

## Inhalt

Qualitätsmanagement.....	2
Sicherheitsvorschriften, Schutzmaßnahmen .....	3
Elektrik.....	4
Messen .....	5
Werkstofftechnik.....	6
Oberflächenprüfung und Korrosionsschutz .....	16
Aufbau des Gefüges .....	20
Wärmebehandlung.....	22
Werkstoffprüfung.....	27
Der Zugversuch.....	29
Der Kerbschlagbiegeversuch .....	32
Härteprüfung.....	34
Prüfung nach Rockwell.....	35
Brinellprüfung.....	36
Prüfung nach Vickers.....	37
Visuelle Prüfung .....	39
Magnetpulverprüfung .....	40
Farbeindringprüfung .....	43
Ultraschallprüfung.....	46
Durchstrahlungsprüfung .....	49
Wirbelstromprüfung .....	52
Metallographie.....	53
Kunststoffe .....	59

## Qualitätsmanagement

Was bedeutet der Begriff „Qualität“?

Die Festgelegten Anforderungen an das Produkt zu erfüllen.

Was soll eine Prüfanweisung enthalten?

1. Wann? (Zeitpunkt der Fertigung)
2. Was? (100%, Stichproben, Bereiche)
3. Wie? (Welches Verfahren angewendet werden soll, nach welcher Norm)
4. Womit? (Verwendete Arbeitsmittel)

Welche Prüfungen werden zur Prüfung von Prüflingen angewendet?

1. 100% Prüfung
2. Stichprobenprüfung

Welche Vorteile bringt die Stichprobenprüfung?

1. der Prüfaufwand und die Kosten sind geringer
2. bei zerstörenden Prüfungen ist sie das einzig sinnvolle Verfahren
3. die Arbeit ist weniger monoton
4. geringere Datenmengen ermöglichen schnelleres Beurteilen

Was wird unter dem Begriff „Garantie“ verstanden?

Garantie ist die freiwillige Leistung eines Unternehmens, dass das Produkt über die Gewährleistungsfrist hinaus, mängelfrei betrieben werden kann.

Was bedeutet der Begriff „Gewährleistung“ und wie lange ist die „Gewährleistungsfrist“?

Die Haftung des Unternehmens für Mängel, die schon zum Zeitpunkt der Inverkehrbringung des Produktes vorhanden sind. Die gesetzlich definierte Frist beträgt 24 Monate.

## Sicherheitsvorschriften, Schutzmaßnahmen

Welche Gruppen von Sicherheitszeichen gibt es?

1. Verbotsschilder (rund)
2. Warnschilder (dreieckig, mit nach oben zeigender Spitze)
3. Gebotsschilder (Kreisförmig, Farbe Blau Weiß)
4. Brandschutzzeichen

Durch welche Schutzmaßnahmen werden Unfälle vermieden? (min. 5 Beispiele)

1. Schutzbrille (schleifen, hantieren mit ätzenden Mitteln)
2. Gehörschutz
3. Staubmaske (Schleifarbeiten)
4. Sicherheitsschuhe
5. spezielle Handschuhe (beim Hantieren mit Säuren)

Was bewirkt der Not –Aus Schalter?

Sofortiger Stillstand der Maschine

Was ist beim Umgang mit Säuren zu beachten? (min. 6 Beispiele)

1. tragen von speziellen Handschuhen
2. Schutzbrille (wenn vorhanden Schutzschild)
3. nach dem Gebrauch verräumen
4. nur dafür vorgesehene Behälter zur Abfüllung der Säure verwenden
5. Säuren oder sonstige Mittel NICHT in Trinkflaschen füllen
6. der Raum muss ausreichend belüftet werden wenn keine Absaugung vorhanden ist
7. Gefahrenzeichen auf den Flaschen ist zu Beachten
8. Aufbewahrungsschrank muss immer abgeschlossen sein
9. kein offenes Feuer RAUCHVERBOT

Wo kann die Zusammensetzungen der Säuren entnommen werden?

