

## Die wissenschaftlichen Grundlagen der Edelmetallforschung.

Von Prof. Dr. R. VOGEL.

Vorgetragen zur Einweihung des Forschungsinstitutes und Probieramtes für Edelmetalle in Schwäbisch-Gmünd.

(Eingeg. 10/11. 1922.)

Es ist das Ziel der Legierungstechniker aller Zeiten gewesen, die Metalle zu veredeln, d. h. durch Herstellung ganz reiner Metalle oder durch Aufsuchen geeigneter Metallkompositionen die Eigenschaften der metallischen Materialien zu verbessern. Die Verhältnisse liegen hier nun nicht so einfach, wie man wohl glauben könnte. Man könnte der Meinung sein — und diese Ansicht findet man heute noch in der Metallgießerei vielfach verbreitet —, daß durch Zusatz eines unedlen Metalls zu einem edlen die Eigenschaften des Materials verschlechtert werden, während umgekehrt der Zusatz eines edlen Metalls zu einem unedlen nur nützlich sein könne. In manchen Fällen trifft das auch zu, in andern ist es aber gerade umgekehrt. Setzt man z. B. zum Gold das weniger edle Kupfer, so entsteht eine Legierung, welche bessere technische Eigenschaften besitzt als reines Gold. Fügt man aber zu dem unedlen Zinn etwas Gold, so bekommt man ein Material, das viel schlechtere Eigenschaften hat als reines Zinn.

Die moderne Metallforschung weist nun die Wege, um das genannte Ziel, die Veredelung der metallischen Materialien, auf systematischem Wege zu verfolgen. Man muß zu diesem Zwecke kennen:

1. Den inneren Aufbau der Metalle,
2. die physikalisch-chemischen Beziehungen, in welche die Metalle zueinander treten, wenn man sie legiert.

Ein Metall ist keine in sich kontinuierliche, physikalisch einheitliche Masse, sondern jedes Metall ist ein Konglomerat aus mikroskopisch kleinen Körnchen, welche fest aneinander haften. Diese Körnchen sind Kristalle, man kann daher sagen, daß die Metalle kristallisiert sind, und zwar gilt dies für sämtliche Metalle, auch für die ganz weichen, wie Blei, Natrium, Gold, von denen der Laie nicht annehmen würde, daß es sich um kristallisierte Körper handle, da es gewissermaßen dem Gefühl widerspricht. In der Tat sind aber auch

Körner bei der Kristallisation der Schmelze ganz analog den Eisblumen, die sich uns während ihres Wachstums als Eisblumen darstellen<sup>1)</sup>. Diese Tatsache allein ist ein Beweis für die Kristallnatur der Metalle. Es gibt noch andere Beweise, deren Auseinandersetzung hier zu weit führen würde. Es mag genügen, zu bemerken, daß sich an den Metallen durchweg diejenigen Erscheinungen beobachten lassen, welche dem Kristallzustand eigentlich sind.

Die Größe der Kristalle in einem metallischen Material ist nun von entscheidender Bedeutung für seine Festigkeitseigenschaften. Durch Bearbeitung des Materials werden die Kristalle gestreckt, zerstellt, ineinander verfilzt, und die Festigkeit des Materials wächst. Die Verfestigung eines Metalls durch Schmieden, Walzen, Drahtziehen, sofern man es bei Zimmertemperatur vornimmt, ist ja eine Erscheinung, die jedem Techniker wohlbekannt ist. Treibt man aber die Kaltbearbeitung zu weit, so bricht das Material schließlich. Dies läßt sich vermeiden, wenn man das bearbeitete Stück zwischendurch ausglüht. Hierbei entstehen wieder große Kristalle wie zu Anfang, die Verfestigung verschwindet, und das Material kann nun ohne Schaden weiter bearbeitet werden. Auch diese Erscheinung ist in der Technik bekannt. Die metallographische Forschung hat nun gelehrt, daß die Temperatur und die Dauer des Ausglühens eine bedeutsame Rolle spielt, und daß man sich durch Einhalten bestimmter Bedingungen in dieser Hinsicht vor Schaden hüten kann. Man erkennt ohne weiteres, daß die Kenntnis dieser Verhältnisse für den Techniker, der sein Material beherrschen will, von größter Wichtigkeit ist.

Auf die fundamentale Tatsache, daß die Metalle beim Abkühlen ihrer Schmelzen kristallisieren, gründet sich nun die Methode zur Erforschung der Konstitution der Metalllegierungen, d. h. der physikalisch-chemischen Beziehungen, in welche die Metalle beim Zusammenschmelzen zueinander treten. In ihrer praktischen Durchführung besteht diese Methode in einem eingehenden Studium der Kristallisationsvorgänge, die sich beim Erstarren metallischer Schmelzen abspielen. Um diese Vorgänge an einer Legierung zu verfolgen, bestimmt man ihre Abkühlungskurve. Dieselbe erhält man, wenn man in gleichen Zeitintervallen die Temperatur der Legierung mißt und sich diese Temperaturwerte in Abhängigkeit von der Zeit graphisch darstellt. Einige charakteristische Arten von Abkühlungskurven zeigt Fig. 3. Die erste Kurve (1) repräsentiert den Fall, daß innerhalb der untersuchten Abkühlungsperiode eine Änderung des Aggregatzustandes nicht stattgefunden hat, die Probe also entweder flüssig oder kristallisiert geblieben ist. Der Abkühlungsverlauf entspricht dann einfach dem Newtonschen Erkaltungsgesetz, welches besagt, daß die Temperatur eines sich abkühlenden Körpers eine logarithmische Funktion der Zeit ist. Die graphische Ausdruck dieses Gesetzes ist eben eine derartige Kurve. Sie zeigt, daß die Abkühlung bei hoher Temperatur sehr schnell verläuft, aber bei Annäherung an die Temperatur der Umgebung sich sehr verlangsamt. Es ist ja jedem bekannt, daß der Glutzustand eines Metalles, welches man aus dem Ofen nimmt, schnell vorübergeht, daß das Stück aber unverhältnismäßig lange noch so heiß bleibt, daß man es nicht anfassen kann.

