

**269.** Bei Formänderungen, die zur vollkommenen oder teilweisen Trennung führen, kommt noch die Spaltung parallel bestimmten Kristallflächen in Frage, wie z. B. beim Steinsalz parallel den Würfelflächen. Auch im Eisen ist Spaltbarkeit beobachtbar, wie Tafelabb. 53, Taf. XI, in etwa doppelter Größe zeigt. Sie entspricht einem gespaltenen Stück Eisen, das nach dem Goldschmidtschen Thermitverfahren unter bestimmten Bedingungen hergestellt ist. Das Stück wurde auf *s* eingesehritten und dann gebrochen. Die Spaltflächen auf dem Bruch erinnern fast an Beiglanz. Nach Stead (*L<sub>3</sub> 12*) ist die Spaltbarkeit parallel den Würfelflächen der Kristalle. Derselbe Forscher hat auch festgestellt, daß in Eisensorten, die vorwiegend aus Eisenkörnern bestehen, der Bruch in der Regel nicht den Korngrenzen folgt, sondern in Form von Spaltflächen die Eisenkörner durchsetzt. Das gilt natürlich nur dann, wenn nicht etwa durch Schaumwände von der Erstarrung herrührende Flächen geringsten Widerstandes erzeugt sind, die den Bruch begünstigen, namentlich wenn in den Schaumwänden fremde Stoffe eingelagert sind, wie Gase, oxydische oder sulfidische Verbindungen usw. Ein solcher Fall liegt bei dem in Tafelabb. 33, Taf. VI, dargestellten kohlenstoffarmen Flußeisenblöckchen vor.

Bekannt ist auch die Spaltbarkeit bei Zink, Antimon, Wismut usw.

### b) Allgemeines über bleibende Formveränderungen in amorphen Stoffen und in Haufwerken von Kristallkörnern.

**270.** Wie früher gezeigt (*I, 107*), erhält man beim Zerreißen von Metallstäben vielfach die sogenannten Fließfiguren oder Lüdersschen Linien. Abb. 219

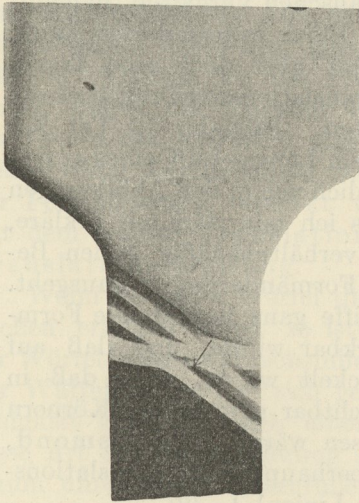


Abb. 219.

zeigt z. B. einen Teil eines Zerreißstabes von Flußeisen in etwa natürlicher Größe, der vor dem Zerreißen auf einer Seite poliert war. Er wurde einer allmählich gesteigerten Zugbeanspruchung ausgesetzt, bis eben die ersten Fließfiguren auftraten, worauf Entlastung erfolgte. Die Figuren zeigen den bekannten Verlauf: Parallele, zur Stabachse geneigte Streifen, die von anderen Streifen durchsetzt werden, die mit der Stabachse einen kleineren Winkel einschließen. Die Streifen zeigten die Form von flach verlaufenden Rinnen. Tafelabb. 54, Taf. XI, gibt die in Abb. 219 durch einen Pfeil angedeutete Stelle in 29facher Vergrößerung wieder und läßt erkennen, daß außerhalb der Fließfiguren (z. B. bei *p*) die ursprünglich glatt polierte Fläche noch unversehrt erhalten ist, daß aber innerhalb der Streifen die Oberfläche knittrig wurde. Dies wird dadurch bewirkt, daß die einzelnen Kristallkörner des Eisens sich mehr oder weniger aus der Oberfläche des Schiffs herausgedreht haben.