Aus den Sicherheitsdatenblätter

## Elektrik

Welches sind die Wichtigsten Elektrischen Leiter- Nichtleiter?

E-Leiter:

1. Kupfer
2. Aluminium
3. Gold
4. Silber

N- Leiter:

1. Gummi
2. Kunststoff
3. Porzellan
4. Holz

Ab welcher Stromstärke besteht für den Mensch Lebensgefahr?

Ab 50mA

Was ist bei einem Elektrischen Unfall zu unternehmen?

1. aus dem Gefahrenbereich bringen
2. Funktion der Organe kontrollieren, wenn nötig Wiederbelebensmaßnahmen
3. Arzt verständigen

ACHTUNG! Eine Person die in einen Stromkreis geraten ist, nicht berühren. Versuchen durch betätigen des Schutzschalters den Stromkreis zu unterbrechen. Ist dieser nicht in Reichweite, die Person mit einem NICHT-leitenden Gegenstand (Stuhl, Holzbrett etc.) „wegzuschlagen“!

Worauf ist bei der Verwendung von Kabeltrommeln bei größerer Dauerleistung zu achten?

Das Kabel muss ganz von der Trommel abgerollt werden, da sich das Kabel erwärmt und die Wärme ansonsten vom Inneren der Trommel nicht an die Umgebung abgegeben werden kann.

## Messen

### Worin besteht der Unterschied zwischen messen und lehren?

Messen ist das Vergleichen einer Länge oder eines Winkels mit dem Messergebnis eines Messgerätes. Das Ergebnis ist ein Messwert.

Lehren ist das vergleichen des Prüfgegenstandes mit einer Lehre. Das Ergebnis sagt aus, ob der Prüfgegenstand „Gut“ oder „Ausschuss“ ist.

### Was versteht man unter nicht maßlichem Prüfen?

Unter nicht maßlichem Prüfen versteht man das vergleichen mit Mustern.

### Welche Bedingungen müssen erfüllt werden, um bei einer Messung den richtigen Messwert zu erhalten?

1. Einhaltung der Bezugstemperatur von 20<sup>0</sup>C für Messwerkzeug und Werkstück
2. gutes Licht
3. saubere Umgebung

### Was bedeutet Kalibrieren?

Kalibrieren ist das Ermitteln der vorhandenen Abweichung eines Messgerätes vom richtigen Wert.

Ein Messgerät ist dann in Ordnung und kann zum Gebrauch freigegeben werden, wenn die ermittelten Messabweichungen innerhalb der festgelegten Grenzen liegt.

### Was bedeutet Eichen?

Das Eichen eines Prüfmittels umfasst die Prüfung und Stempelung durch eine Eichbehörde in Regelmäßigen Abständen.

Eichpflichtig sind zb. Waagen, Zugprüfmaschinen, Kerbschlaghammer, Härteprüfmaschinen, Ultraschallgeräte...

### Was für Messgeräte dürfen eingesetzt werden?

Es dürfen nur Messgeräte mit gültigem Kalibrierenaufkleber eingesetzt werden.

## Werkstofftechnik

### Was ist Stahl?

Als Stahl bezeichnet man alle Eisenwerkstoffe, die für die Warmformgebung geeignet sind und nicht mehr als 2,06% C enthalten. Durch unterschiedliche Herstellung, Legierungen und Wärmebehandlungen werden verschiedene und dem Verwendungszweck angepasste Stähle gefertigt.

### Was für eine Dichte hat Stahl?

Als Eisenlegierung hat Stahl eine Dichte von  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

### Welche 2 Arten des „Frischens“ werden angewendet? (Stahlherstellung)

Die meist verwendete Art ist das LD (Linz – Donawitz) Verfahren, bei dem Sauerstoff durch die flüssige Schmelze geblasen wird. Es werden beim Frischen die unerwünschten Bestandteile z.B. Schwefel, Phosphor usw. fast völlig verbrannt, dabei wird auch der Kohlenstoffgehalt gesenkt.