Tritt nun innerhalb des untersuchten Abkühlungsintervales eine Änderung des Aggregatzustandes ein, in dem die Schmelze kristallisiert, so beobachtet man charakteristische Unregelmäßigkeiten, wie sie auf den folgenden Kurven zu sehen sind.

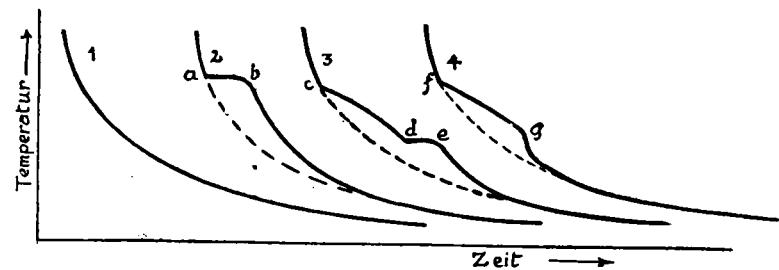


Fig. 3.

Einen Abkühlungsverlauf, wie ihn Kurve 2 zeigt, beobachtet man bei der Kristallisation eines reinen Metalls. Die Temperatur der Schmelze sinkt, wenn man die Heizquelle entfernt hat, so lange, bis der Schmelzpunkt des Metalls erreicht ist und das Metall zu kristallisieren beginnt.

Jetzt bleibt die Temperatur eine Zeitlang unverändert, entsprechend dem horizontalen Teil a/b, darauf folgt ein steiler Temperaturabsturz, und allmählich geht die Abkühlung wieder in den normalen Verlauf, welcher durch Strichelung angedeutet ist, über. Das horizontale Stück a/b wird dadurch verursacht, daß bei der Kristallisation Wärme frei wird. Diese sogenannte Schmelz- oder Kristallisations-

<sup>1)</sup> Vgl. R. Vogel, „Über dendritische Kristallisation und ihren Einfluß auf die Festigkeit der Metalllegierungen“, Ztschr. anorg. Chem. 116, 21 [1921].



Fig. 1. Cadmium gegossen.

diese Metalle ebenso wie die härteren, spröden Metalle, kristallisiert.

Der Aufbau eines Metalls aus kleinen Körnchen ist mikroskopisch leicht zu erkennen. Fig. 1 zeigt das mikroskopische Strukturbild von Cadmium an der Oberfläche einer Gußlamelle aus diesem Metall. Die einzelnen Körner, aus denen die metallische Masse besteht, kann man hier ganz deutlich unterscheiden. Die dunklen Linien, welche die Körner gegeneinander abgrenzen, sind nicht etwa Risse oder Spalten, sondern nur oberflächliche Rillen, und die Körner selbst haften fest aneinander. Auf den Oberflächen der Körner bemerkt man feine Zeichnungen, welche an die feingefiederten Eisblumen erinnern,

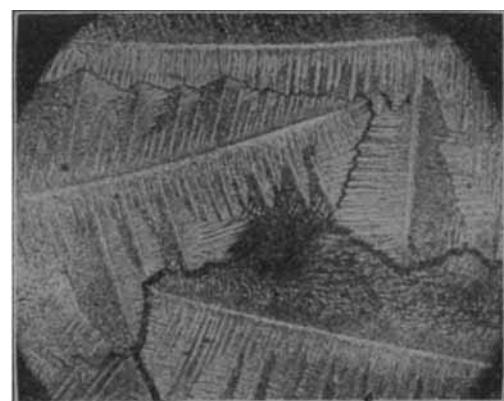


Fig. 2. Dendritische Struktur an der Oberfläche einer gegossenen Zinnlamelle.

die wir im Winter bei Frost an den Fensterscheiben beobachten. Diese Eisblumenzeichnung tritt in manchen Fällen noch deutlicher hervor. Das nächste Bild (Fig. 2) zeigt die Oberflächenstruktur einer gegossenen Zinnlamelle. Hier findet man die Eisblumenzeichnung bis in die feinsten Einzelheiten ausgebildet. Man bemerkt hier vier durch ausgeprägte Längsrillen gekennzeichnete Eisblumengebilde, von denen jedes einem Kristall entspricht. In der Tat bilden sich die metallischen

wärme gleicht den Wärmeverlust des kristallisierenden Metalls durch Abgabe von Wärme an die kältere Umgebung vollständig aus, so daß die Temperatur konstant bleibt. Das horizontale Stück a/b bezeichnet also den Schmelzpunkt, und man erkennt, daß die Bestimmung der Abkühlungskurve ein einfaches Mittel ist, um die Schmelztemperatur eines Metalls zu ermitteln.

Die Legierungen zweier Metalle liefern im allgemeinen wesentlich andere Abkühlungskurven; zwei besonders charakteristische Fälle sieht man in Kurve 3 und 4. In Fig. 3 bezeichnet der Knickpunkt c die Temperatur, bei welcher die Legierung zu kristallisieren beginnt. Die Temperatur bleibt jetzt nicht wie beim reinen Metalle konstant, sondern sie sinkt, aber langsamer als zuvor, wegen der Abgabe von Kristallisationswärme.

