

# *Metallographie an unterschiedlichen Metallen*

Zusammenfassung des Pro Scientia Referats vom 1.10.2018

Ladislaus Lang-Quantzendorff und Katharina Hogrefe

Metallische Werkstoffe umgeben uns in verschiedensten Anwendungen alltäglich und deren Funktionalität erscheint uns selbstverständlich. Deren Charakteristika sind aber durch jahrhundertelange Erfahrung geprägt und auch gegenwärtige Forschung stellt sich der Herausforderung Eigenschaften dieser Werkstoffgruppe zu studieren und optimieren. Ausschlaggebend für diese Eigenschaften ist die jeweilige Mikrostruktur, die mit Mitteln der Metallographie untersucht werden kann. Dieses Referat soll den Teilhabenden einen Einblick in die lichtmikroskopische Analyse geben, die als klassisches, aber noch immer hochaktuelles Verfahren einen Gutteil der für den Materialwissenschaftler wichtigen Information liefern kann.

Zuallererst sollte die Bandbreite an Metallen veranschaulicht werden. Zu diesem Zweck wurden den Teilnehmern verschiedene Teile zur Begutachtung ausgeteilt: ein Torklopper aus Messing, ein Bleirohr, Kupferdraht, Nägel, Münzen etc. Schon das Aussehen der Metalle und deren Haptik sind charakteristisch für deren physikalische und mechanische Eigenschaften. Beispielsweise lässt die glatte Oberfläche auf gute Verarbeitbarkeit schließen und die kühle Temperatur der Metallstücke ist ein Indiz für die hohe Wärmeleitfähigkeit der Metalle. Viele Eigenschaften der Metalle lassen sich auf deren Position im Periodensystem, also ihre Elektronenkonfiguration zurückführen.

Metalle haben einen kristallinen Aufbau. Die Mikrostruktur eines Metalls ist üblicherweise nicht als Einkristall aufgebaut, sondern gliedert sich in sogenannte Körner. In einem einphasigen Metall ist die Kristallstruktur des gesamten Gefüges homogen, wobei die Kristallorientierung von Korn zu Korn unterschiedlich ist. Im Gegensatz dazu ist etwa Glas amorph, da keine Periodizität in der Struktur erkennbar ist.

In den meisten Fällen werden Metalle nicht in ihrer reinen, elementaren Form eingesetzt. Reines Eisen beispielsweise ist zu weich und korrosionsanfällig, um es für die Konstruktion einzusetzen. Aus diesem Grund legiert man Metalle mit verschiedenen anderen Elementen. Die Legierung kann auf zwei Arten erfolgen:

1. substitutionell: Fremdatome ähnlicher Größe (meist Metallatome) ersetzen Atome des Hauptlegierungsbestandteils an ihren Gitterplätzen
2. interstitiell: kleinere Fremdatome (meist Nichtmetallatome) lagern sich auf Zwischengitterplätzen ein

Zusätzlich können die verschiedenen Bestandteile der Legierung auch neue Phasen bilden, welche die Eigenschaften der Legierung verändern. Eisen mit geringem Kohlenstoffgehalt legiert durch andere Metalle wie Chrom, Nickel oder Molybdän verändert dadurch seine Materialeigenschaften. Viele Legierungen sind so gebräuchlich, dass sie eigene Trivialnamen erhalten wie Stahl, Bronze, Messing, Neusilber etc.

Um das Gefüge eines Metalls mikroskopisch zu analysieren, wird in der Regel eine Probe hergestellt indem das Metallstück in eine handliche Form gebracht und dieses in ein Kunstharz eingebettet wird. Der resultierende Kunstharzzylinder wird in feiner werdenden Schritten geschliffen und poliert. Um den Kontrast unter dem Mikroskop zu erhöhen, wird die Metalloberfläche meist noch angeätzt. Bei einer Korngrenzenätzung werden die Korngrenzen stärker vom Ätzmittel angegriffen als die Kornflächen und erscheinen im Mikroskop daher dunkler. Für die metallographische Analyse werden Auflichtmikroskope verwendet, die nur Oberflächencharakteristiken zum Vorschein bringen. Vielfältige Merkmale der Mikrostruktur lassen sich nun erkennen:

- einzelne Phasen des Materials
- Form und Größe der Körner
- Auftreten von Ausscheidungen, Poren, Rissen und Einschlüssen
- Grenzflächen und Korrosion

Einige Charakteristika sollten durch eigenständige Analyse am Mikroskop von den Teilnehmern beobachtet werden. Zu Beginn wurden Stahlproben betrachtet. Die einfachsten Eisenlegierungen können im Eisen-Kohlenstoff-Phasendiagramm dargestellt werden.