Bei den Elektrostahlverfahren wird die zum Schmelzen erforderliche Wärme durch einen Lichtbogen oder durch Induktion erzeugt. Der Lichtbogen erzeugt Temperaturen bis zu  $3500 \text{ °C}$ . Deshalb können auch schwer schmelzbare Legierungselemente wie Wolfram und Molybdän eingeschmolzen werden.

### Wie kann Stahl vergossen werden?

Blockguss oder Strangguss

### Wie können Rohre hergestellt werden?

Nahtlose Stahlrohre werden aus einem dickwandigen Hohlkörper z.B. mittels Schrägwalzverfahren hergestellt.

Geschweißte Rohre werden aus Bandstahl zu Rohren geformt und anschließend geschweißt.

### Wie können Rohre weiterverarbeitet werden?

Das Pilgerschrittverfahren ist ein Verfahren zur Weiterbearbeitung von nahtlosen Rohren. Ziel des Pilgers ist die Reduzierung der Wandstärke. Man unterscheidet zwischen Warm- und Kaltpilgern.

# Fragenkatalog Werkstofftechniker

Welche Eigenschaften haben die folgenden Legierungselemente?

Element	Das Element verbessert	Das Element verschlechtert	Bemerkung
Kohlenstoff (C )	Festigkeit, Härbarkeit	Plastizität, Schweißbarkeit, Zerspanbarkeit	Kohlenstoff, Mangan und Silizium sind in allen legierten und unlegierten Stählen vorhanden
Mangan (Mn)	Festigkeit, Schmiedbarkeit Schweißbarkeit Verschleißwiderstand	Nur geringer Plastizitätsverlust	Auch in allen unlegierten Stählen vorhanden
Silizium (Si)	Festigkeit, Zunderbeständigkeit, Bei hohen Gehalten: Korrosionswiderstand	Nur geringer Plastizitätsverlust	Auch in allen unlegierten Stählen vorhanden
Molybdän (Mo)	Festigkeit, Warmfestigkeit, Schweißbarkeit	-----	Mit Chrom und Nickel legiert: hohe Festigkeit und Zähigkeit, Warmarbeitsstähle, Vergütungsstähle, warmfeste Stähle.
Nickel (Ni)	Geringe Festigkeitszunahme, Durchhärtung in Kombination mit Chrom, Kerbschlagzähigkeit bei tiefen Temperaturen.	Nur geringer Plastizitätsverlust	Austenitische Chrom-Nickel Stähle, (z.B. 18%/10%) sind, korrosionsbeständige, warmfeste Stähle.
Chrom (Cr)	Festigkeit, Warmfestigkeit, Verschleißfestigkeit, Korrosionswiderstand	Nur geringer Plastizitätsverlust, Bei reinen Chromstählen schlechte Schweißbarkeit.	Austenitische Chrom-Nickel Stähle (z.B. 18%/10%) sind korrosionsbeständige, warmfeste Stähle.
Kobalt (Co)	Warmfestigkeit, Anlassbeständigkeit, div. elektrische und magnetische Kennwerte	Bildet stark radioaktive Isotop bei Neutronenbestrahlung	Warmarbeitsstähle, hoch warmfeste Stähle, in Atomreaktoren unerwünscht
Titan (Ti)	Starke Karbidbildner, Feinkornbildung	-----	Stabilisierungselement in austenitischen Stählen zur Vermeidung interkristalliner Korrosion
Wolfram (W)	Festigkeit, Warmfestigkeit, starker Karbidbildner	-----	-----
Vanadin (V)	Warmfestigkeit, starker Karbidbildner	-----	In Kombination mit Chrom für warmfeste Stähle
Niob (Nb)	-----	-----	Stabilisierungselement in austenitischen Stählen zur Vermeidung interkristalliner Korrosion

Wie kann die Festigkeit in Stahl erhöht werden?

1. Mit zunehmendem C-Gehalt steigt die Festigkeit
2. Legierungsanteile wie Si, Mn, Cr, Ni, W, V, Co, Mo erhöhen die Festigkeit
3. Wärmebehandlung

Wie nennt man Stahl mit mehr als 2,06% C – Gehalt?