An dieses Kristallisationsintervall schließt sich dann noch ein „Haltepunkt“ d/e, und bei e ist die Kristallisation der Legierung beendigt. In anderen Fällen ergeben Legierungen Abkühlungskurven von der Art wie Kurve 4. Hier vollzieht sich die Kristallisation der Legierungen vollständig innerhalb eines Kristallisationsintervall des f/g, ein Haltepunkt schließt sich hier nicht mehr an. Charakteristisch ist für die beiden Kurven 3 und 4 das Vorhandensein eines Kristallisationsintervall des c/d bzw. f/g. Ein solches ist bei Legierungen die Regel. Eine Legierung kristallisiert und schmilzt nicht wie ein reines Metall bei einer bestimmten Temperatur, sondern in einem Temperaturintervall. Legierungen haben also keine „Schmelzpunkte“, sondern Schmelzintervalle. Die Verschiedenheit der Kurven 3 und 4 hat folgende Ursache. Manche Legierungen kristallisieren unter Ausscheidung zweier Kristallarten, bei andern bildet sich nur eine einzige Kristallart. Im ersten Fall (Kurve 3) beginnt die Kristallisation bei c etwa mit der Ausscheidung von Kristalliten des einen Metalls, und daran schließt sich bei d/e die Ausscheidung des zweiten Metalls zusammen mit dem ersten. Hierbei entstehen Gleichgewichtsverhältnisse, welche ein Konstantbleiben der Temperatur, ähnlich wie beim reinen Metall, zur Folge haben. Die zweite Art der Kristallisation ist, wie sich noch zeigen wird, für die Technik von ganz besonderem Interesse. In diesem Falle kommt es nicht zu einer getrennten Ausscheidung der beiden Metalle. Man kann in einer solchen Legierung mikroskopisch weder Teile des einen noch des andern Metalls mehr erkennen, sondern die beiden Bestandteile scheiden sich hier von Anfang an gemeinsam, aber in atomistischer Durchmischung als sogenannte Mischkristalle aus.

Legierungen, welche in dieser Weise als Atomischungen der betreffenden Metalle kristallisieren, haben wesentlich andere und meist technisch wertvollere Eigenschaften, als wenn jedes Metall seine Kristallite gesondert ausbildet.

Um nun die Beziehungen kennenzulernen, in welche zwei Metalle beim Zusammenschmelzen zueinander treten, verfährt man in folgender Weise. Man schmilzt die Metalle in verschiedenen Mengenverhältnissen zusammen und bestimmt von jeder Legierung die Abkühlungskurve. Die Abkühlungskurven liefern uns dann, wie wir gesehen haben, die Temperaturdaten der Zustandsänderungen, welche sich bei der Abkühlung der Legierungen vollziehen. Stellt man sich diese Temperaturdaten in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Legierungen graphisch dar, so erhält man das Zustandsdiagramm, und das Zustandsdiagramm gibt uns nun vollständigen und erschöpfenden Aufschluß über die physikalisch-chemischen Beziehungen der beiden Metalle in ihren Legierungen. Diese Verhältnisse sind bestimmd für die ganzen übrigen Eigenschaften einer Legierungsreihe und müssen daher bei

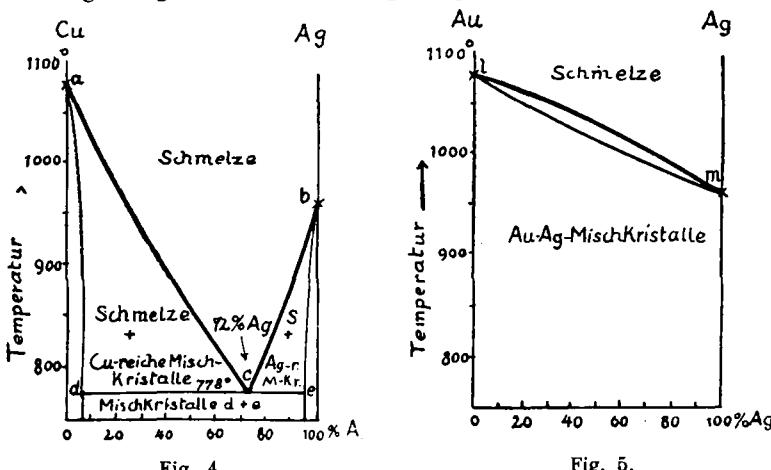


Fig. 4.

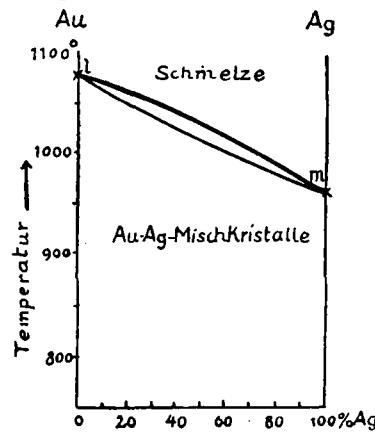


Fig. 5.

Zusammensetzung der Legierungen. Die Endpunkte der Horizontalen entsprechen dem reinen Kupfer oder dem reinen Silber, dazwischen liegen die möglichen Mischungsverhältnisse der beiden Metalle, ausgedrückt in Prozent Silber. Die Figur gibt uns nun Auskunft zunächst über die Schmelzbarkeit der Kupfer-Silberlegierungen. a ist der Schmelzpunkt von Kupfer, b der von Silber. Die von diesem Punkte ausgehenden Kurven ac und bc geben nun für jede Legierung die Temperatur, bei der sie beim Abkühlen zu kristallisieren beginnt oder beim Erhitzen gerade vollständig geschmolzen ist. Oberhalb acb sind also die Kupfer-Silberlegierungen vollkommen geschmolzen, und man sieht, daß man durch Zusätze von Silber zu Kupfer und von Kupfer zu Silber Legierungen bekommt, die bei tieferen Temperaturen schmelzen, als Kupfer und Silber für sich. Durch wachsende Zusätze des einen Metalls zum andern kommt man zu einer Legierung c, die schon bei 778° vollkommen geschmolzen ist, also tiefer schmilzt als Kupfer und auch tiefer als Silber. Die Legierung enthält 72% Silber und ist die tiefst schmelzende Legierung, welche aus Kupfer und Silber herstellbar ist. Die übrigen beginnen auch bei dieser Temperatur zu schmelzen; aber um sie völlig zu schmelzen, muß man höhere Temperaturen anwenden, nämlich die, welche durch die Kurven ac und bc angegeben werden. Aus den Kupfer-Silberschmelzen scheidet sich nun beim Abkühlen weder reines Kupfer noch reines Silber aus, sondern auf der Kupferseite Mischkristalle aus Kupfer, die ein wenig Silber enthalten, und auf der Silberseite Silbermischkristalle mit etwas Kupfer, und zwar enthalten die kupferreichen Mischkristalle bis 5,5% Silber, die silberreichen Mischkristalle bis 4,5% Kupfer. Demnach bestehen die ganz kupferreichen Legierungen mit 0–5,5% Silber ganz aus den kupferreichen Mischkristallen ac, die ganz silberreichen von 0–4,5% Kupfer aus den silberreichen Mischkristallen bc, und die zwischen d und e liegenden Legierungen mit mehr als 5,5% Silber oder mehr als 4,5% Kupfer sind aus Körnchen dieser zwei Mischkristallarten zusammengesetzt.