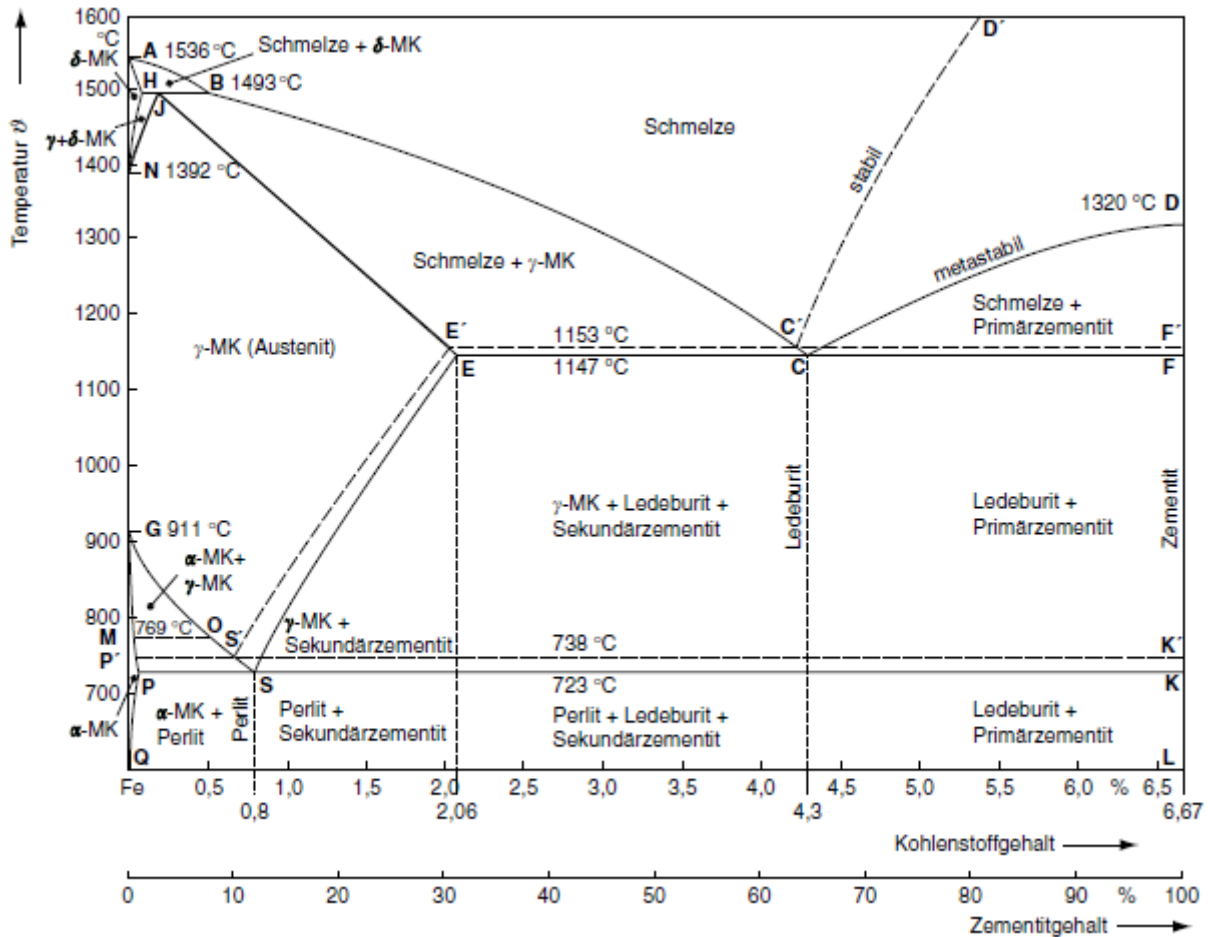


Abbildung 1: Eisen-Kohlenstoff-Schaubild. Zeigt die Phasen einfachster Eisenwerkstoffe bei unterschiedlichen Temperaturen (Aus Bargel-Schulze, Werkstoffkunde, 11. Aufl. Springer 2012).