Gusseisen

Welche 3 Sorten von Gusseisen gibt es?

Gusseisen mit Lamellengraphit oder Kugelgraphit  
Temperguss (weißer und schwarzer Temperguss)

Was sind die Vor – und Nachteile des Lamellengraphits?

Vorteile:

gute Zerspanbarkeit und Gleiteigenschaften, Schwingungsdämpfend, gute Druckfestigkeit

Nachteile:

Geringe Festigkeit und Zähigkeit (Lamellen wirken bei Belastung im Inneren wie Kerben)

Was sind die Vorteile des Kugelgraphits?

Durch die Kugelform nur geringe Kerbwirkung, hohe Festigkeit und Zähigkeit,

Was wird als Stahlguss bezeichnet?

Stahlguss ist in Formen gegossener Stahl.

(hohe Festigkeit und Zähigkeit, komplizierte Werkstückformen möglich)

Wozu dient das Eisenkohlenstoffdiagramm?

In verarbeitetem Eisen ist stets eine gewisse Menge Kohlenstoff enthalten, dessen Anteil die Qualitätseigenschaften des Stahls und des Gusseisens bestimmt. Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm ist ein Gleichgewichtsschaubild für das binäre System Eisen-Kohlenstoff, aus dem sich in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt und der Temperatur die Phasenzusammensetzung ablesen lässt.



## Was versteht man unter dem Begriff „Seigerung“?

Seigerungen sind Entmischungen einer Schmelze bei der Metallherstellung. Sie entstehen beim Übergang der Schmelze in den festen Zustand.

Dabei spielen die unterschiedliche Löslichkeit der Legierungselemente in flüssiger und fester Phase und unter anderem die unterschiedliche Dichte der Legierungselemente eine Rolle.

## Was versteht man unter dem Begriff „Carbid“?

Typische Beispiele für Carbide sind Titan und Wolfram. Sie werden in die Metallgitter eingelagert und bilden Einlagerungsverbindungen .

Diese Substanzen zeichnen sich durch eine hohe mechanische und thermische Stabilität und hohe Schmelzpunkte aus.

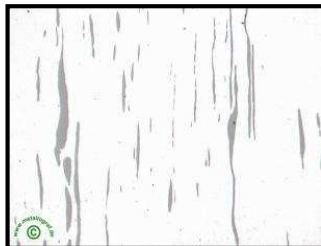
## Was versteht man unter dem Begriff „Nitrid“?

Als Nitride bezeichnet man die chemischen Verbindungen des Stickstoffs mit einem weiteren Element. zb. Aluminium wird zur Abbindung von Stickstoff der Schmelze zugegeben.

## Was versteht man unter dem Begriff „Sulfid“?

Als Sulfid bezeichnet man die chemischen Verbindungen, zb. Schwefel, mit einem weiteren Element. zb. Mangan, wird zur Abbindung von Schwefel in der Schmelze verwendet.

## Welche Einschlüsse zeigen die folgenden Bilder?



Mn - Sulfide (hellgrau, rundlich linsenförmig)



Titankarbide (Titanocarbonitride) sind an der Orangen Farbe zu erkennen.

# Fragenkatalog Werkstofftechniker

Wodurch erhält der Stahl die gewünschten Eigenschaften?

Die Eigenschaften können durch Wärmebehandeln verbessert werden oder durch die Legierungselemente und die erwünschten oder unerwünschten Begleitelemente.