Ganz andere Verhältnisse zeigt das Zustandsdiagramm der Gold-Silberlegierungen (Fig. 5). Bei Temperaturen oberhalb des Kurvenpaars l und m sind die Gold-Silberlegierungen vollkommen geschmolzen, unterhalb vollkommen kristallisiert. Die Temperaturunterschiede der beiden Kurven sind die Kristallisationsintervalle der Gold-Silberlegierungen. In diesem Falle ersieht man aus der Figur, daß die Gold-Silberlegierungen mit wachsendem Silbergehalt immer leichter und mit wachsendem Goldgehalt immer schwerer schmelzbar werden. Die Schmelzintervalle sämtlicher Gold-Silberlegierungen liegen zwischen den Schmelztemperaturen des reinen Goldes und des reinen Silbers. Legierungen, die noch leichter schmelzbar sind als reines Silber, wie im Fall der Kupfer-Silberlegierungen, gibt es hier nicht. Der Kristallisationsverlauf, welchen die Gold-Silberreihe zeigt, kennzeichnet die Eigenschaft zweier Metalle, in allen Legierungsverhältnissen Mischkristalle zu bilden. In welchem Verhältnis man auch Gold-Silber zusammenschmelzen mag, immer sind die Körnchen, aus denen die betreffende Legierung besteht, Atomischungen aus Gold und Silber. Diese Tatsache ist wichtig für die Gold- und Silberscheidung durch die Quart, deren theoretische Grundlagen erst neuordnungs durch meinen verehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Tammann in Göttingen, klar gestellt worden sind.

Ich möchte noch ein wesentlich komplizierteres Zustandsdiagramm zeigen, nämlich das der Gold-Magnesiumlegierungen (Fig. 6). Hier muß ich mich darauf beschränken, die Besonderheiten hervorzuheben, durch die sich diese Legierungsreihe vor den vorhin besprochenen unterscheidet<sup>2)</sup>. Es fällt auf, daß in dieser Legierungsreihe ganz anders wie bei den Kupfer-Silber- und den Gold-Silberlegierungen die Schmelztemperaturen der Legierungen sich mit ihrer Zusammensetzung in einer ganz merkwürdigen Weise ändern. Setzt man zum reinen Gold wachsende Mengen von Magnesium, so sinkt zuerst die Kurve des Beginns der Kristallisation AB. Bei etwa 4,5% Magnesium erhält man eine Legierung B, welche bereits bei 833° vollkommen flüssig ist. Setzt man nun aber noch mehr Magnesium zu, so werden die Legierungen nach Maßgabe der Kurve BC wieder schwerer schmelzbar, und bei 12% Magnesium erhält man eine Legierung C, welche erst bei 1160° schmilzt, also noch bedeutend höher als reines Gold, dessen Schmelzpunkt bei 1064° liegt. Weitere Zusätze von Magnesium haben zur Folge, daß die Schmelztemperatur von neuem rapide heruntergeht, und so beobachtet man bis zum reinen Magnesium hin ein wiederholtes Auf- und Absteigen der Schmelztemperaturen. Drei Legierungen C, E und G schmelzen höher als die beiderseits benachbarten, deren Magnesiumgehalt etwas größer oder kleiner ist. Die Theorie lehrt, daß es sich in solchem Falle um chemische Verbindungen der beiden Metalle handelt. Den Punkten C, E und G entsprechend, haben wir hier drei chemische Verbindungen von der Formel  $\text{AuMg}$ ,  $\text{AuMg}_2$  und  $\text{AuMg}_3$ , was besagt, daß in den Molekülen dieser Verbindungen die Mengen der Atome von Au und Mg sich wie 1:1, 1:2 und 1:3 verhalten. Das ist eine ganz merkwürdige Regelmäßigkeit, wie man sie selten beobachtet. Von diesen Verbindungen ist besonders die Verbindung  $\text{AuMg}$  mit dem höchsten Schmelzpunkt interessant. Schmilzt man nämlich die beiden Metalle in diesem Mengenverhältnis zusammen, so erfolgt ihre chemische Vereinigung plötzlich mit explosionsartiger Heftigkeit. Die halbgeschmolzene Mischung erhitzt sich plötzlich von selbst auf sehr hohe Temperatur, weißglühende Schmelze wird unter

<sup>2)</sup> Vgl. R. Vogel „Über Gold-Magnesiumlegierungen“, Ztschr. anorg. Chem. 63, 169 [1909].

deren Erforderung berücksichtigt werden. Welche Eigenschaft auch immer untersucht werden soll, sei es die elektrische Leitfähigkeit, die Festigkeitseigenschaften oder die Resistenz gegen chemische Agentien: immer muß man sich gründen auf das Zustandsdiagramm.