Die Fließfiguren sind jedenfalls dadurch verursacht, daß (Martens und Kirsch) die Spannungen nicht gleichmäßig über die ganze Länge des Stabes verteilt sind, sondern daß periodisch stärkere oder schwächere Spannungen abwechseln. Infolgedessen sind an den Stellen stärkerer Spannung bereits bleibende Formveränderungen aufgetreten, während an den dazwischenliegenden Stellen die Spannungen noch nicht den Grad erreicht haben, um Fließen herbeizuführen. Die Fließfiguren treten nicht nur bei Zerreißversuchen, sondern ganz allgemein in allen Fällen ein, bei denen Beanspruchung oberhalb der Streckgrenze stattfindet. Sie sind auch nicht auf Metalle und Legierungen beschränkt, die ein

Haufwerk von Kristallkörnern eines oder mehrerer Gefügebestandteile bilden, sondern ähnliche Erscheinungen sind auch beobachtbar bei amorphen Stoffen (z. B. Leim, Osmond, Frémont und Cartaud, *L*<sub>3</sub> 30). Sie entsprechen allgemeinen Gesetzen der Spannungsverteilung in zum Fließen gebrachten Stoffen unabhängig davon, ob sie amorph sind oder ein Aggregat von Kristallen bilden. Sie treten auch in einheitlichen Kristallen auf (mikroskopisch kleine Lüderssche Linien nach Osmond).

Übt man auf ein Metall oder eine Legierung, die als Haufwerk kleiner Kristalle aufzufassen sind, Kräfte aus, die zur bleibenden Formveränderung führen, so haben wir zu unterscheiden zwischen

- a) Formveränderungen infolge der allgemeinen Gesetze der Spannungsverteilung, die Fließfiguren, Fältelungen oder ähnliche Erscheinungen bewirken, und welche die Metalle und Legierungen mit den amorphen Stoffen gemein haben (banale Deformationen nach Osmond),
- b) Formveränderungen innerhalb der Kristallkörner, die kristallographisch bestimmten Richtungen folgen, wie Deformation unter Zwillungsbildung, Translation und Spaltung (Kristalldeformationen).

### c) Beispiele von bleibender Formveränderung in Metallen. Kaltrecken. Glühen nach dem Kaltrecken<sup>1)</sup>.

**271.** Unter Kaltrecken wollen wir bleibende Formveränderungen von Metallen und Legierungen verstehen, die durch Einwirkung von Kräften in der Nähe der atmosphärischen Temperatur herbeigeführt werden, ohne daß der Zusammenhang des Metalls stellenweise zerstört wird. Welcher Art diese Kräfte sind, ob Zug, Druck, Biegung, Verdrehung usw., ist gleichgültig. Gewöhnlich bezeichnet man diese Art der Formveränderung als Kaltbearbeitung. Ich will diesen Ausdruck nicht gebrauchen, weil er zweideutig ist und gelegentlich zu Verwechslung mit der Bearbeitung der Metalle mittels schneidender Werkzeuge (Drehen, Bohren usw.) Anlaß geben kann. Damit soll nicht etwa gesagt sein, daß bei dieser Bearbeitung mit schneidenden Werkzeugen nicht etwa Kaltrecken nebenher gehen kann.

Es ist zu erwarten, daß sich die Wirkung des Kaltreckens in Veränderungen des Kleingefüges widerspiegelt, daß es namentlich auf die Gestalt der Körner, auf ihre Größe und gegenseitige Anordnung Einfluß ausüben wird, wenn nicht die Beweglichkeit der kleinsten Teilchen der Masse des Metalls bei gewöhnlichen Wärmegraden bereits so groß ist, daß die zeitweise gereckten Körner sich zu neuen Kristallkörnern anordnen können, die die Spuren der Formänderung nicht mehr zeigen.

Wir wollen zunächst das Kaltrecken von Eisen und Kupfer betrachten, wo dauernde Veränderung des Kleingefüges eintritt, und später auf Fälle übergehen, wo, wie beim Zinn, die Spuren des Kaltreckens im Gefüge zum Teil wenigstens wieder verschwinden.

**272.** Bereits öfter ist es versucht worden, Näheres über die inneren Vorgänge, über die Verteilung der Spannungen usw. beim Kaltrecken von Metallen zu ermitteln. Man hat sich nach dem Verfahren von Tresca und Kick Probekörper aus verschiedenen gefärbten Tonschichten hergestellt und diese der Formveränderung unterworfen. Durch Analogieschlüsse hat man die Beobachtungsergebnisse auch auf die plastischen Metalle übertragen. In vielen Fällen, besonders bei gewalztem Flußeisen, aber auch bei Kupfer, ist dieser Umweg zur Lösung der Frage ent-

<sup>1)</sup> Darstellung nach E. Heyn (*L*<sub>3</sub> 23).