

$$P = 10 + 90 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

zusammengesetzt ist, ergibt sich für plastische Konsistenz:



Zuschlagstoffe + Zement:

abgestuft von 0 bis 5 mm	270 l Anmachwasser pro m ³ Beton	$\Delta = 2,24$
" " 0 bis 10 mm	230 l	$\Delta = 2,29$
" " 0 bis 25 mm	185 l	$\Delta = 2,38$
" " 0 bis 60 mm	150 l	$\Delta = 2,45$
" " 0 bis 100 mm	135 l	$\Delta = 2,48$

Man erhält also das gleiche Z/W , d. h. die gleiche Festigkeit mit einem von 0 bis 100 mm abgestuften Betonmaterial wie mit einem von 0 bis 5 mm abgestuften Mörtel, der doppelt so grosse Zementdosierung aufweist. Ein Sand mit einheitlichem Korn ist zu verwerfen, weil er zu viel Hohlräume aufweist; er ist mit einem andern von ausgesprochen anderer Korngrösse zu mischen.

Wir haben bisher den Einfluss des Verhältnisses Z/W und der Dichte auf die Betonfestigkeit betrachtet. Diese hängt nun weiter vom Qualitäts-Koeffizienten A des Bindemittels ab, der veränderlich ist je nach Bindemittel, Dauer, Art und Temperatur der Erhärtung.

Für einen Mörtel oder Beton sind die Koeffizienten A bei Erhärtung im Wasser oder in feuchtem Sand bei einer Temperatur von rund 15° proportional der Festigkeit beim Normalversuch:

$$A_7 = \frac{K_{n_7}}{2,7 \text{ bis } 3,4} \quad A_{28} = \frac{K_{n_{28}}}{1,8 \text{ bis } 2,7}$$

Diese Koeffizienten A können auch unmittelbar nach Formel (2) durch einige Vorversuche bestimmt werden, bei denen man Z/W , Dichte und Festigkeit kennt. Man erhält daraus ohne Weiteres A , indem man graphisch die Festigkeiten in Funktion von $\left(\frac{\Delta}{2,35}\right)^2 \frac{Z}{W}$ aufträgt.

Für die heutigen Schweizerischen Bindemittel bewegen sich die Werte von A in folgenden Grenzen:

	7 Tage	28 Tage	90 Tage
Gewöhl. Portland-Zement	$A = 90 \text{ bis } 120$	$150 \text{ bis } 200$	$200 \text{ bis } 250$
Spezial- " "	$150 \text{ bis } 190$	$220 \text{ bis } 270$	$280 \text{ bis } 350$
Tonerde-Zement	$280 \text{ bis } 300$	$310 \text{ bis } 330$	$350 \text{ bis } 380$
Hydraulischer Kalk	—	$20 \text{ bis } 30$	$40 \text{ bis } 60$

Bei Lagerung in trockener Luft hört die Erhärtung des Beton nach einem Zeitraum von zwei bis sechs Wochen auf; es kann sogar vorkommen, dass seine Festigkeit abnimmt infolge der innern Schwindspannungen. Die günstigsten Bedingungen für die Erhärtung erhält man, wenn der Beton abwechselnd der Feuchtigkeit und der Luft ausgesetzt wird. Höhere Temperatur beschleunigt die Erhärtung, niedrigere verzögert sie. Diese Einflüsse sind während der ersten Tage der Erhärtung besonders stark, sie nehmen mit der Zeit ab und können nach drei Monaten kaum mehr wahrgenommen werden. Häufige Temperaturänderungen sind schädlich, sie begünstigen die Rissbildung. (Schluss folgt.)

Ueber Metallographie, Metallurgie und ihre Nutzanwendung in der Giesserei und Maschinenindustrie.

Von Ing. ED. AEBERHARDT, Winterthur.