Als Beispiel sind hier zwei Zustandsdiagramme angezeichnet, die für die Gold- und Silberindustrie von ganz besonderem Interesse sind: Das Zustandsdiagramm der Kupfer-Silberlegierungen (Fig. 4) und das der Gold-Silberlegierungen (Fig. 5). Betrachten wir zunächst das erstere. Die Ordinate gibt die Temperatur an, und die Abszisse die

starkem Zischen mit großer Heftigkeit aus dem Tiegel herausgeschleudert und verbrennt dabei mit strahlendem Lichtglanz.

Anschließend möchte ich noch einige mikroskopische Strukturbilder aus der Reihe der Gold-Magnesiumlegierungen vorführen. Der mikroskopische Aufbau der Gold-Magnesiumlegierungen ist wesentlich be-

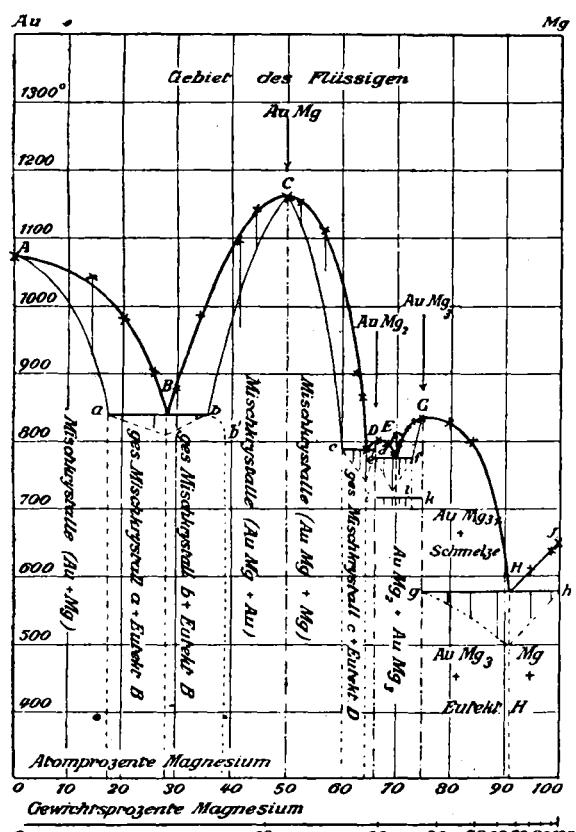


Fig. 6.

stimmt durch das Vorkommen der drei chemischen Verbindungen in bestimmten Konzentrationsbereichen. Hierbei ist noch zu bemerken, daß diese Verbindungen zum Teil die Eigentümlichkeit besitzen, mit etwas überschüssigem Magnesium oder Gold Mischkristalle zu bilden, ganz ähnlich wie wir vorhin gesehen haben, daß Kupfer etwas Silber und Silber etwas Kupfer unter Mischkristallbildung aufnehmen. In Fig. 7 (4% Mg) sieht man zunächst helle zerklüftete Ausscheidungen der goldreichen Mischkristalle der Reihe Aa (Fig. 6). Diese Ausscheidungen sind umgeben von einer zierlich gemusterten Grundmasse, deren heller Bestandteil offensichtlich mit der Masse der großen hellen Ausscheidungen identisch ist. Die dunklen Teilchen in dieser Grundmasse bestehen aus einem Mischkristall der Verbindung AuMg mit überschüssigem Gold. Ihre dunklere Färbung ist die Folge der Ätzung der Schliffebene mit Königswasser, welches den goldärmeren Strukturbestandteil angreift und seine Oberfläche aufrauht, wodurch er dunkel erscheint, während der goldreichere nicht angegriffen wird und hell bleibt. Auf solche Weise erzielt man die Helligkeitskontraste zwischen den Strukturelementen einer Legierung, welche das Struktur-

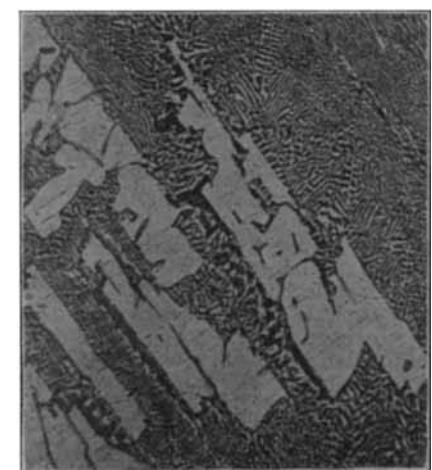


Fig. 7.

bild erst deutlich hervortreten lassen.

Fig. 8 (4.5% Mg) zeigt die Struktur einer Legierung, deren Zusammensetzung dem Punkt B entspricht. In dieser Legierung fehlen die primären großen Ausscheidungen, welche man im vorigen Bild sah. Diese Legierung zeigt fast ausschließlich das feine Gefüge heller und dunkler Teilchen, welche wir in Fig. 7 als Grundmasse bezeichneten. Diese eigentümlichen feinen und zierlichen Musterungen entstehen bei der gleichzeitigen Ausscheidung zweier Kristallarten. Man bezeichnet sie als Eutektikum. Seine Ausscheidung ruft auf der Abkühlungskurve einen Haltepunkt hervor, wie er sich z. B. in Kurve 4