Je nach Kohlenstoffgehalt haben die Phasenanteile eine gänzlich andere Morphologie, was makroskopisch auch die Eigenschaften der Legierung gravierend verändert. Wir analysierten eine Probe mit 0,02% Kohlenstoff. Das Gefüge weist hier großteils Ferritkörner auf, die bei Standardbedingungen stabile Phase von Reineisen. Zwischen den im Mikroskop weiß erscheinenden Körnern, sind kleine dunkle Phasenanteile an den Korngrenzen zu erkennen. Dies ist Perlit, ein Gefügebestandteil, der sich lamellar aus Ferrit und Zementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) zusammensetzt. Die nächste Probe enthielt 2,6% Kohlenstoff. Diese Legierung markiert einen charakteristischen Punkt im Phasendiagramm: es ist die eutektische Zusammensetzung von Ferrit und Zementit. Das Gefüge ist schwarz-weiß gescheckt, es sind keine Korngrenzen mehr erkennbar. In der letzten Stahlprobe war so viel Kohlenstoff enthalten, dass dieser sich nicht mehr im Eisen löst. Er liegt als Graphit vor, was als große schwarze Flächen oder feine lange Linien in der Struktur erkennbar ist. Dies ist Zusammensetzung von Gusseisen, welches durch den Graphit viel spröder als Stahl, der weniger Kohlenstoff enthält, ist.

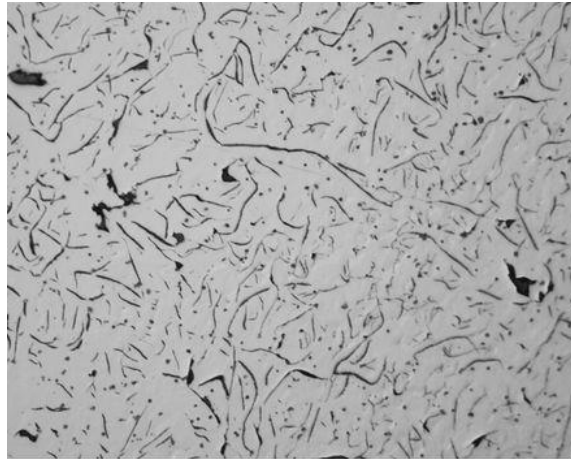


Abbildung 2: Eisen mit Graphiteinlagerungen. ( [wiki.arnold-horsch.de/images/thumb/5/52/GJL.jpg/440px-GJL.jpg](http://wiki.arnold-horsch.de/images/thumb/5/52/GJL.jpg/440px-GJL.jpg) )

Um Unterschiede zu anderen Metallen aufzuzeigen, wurden Proben einer Magnesiumlegierung gezeigt. Diese besteht nur aus einer einzelnen Phase, deren Korngrenzen schlecht auf Ätzung reagieren, deshalb bedient man sich eines Kunstgriffes. Die Proben wurden nur mit polarisiertem Licht beleuchtet, was bedeutet, dass parallele Lichtwellen die Probe erreichen. Polfilter haben die Eigenschaft unterschiedlich orientierte Körner in verschiedenen Farben darzustellen. Manche Körner haben eine streifenförmige Struktur, die man Zwillinge nennt. Diese sind durch Verformung der Probe entstanden, da die strapazierte Kristallstruktur plötzlich in einem gewissen Bereich in eine andere Orientierung umklappt. Somit sind auch Zeichen von Umformung in der Mikrostruktur deutlich erkennbar. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Umformung ist die Rekristallisation, bei der aus stark verformten Körnern neue Körner wachsen.