[Auch dieser Artikel dürfte im Hinblick auf den bevorstehenden Materialprüfungs-Kongress in Zürich manchem willkommen sein, da er einen kurzen Ueberblick gibt über die im Laufe der letzten Jahre auf dem weiten Gebiete der Metallkunde erzielten Fortschritte. Red.]

Zahlreiche Forscher haben uns in jahrelanger, mühevoller Arbeit den Weg der Metallkunde, unter welchem Namen wir hier Metallographie und Metallurgie zusammenfassen wollen, geebnet und den Grundstein zur heutigen Weiterentwicklung gelegt. Es sind dies die Erforschung der Beziehungen der Kristallisationsvorgänge, Kristallisationsgeschwindigkeit, Kornzahl,

die Roozeboomschen Grundsätze, die Erforschung der meisten metallischen Zweistoffsysteme (binäre Systeme), die Fähigkeit der Metalle, miteinander Mischkristalle oder intermetallische Verbindungen zu bilden.

Die mittels thermischer Analyse erforschten binären Systeme, d. h. das Verhalten zweier Legierungs-Elemente zueinander, z. B. Eisen-Kohlenstoff, Eisen-Silicium, Eisen-Mangan, Eisen-Phosphor, Eisen-Chrom, Eisen-Nickel, Eisen-Schwefel usw. leisten in der Eisen und Stahl erzeugenden Industrie, besonders aber auch dem Eisen- und Stahl-Giesserei unschätzbare Dienste. Bei der Veredelung der Metalle, wie Härten und Vergüten von Eisen und Stahl, Kalt- und Warmrecken, sowie bei der Gefügeentwicklung von Stahl und Grauguss sind die Kristallisationsvorgänge, die Mischkristallbildung, das Diffusionsvermögen usw. von besonderer Bedeutung.

Für die praktische Metallkunde bedeutet das seit einigen Jahren international festgelegte *Eisen-Kohlenstoff-Diagramm* grosse Erleichterung. Wie wir später noch sehen werden, bauen und beziehen sich alle metallkundlichen Erkenntnisse auf dieses, für den Fachmann unendlich wichtige Diagramm.

Die Untersuchungsmethoden, deren sich die moderne Metallkunde bedient, sind die mikroskopischen Untersuchungen, thermische, physikalische und chemische Analysen. Da es sich bei allen in der Technik gebrauchten Legierungen nicht um binäre, sondern um Mehrstoffsysteme (ternäre und quaternäre), mit Eutektiken, Eutektoiden und vielen Umwandlungspunkten handelt, ist das eingehende Studium von mehreren binären Systemen unumgänglich. Hierfür dienen am zweckmässigsten Nichteisenlegierungen, wie Nickel-Kupfer, Blei-Antimon, Kupfer-Silber, Zinn-Antimon usw. Es sind dies alles Legierungen mit genau bekannten Eigenschaften und typischen Kristallbildungen sowie gutem Einformungsvermögen.

Durch mikroskopische Betrachtungen aller dieser Legierungen werden die Begriffe über Kristallisationsvermögen, Mischkristall, Phasenlehre oder Mischungsregel, Diffusionsvermögen, peritektische Umwandlung, Eutektikum usw. praktisch klar gemacht. Anschliessend an diese Grundbegriffe kommen wir auf das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm zurück, das seinerseits wieder in das stabile und das metastabile System unterteilt wird. Die im Diagramm Abb. 1 gestrichelten Linien (stabiles System) beziehen sich auf jene Eisenarten, in denen der Kohlenstoff meist in elementarer Form als Graphit vorliegt (Gusseisen usw.), während die ausgezogenen Linien Legierungen betreffen, in denen der Kohlenstoff in gebundener Form als Fe_3C (Eisencarbid) vorliegt, wie Eisen, Stahl usw.

An Hand des beschriebenen Diagrammes lassen sich für den mit den obigen Grundbegriffen eingehend vertraut gemachten Metallographen viele praktische sowie theore-