an das primäre Kristallisationsintervall cd anschließt (de). Im nächsten Bilde (Fig. 9) (5% Mg) sieht man dunkle, abgerundete und reihenförmig angeordnete Kristallite. Dies ist derselbe dunkle Bestandteil, welcher bisher nur im Eutektikum zu sehen war. Auch hier erkennt man, daß er außerdem in der eutektischen Grundmasse, von der die abgerundeten Kristallite umgeben sind, vorkommt. Innerhalb der rundlichen Kristallite erkennt man noch helle Nadeln. Dieselben haben sich durch nachträgliche Entmischung im festen Zustande gebildet, wie ich hier nur andeutend erwähnen kann. In den reihenförmig gelagerten dunklen Ausscheidungen von Fig. 9 haben wir einen goldreicherem Mischkristall der Verbindung Au-Mg vor uns. Das nächste Bild (Fig. 10) zeigt bei 18% Mg helle Ausscheidungen eines goldärmeren Mischkristalles derselben Verbindung. Das Eutektikum besteht hier aus kleinen hellen Teilchen dieses Strukturelementes und einem dunkleren Bestandteil, nämlich der Verbindung Au-Mg<sub>2</sub>. Diese Verbindung erscheint im nächsten Bild (Fig. 11) bei 19% Mg in Gestalt größerer rundlicher Ausscheidungen. Die feinen, strahlenförmig auseinanderlaufenden hellen Streifen sind identisch mit dem hellen Strukturelement der vorigen Figur, welches jetzt nur noch im Eutektikum auftritt. Das folgende Bild (Fig. 12) (33% Mg) zeigt nun die dritte Verbindung Au-Mg<sub>3</sub> in Gestalt großer heller Kristalle, welche durch ihre höchst charakteristische Form sich deutlich von den beiden andern Verbindungen unterscheidet. Das Eutektikum enthält neben hellen feinen Streifen der Verbindung Au-Mg<sub>3</sub> bereits dunkel geätztes freies Magnesium. Dieses letztere erscheint im folgenden Bild (Fig. 13) bei 70% Mg in Gestalt großer rundlicher dunkler Kristallite, welche sich hier primär ausgeschieden haben. Das Eutektikum, welches dieselben umgibt, ist dasselbe wie im vorigen Bild.

Ich habe diese Bilder vor allem gezeigt, um einen Begriff zu geben 1. von den Strukturen von Legierungen zweier Metalle und 2. von der Mannigfaltigkeit der Strukturbilder, welche dann entstehen, wenn in einer Legierungsreihe chemische Verbindungen auftreten.

Der Strukturaufbau ist nun, wie bei den reinen Metallen so auch bei den Legierungen der Metalle, bestimmt für deren technische Eigenschaften. Wirklichkeiten daim großen und ganzen zwei charakteristisch verschiedene Fälle unterscheiden, entweder: es bildet sich auf Zusatz eines zweiten Metalles zu einem gegebenen Metall eine Legierung, die aus mehreren Kristallarten besteht, oder: es bildet sich eine Legierung, die nur aus einer einzigen Kristallart besteht.

Der erste Fall hat technisch im allgemeinen weniger Interesse. Ist die zweite Kristallart das zweite Metall selbst, so ergeben sich die Eigenschaften der Legierung additiv aus den Eigenschaften der beiden reinen Metalle. Ist die zweite Kristallart aber eine chemische Verbindung der beiden Metalle, so hat man im allgemeinen nur eine Verschlechterung der Eigenschaften zu erwarten, denn es hat sich

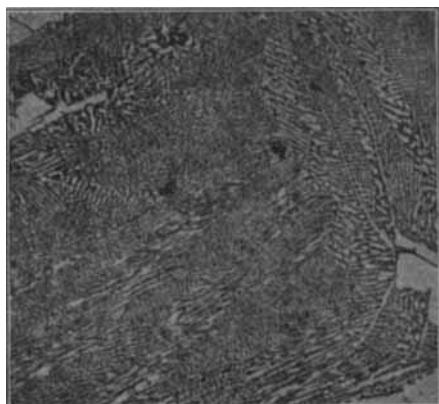


Fig. 8.

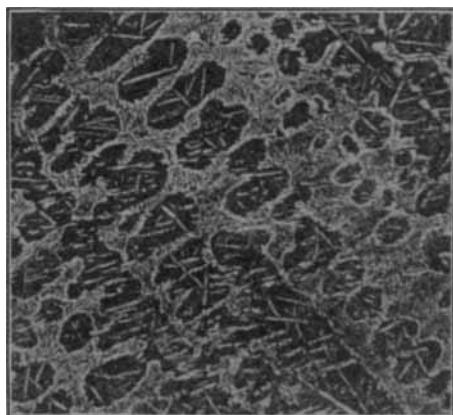


Fig. 9.

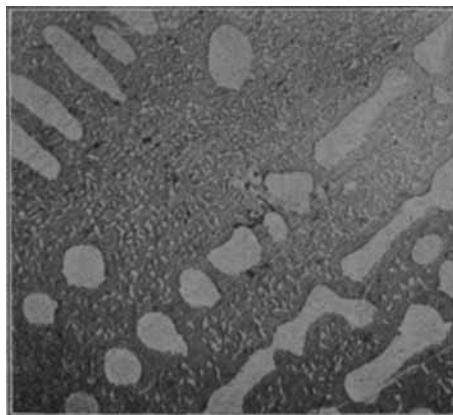


Fig. 10.

ziemlich allgemein gezeigt, daß die Verbindungen zweier Metalle spröde und brüchig sind.

Der zweite Fall hingegen ist technisch bedeutsam. Er ist dann gegeben, wenn das zugesetzte Metall mit dem andern beim Erstarren Mischkristalle bildet. In diesem Falle kann man immer mit der Möglichkeit rechnen, ein technisch wertvolles Material zu finden, und in der Tat sind die technisch wertvollen Legierungen fast ausschließlich solche, welche aus Mischkristallen bestehen. Ich erinnere nur an die Messing- und Bronzelegierungen, die Gold-Silberlegierungen, die Eisen-Kohlenstoff- und die säurefesten Ferrosiliciumlegierungen usw.

Man kann daraus ein Merksprüchlein ableiten, das jeder Legierungstechniker zu seinem Nutzen kennen müßte, das lautet: „Die Verbindung muß man meiden, aber die Mischkristalle muß man suchen.“

Was hier aus dem weiten Wissensgebiet der modernen Metallkunde mitgeteilt werden konnte, sind natürgemäß nur Andeutungen. Sie genügen aber vielleicht, um zu zeigen, wie wichtig es für jeden Legierungstechniker ist, ein metallographisches Zustandsdiagramm, wenn auch nicht in seinem tieferen Zusammenhangen, so doch bezüglich seiner technisch unmittelbar wichtigen Aussagen lesen zu können.