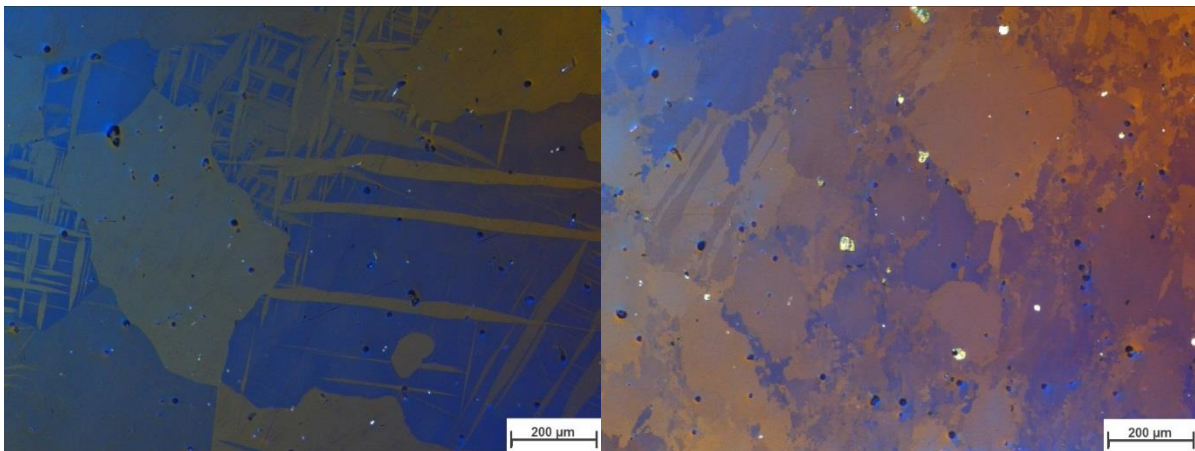
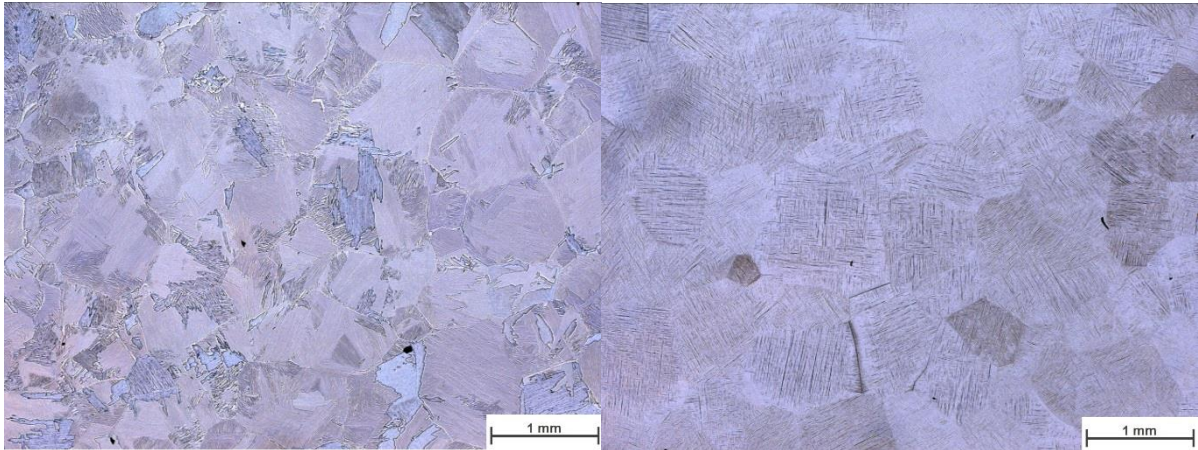


Abbildung 3: Magnesium unter polarisiertem Licht betrachtet. Zwillinge (links), feine rekristallisierte Körner (rechts).

Zuletzt sollten durch verschiedenen Titanproben, der Einfluss einer Wärmebehandlung auf die Mikrostruktur dargestellt werden. Bei Titan handelt es sich um ein allotropes Metall, was bedeutet, dass es je nach äußeren Bedingungen in verschiedenen Phasen vorliegt. Bei Temperaturen über 1000°C wandelt sich die untersuchte Titanlegierung in seine  $\beta$ -Phase um. Erfolgt die Phasenumwandlung in die  $\alpha$ -Phase (stabil bei Raumtemperatur) schnell, etwa durch Abschrecken des heißen Metalls, bildet sich eine in sich verspannte Struktur des Martensits. Die Körner in den Proben waren deutlich erkennbar und die martensitische Struktur äußert sich in einer feinen Schraffurierung der Körner. Wird die gleiche Probe langsam aus dem  $\beta$ -Bereich abgekühlt, hat das Metall genügend Zeit sich in die  $\alpha$ -Phase umzuwandeln. Die Körner zeigten daher eine Struktur aus breiteren Lamellen, siehe Abbildung 4.



*Abbildung 4: Titan im Hellfeld. Vergleich lamellares (links) und martensitisches Gefüge (rechts).*

Die metallographische Analyse der verschiedenen Metalle sollte darstellen, dass viele makroskopische Eigenschaften und Bearbeitungen sich in der Mikrostruktur widerspiegeln. Schon mit den einfachen Mitteln der Lichtmikroskopie lassen sich auf diese Weise eine Vielzahl an Erkenntnissen über die Metalle gewinnen.