

Es gibt einige allgemeine Regeln, die als Anhalt zu einer ungefähren Vorstellung von der Änderung der Eigenschaften der Metalle durch Legierung mit anderen Stoffen dienen können. Sie werden bei den einzelnen Eigenschaften in den späteren Abschnitten erwähnt werden. Um aber ein sicheres Urteil über das Maß der Änderung und über die Art der zu erzielenden Eigenschaften zu erlangen, ist man immer auf den unmittelbaren Versuch angewiesen, indem man die chemische Zusammensetzung der Legierung ändert und die dadurch bedingten Änderungen der Eigenschaften in möglichst genau festgelegten und gleichbleibenden Behandlungszuständen bestimmt. Die Ergebnisse lassen sich dann in Form einer Schaufläche auftragen.

Die chemische Zusammensetzung der Legierungen wird durch die chemische Analyse festgelegt. Es ist aber zu berücksichtigen, daß etwaige Seigerungserscheinungen zu falschen Analysenergebnissen und dadurch zu einer unrichtigen Bewertung des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf die Eigenschaften einer Legierungsgruppe führen. Man hat sich deswegen durch nebenhergehende Gefügeuntersuchung von der Gleichmäßigkeit der Verteilung der einzelnen Gefügebestandteile zu überzeugen.

Zur Erläuterung sei folgendes Beispiel angeführt: Zwei kaltgereckte Kupferschienen *A* und *B* zeigten verschiedenes Verhalten beim Biegen. Die Probe *A* ertrug das Umbiegen um einen bestimmten Winkel, die Probe *B* dagegen riß beim Biegen ein, wie in Abb. 249. Der Gehalt an Kupferoxydul war auf Grund der chemischen Analyse in *A* etwas höher als in *B*; im übrigen war die chemische Zusammensetzung beider Kupfersorten fast die gleiche. Man würde hier bei unvorsichtiger Schlußfolgerung zu dem Glauben haben kommen können, daß das oxydulreichere Kupfer das biegungsfähigere wäre. Die Beobachtung des Gefüges zeigt sofort den Irrtum. Der etwas geringere durchschnittliche Oxydulgehalt in Kupfer *B* war nämlich außerordentlich ungleichmäßig in der Masse verteilt. Längs der in Abb. 249 mit *e* angedeuteten Linien waren die Oxydulschlüsse in Form von Schnüren, wie in Tafelabb. 59, Taf. XII, rechts in 123facher Vergrößerung dargestellt, sehr stark angereichert, während die übrigen Teile des Kupfers nur sehr wenig Oxydul enthielten. Längs dieser Oxydulschnüre platzte nun das Kupfer beim Biegen so auf, wie es Abb. 249 andeutet.

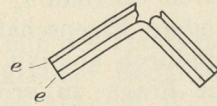


Abb. 249.

In manchen Fällen werden die Eigenschaften von Legierungen auch durch solche Stoffe sehr wesentlich beeinflusst, die sich der chemischen Analyse entziehen oder ihr mindestens erhebliche Schwierigkeiten entgegenstellen, z. B. geringe Mengen von Gasen, Sauerstoffgehalt im Eisen usw.

In anderen Fällen versagt die chemische Analyse deshalb, weil sie die Gesamtmenge eines in der Legierung enthaltenen Stoffes richtig angibt, aber unentschieden läßt, in welcher Form er auftritt. So gibt z. B. die Analyse den Phosphorgehalt in Schweiß Eisen zwar richtig an; sie vermag aber keine Auskunft darüber zu geben, ob dieser Phosphor als Phosphorsäure in der vom Eisen eingeschlossenen Schweißschlacke oder im Eisen selbst mit diesem legiert auftritt. Bis zu einem gewissen Grade vermag hier die Gefügeuntersuchung helfend einzugreifen.