Von den meisten Edelmetalllegierungen, soweit es sich um Legierungen zweier Metalle handelt, sind heute die Zustandsdiagramme bekannt, aber einige nicht unwichtige sind noch nicht ausgearbeitet. Noch sehr wenig weiß man über Edelmetalllegierungen aus drei Metallen. Hier liegt noch ein weites und wichtiges Arbeitsfeld offen, welches in Angriff zu nehmen das neue Institut in erster Linie berufen ist.

Ich möchte jetzt noch in ganz kurzen Zügen in den folgenden Richtungen hin betätigen: 1. als Probieramt; 2. als industrielle Beratungsstelle; 3. als Forschungsinstitut; 4. als Lehrinstitut. Zur Erläuterung dieser 4 Punkte sei folgendes bemerkt:

1. Die Bezeichnung Probieramt besagt, daß das neue Institut eine Untersuchungsstelle für Edelmetalllegierungen von neutralem, unparteiischem Charakter ist. Dieser neutrale und unparteiische Charakter läßt das Institut unter anderm besonders geeignet erscheinen zur Anrufung in Streitfällen. In solchen Fällen will das Institut den Ursachen der Differenzen auf den Grund gehen und auf streng wissenschaftlicher Basis sein Gutachten abgeben.

2. Unsere Tätigkeit als industrielle Beratungsstelle wird sich dadurch entwickeln, daß uns aus Kreisen der Edelmetallindustrie Wünsche nach Verbesserungen, Behebung von Schwierigkeiten, Verwertung von Rückständen u. dgl. vorgetragen werden. In diesen Fällen wollen wir zur Erfüllung dieser Wünsche die Wege weisen. Dies wird zum Teil auf Grund allgemeiner metallographischer Erfahrungen geschehen können, in anderen Fällen werden dazu aber auch ausgedehntere und systematische Untersuchungen notwendig sein. Die Resultate sollen

dann den interessierten Kreisen durch allgemeinverständliche Veröffentlichung in ihren Fachzeitschriften oder durch Rundschreiben bekanntgegeben und nutzbar gemacht werden.

3. Unsere beratende Tätigkeit führt uns also ganz von selbst auf das Gebiet wissenschaftlicher Forschung. Außer den Arbeiten, zu welchen die Anregung von der Industrie ausgeht, werden wir aber aus eigener Initiative Untersuchungen anstellen, sowohl solche, die von allgemeinem metallographischen Interesse, als auch solche, die von speziellem Interesse für die Edelmetallindustrie sind.

4. Im Anschluß an die Ausbildung durch die Fachschule sollen begabten Schülern die Grundlagen der Chemie, der Probier- und Metallkunde vermittelt werden, und gerade daraus dürfte die Edelmetallindustrie im Laufe der Zeit besonderen Nutzen ziehen.

Um aber dem neuen Institut den Rang eines wissenschaftlichen Institutes zu sichern, ist beabsichtigt, dasselbe der Technischen Hochschule in Stuttgart anzugliedern. Die Regierung und die Hochschule stehen diesem Plan wohlwollend gegenüber.

Es wird uns dadurch der lebendige Gedankenaustausch und die vielfältige Anregung durch den engeren und ständigen Verkehr mit Fachgenossen gesichert, welche die Forschung, wenn sie auf der Höhe bleiben soll, auf die Dauer nicht entbehren kann. Dem Leiter des Instituts eröffnet sich damit die Möglichkeit zur Ausübung akademischer Lehrtätigkeit, welche in so hohem Maße geeignet ist, nicht nur den Schüler, sondern auch den Lehrer anzuregen, zu fördern und die Kritik lebendig zu erhalten.

Außerdem werden wir durch den Zuzug von Studenten älteren Semesters wissenschaftlich vorgebildete Hilfskräfte erhalten, welche das Institut zur Bewältigung seiner Aufgaben noch dringend nötig haben wird.

Auf diese Weise soll das neue Institut in der heutigen schweren wirtschaftlichen Not unseres Vaterlandes einem schönen Ziele dienen: Der wechselseitigen Förderung von Industrie und Wissenschaft.

[A. 264.]

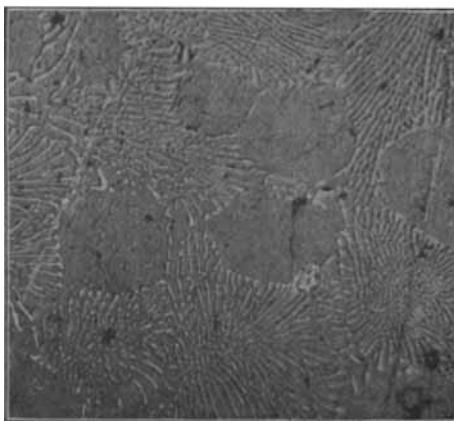


Fig. 11.

der modernen Metallkunde mitgeteilt werden konnte, sind natürgemäß nur Andeutungen. Sie genügen aber vielleicht, um zu zeigen, wie wichtig es für jeden Legierungstechniker ist, ein metallographisches Zustandsdiagramm, wenn auch nicht in

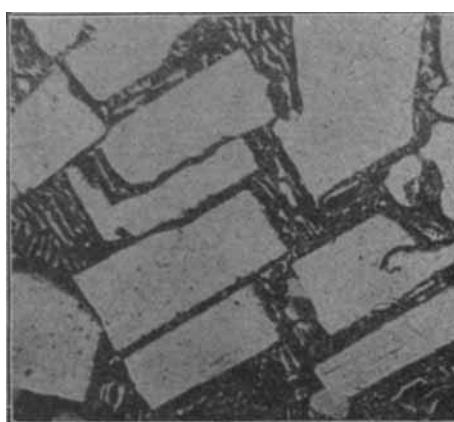


Fig. 12.

unser Arbeitsprogramm entwickeln. Das neue Institut will sich nach folgenden Richtungen hin betätigen: 1. als Probieramt; 2. als industrielle Beratungsstelle; 3. als Forschungsinstitut; 4. als Lehrinstitut.

Zur Erläuterung dieser 4 Punkte sei folgendes bemerkt:

1. Die Bezeichnung Probieramt besagt, daß das neue Institut eine Untersuchungsstelle für Edelmetalllegierungen von neutralem, unparteiischem Charakter ist. Dieser neutrale und unparteiische Charakter läßt das Institut unter anderm besonders geeignet erscheinen zur Anrufung in Streitfällen. In solchen Fällen will das Institut den Ursachen der Differenzen auf den Grund gehen und auf streng wissenschaftlicher Basis sein Gutachten abgeben.

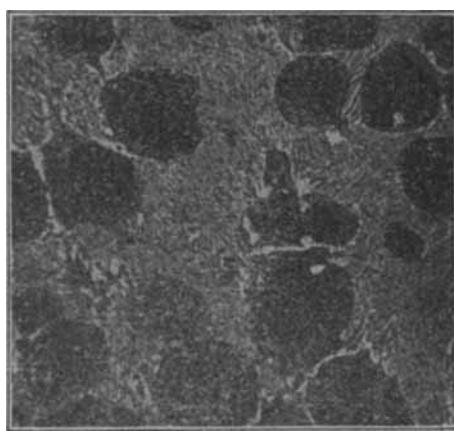


Fig. 13.

ständen u. dgl. vorgetragen werden. In diesen Fällen wollen wir zur Erfüllung dieser Wünsche die Wege weisen. Dies wird zum Teil auf Grund allgemeiner metallographischer Erfahrungen geschehen können, in anderen Fällen werden dazu aber auch ausgedehntere und systematische Untersuchungen notwendig sein. Die Resultate sollen

## Unterrichtsfragen.

Von A. BINZ.

(Eingeg. 28.10. 1922.)

1. Der Fortbestand unserer chemischen Industrie ist nicht sowohl durch Mangel an Geld und Rohstoffen bedroht, als durch die Gefahr, daß die Not der Zeit die Ausbildung unseres chemischen Nachwuchses gefährdet. Sollte das eintreten, so wäre es ein ernstes Symptom für das Absterben Europas, so wie Spengler es schildert. Es beschleunigt den Niedergang der chemischen Hochschularbeit, daß den chemischen Instituten seit dem 1. Mai 1922 steuerfreier Alkohol nicht mehr zur Verfügung steht. Die Vorschrift des bisherigen Branntwein-Monopolgesetzes (§ 129, Abs. 2), wonach Branntwein zu ermäßigtem Preise an öffentliche wissenschaftliche Lehr- und Forschungsanstalten und an öffentliche Krankenhäuser abgegeben werden konnte, ist in die entsprechenden Bestimmungen des neuen Gesetzes nicht wieder aufgenommen worden. Der Grund liegt darin, daß man befürchtet, infolge der Erhöhung der steuerlichen Belastung des Trinkbranntweins bestehen eine entsprechend größere Gefahr der mißbräuchlichen Verwendung. Allerdings hat man sich bei der Abfassung des Gesetzes der durch diese Änderung eintretenden Mehrbelastung der wissenschaftlichen Institute und Krankenhäuser nicht verschlossen und glaubt einen Ausweg darin zu finden, daß durch § 118, Abs. 1, Nr. 5 des neuen Gesetzes aus der Monopoleinnahme dem Reichsfinanzminister jährlich bis zu 40 Mill. M überwiesen werden zur Verbilligung des Alkohols, der in öffentlichen Kranken-, Entbindungs- und der öffentlichen Gesundheitspflege dienenden Anstalten oder in öffentlichen wissenschaftlichen Lehr- und Forschungsanstalten verwendet wird. Man glaubt also auf indirektem Wege das gleiche zu erreichen, was früher unmittelbar erzielt wurde.

Wie sehen nun aber die Folgen der Maßregel in Wirklichkeit aus? Die Aussetzung von 40 Mill. M nützt gar nichts. Erstens ist diese Summe bei den stetig steigenden Alkoholpreisen viel zu gering (sie bedeutet bei dem heutigen Preis rund 1200 Ballons von je 50 Liter) und zweitens ist die Frage der Verteilung auf die Länder und in diesen die Unterverteilung auf die betreffenden Anstalten noch offen. Es wird also endlose Schreiberei, Arbeit und natürlich auch hohe Kosten bedeuten, bis § 118, Abs. 1, Nr. 5 wirklich zur Ausführung kommt, und wenn man erst so weit ist, wird sich wahrscheinlich ergeben, daß der üblichen Wirkung der Streichung des § 129, Abs. 2, auf diese Weise nicht begegnet werden kann. Inzwischen ist der Zustand der, daß ein Organiker, welcher im Oktober 1921 8 M pro Liter Alkohol zahlte, dafür heute (geschrieben am 13. Oktober 1922) mit 675 M belastet wird. Die Preise sind „freibleibend“, werden also weiter steigen. In dieser Notlage bleibt nichts anderes übrig, als daß die chemischen Institute durch Etatsüberschreitungen von bisher unerhörter Höhe die Mehrkosten auf sich nehmen und den Studierenden den Alkohol zu einem relativ billigen Preis zugänglich machen, um ihnen die Fortführung des Studiums zu ermöglichen. Es scheint, daß die den Hochschulen vorgesetzten Ministerien diesem Ausweg zustimmen werden. Aber damit ist der Schaden nur zum Teil gutgemacht. Das ergibt sich aus folgender, dem Hochschulbetrieb geltender, ministerieller Verfügung:

„Der Verbrauch an Branntwein ist auf das für die sachgemäße Durchführung des Lehr- und Forschungsbetriebes erforderliche Mindest