## 2. Einfluß der Vorbehandlung.

285. Die Vorbehandlung kann eine reine Wärmebehandlung sein, z. B. Gießen, Glühen, verschiedenartige Abkühlung von höheren Wärmegraden (langsame Abkühlung, rasche Abkühlung, plötzliches Abschrecken in Flüssigkeiten usw.), oder sie ist eine rein mechanische Behandlung, die auf Formgebung durch

Umlagerung der Masse des Stoffes im festen Zustande bei gewöhnlichen Wärmegraden beruht, und die wir als Kaltrecken bezeichnen (264). Hierher gehören z. B. alle Arbeiten wie Kaltwalzen, Kaltziehen, Kalthämmern, Kaltdrücken, Prägen usw. Schließlich können auch Wärme- und mechanische Behandlung ineinandergreifen, wie z. B. bei den Formgebungsarbeiten durch Umlagerung der Masse des Stoffes im festen Zustand bei höheren Wärmegraden, die wir unter der allgemeinen Bezeichnung Warmrecken zusammenfassen wollen. Hierher gehören das Warm Schmieden, Warmwalzen, Warmpressen usw.

Die Vorbehandlung beeinflußt vor allem das Gefüge, und zwar die Zahl und Art der Gefügebestandteile, ihre Anordnung und ihre Eigenschaften. Die mannigfaltige Beeinflussung des Gefüges der Legierungen beim Guß, bei der Erhitzung und Abkühlung, beim Warm- und Kaltrecken ist bereits im vorigen Abschnitt besprochen worden (255 bis 282). Wesentlichen Aufschluß über die Möglichkeit der Eigenschaftsänderung von Legierungen durch Wärmebehandlung geben die  $c, t$ -Bilder. Zeigen diese z. B. an, daß eine Legierung von einer bestimmten Zusammensetzung bei einer bestimmten Temperatur eine Umwandlung erleidet, so ist zunächst festzustellen, mit welcher Geschwindigkeit die Umwandlung bei der Umwandlungstemperatur  $t_u$  beim Erhitzen und bei der Abkühlung vor sich geht, ob es möglich ist, die Umwandlung durch rasche Abkühlung von Temperaturen oberhalb  $t_u$  ganz oder teilweise zu unterdrücken und dadurch der Legierung andere Eigenschaften zu erteilen, als wenn sie langsam durch die Temperatur  $t_u$  hindurch abkühlt. Bei  $c, t$ -Bildern, die Mischkristallbildung andeuten, wird man die Frage zu erörtern haben, ob durch schnellere Abkühlung (oder auch Erhitzung) unvollkommene Gleichgewichte in der erstarrten Legierung herbeigeführt werden können, und in welcher Weise dadurch die Eigenschaften der Legierungen geändert werden (135, 136 usw.).

Die Vorbehandlung kann auch ohne Beeinflussung des Gefüges wesentliche Änderungen in den Eigenschaften der Metalle und Legierungen hervorrufen. Wenn z. B. Werkstücke von verhältnismäßig großer Masse von hohen Wärmegraden abgekühlt werden, so können verschiedene Teile desselben Werkstücks zu gleichen Zeiten verschiedene Temperaturen besitzen. Dadurch werden Spannungen erzeugt (324 bis 338). Spannungen können auch durch Kaltrecken von metallischen Stoffen hervorgebracht werden (301 bis 307).

Mit der Wärme- oder mechanischen Vorbehandlung kann beabsichtigte oder unbeabsichtigte Änderung der chemischen Zusammensetzung verbunden sein. Glüht man z. B. Eisen in einer kohlenstoffhaltigen Umgebung, so nimmt es von der Oberfläche her Kohlenstoff auf. Umgekehrt kann man durch Erhitzen von Eisen-Kohlenstoff-Legierungen an der Luft oder in oxydierenden Gasgemischen den Kohlenstoffgehalt an der Eisenoberfläche vermindern. Derartige Wirkungen sind rein chemischer Art und sind auf Grund der Kenntnis des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf die Eigenschaften der Legierung mit zu berücksichtigen.

### 3. Einfluß der Temperatur.

286. Die Eigenschaften der metallischen Stoffe ändern sich mit der Temperatur. So ist z. B. der Widerstand von Eisen und Kupfer gegenüber Formgebung durch Schmieden und Walzen bei höheren Wärmegraden (Rotglut) wesentlich geringer als bei gewöhnlicher Temperatur, was man schon seit den ältesten Zeiten praktisch ausnutzt. Die Änderung der Eigenschaften der metallischen Stoffe im festen Zustand in Abhängigkeit von der Temperatur kann stetig sein. Es können aber auch plötzliche Änderungen der Eigenschaften bei stetig ge-