Metallische Legierungselemente sind:

Al, Cr, Co, Mn, Mo, Ni, V, W

Nichtmetallische Begleitelemente sind:

Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff

Element	Das Element verbessert	Das Element verschlechtert	Bemerkung
Stickstoff (N)	Bei aust. Stählen: Festigkeit und Beständigkeit gegen Spannungsrissskorrosion	Löslichkeitsgrenze: 0,2% (darüber: Gasblasen)	Duplex und 6 Mo Stähle sind stickstofflegiert wegen Meerwasserbeständigkeit
Schwefel (S)	-----	Zähigkeit, Schweißbarkeit	Praktisch immer unerwünscht, Gehalte unter 0,03% gefordert, Ausnahme: Automatenstähle wegen Kurzspanbildung (0,3%)
Phosphor (P)	-----	Schweißbarkeit	Praktisch immer unerwünscht, Gehalte unter 0,03% gefordert
Sauerstoff (O)	-----	Kerbschlagzähigkeit, Alterungsbeständigkeit, Schweißbarkeit	Praktisch immer unerwünscht
Wasserstoff (H)	-----	Festigkeit, Zähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Schweißbarkeit	Praktisch immer unerwünscht

Wie können Stähle nach der Zusammensetzung eingeteilt werden?

Unlegierte – niedriglegierte und hochlegierte Stähle

Wodurch unterscheiden sich niedriglegierte und hochlegierte Stähle?

Niedriglegierte Stähle liegt die Summe der Legierungselemente unter 5%

Hochlegierte Stähle haben min. ein Legierungselement über 5%

Was bedeuten die Kennbuchstaben bei unlegierten Stählen?

- E Maschinenbaustähle
- S Stahlbaustähle
- L Stähle für Leitungsrohre
- P Stähle für Druckbehälter

Wie lauteten die folgenden Kennzeichnungen?

Kennzeichnung entsprechend der Eigenschaften:

**S275J2G3**

Unlegierter Stahl mit einer Streckgrenze von 275 N/mm<sup>2</sup>

**S** - steht für Stahl für den Stahlbau

**275** - kennzeichnet die Mindeststreckgrenze in N/mm<sup>2</sup>

**J2G3** - Kerbschlagzähigkeit von 27 J bei -20° C

**P295GH**

unlegierter Stahl mit einer Streckgrenze von 295 N/mm<sup>2</sup>, für hohe Temperaturen

**P** - steht für Stahl für den Druckbehälterbau

**295** - kennzeichnet die Mindeststreckgrenze in N/mm<sup>2</sup>

**E360**

unlegierter Stahl mit einer Streckgrenze von 360 N/mm<sup>2</sup>

**E** - steht für Stahl für den Maschinenbau

**360** - kennzeichnet die Mindeststreckgrenze in N/mm<sup>2</sup>

**L360QB**

unlegierter Stahl mit einer Streckgrenze von 360 N/mm<sup>2</sup>

**L** – steht für Stahl für Leitungsrohre

**360** - kennzeichnet die Mindeststreckgrenze in N/mm<sup>2</sup>

**QB** - Wasservergütet

Kennzeichnung entsprechend der chemischen Zusammensetzung:

## **C35**

unlegierter Kohlenstoffstahl mit 0,35 % Kohlenstoff, für Kaltumformungen

**C** steht für Kohlenstoff

**35** - kennzeichnet den Kohlenstoffgehalt ( $35/100 =$  mittlerer C – Gehalt von 0,35%)

## **13 CrMo 4 4**

Niedriglegierter Stahl

Die Zahlen am Ende der Werkstoffbezeichnung niedriglegierter Stähle, kennzeichnen den %-Anteil der Legierungselemente unter Berücksichtigung eines Umrechnungsfaktors.

**Faktor 4** : Cr , Co , Mn , Ni , Si , W

**Faktor 10** : Al , Be , Cu , Mo , Nb , Pb , Ta , Ti , V , Zr

**Faktor 100** : C , N , P , S

**Faktor 1000** : B

**13** - steht für den C – Gehalt ( $13/100 = 0,13\%$  C)

**Cr** – Chrom (Umrechnungsfaktor 4 = 1% Cr)

**Mo** – Molybdän (Umrechnungsfaktor 10 = 0,4% Mo)

## **X10CrMoVNb9-1**

Hochlegierter Stahl

Das X am Anfang der Werkstoffbezeichnung ist die Kennzeichnung für hochlegierte Stähle. (Hochlegierte Stähle sind nicht gleich rostfreie Stähle!)

In diesen Fällen sind die Zahlen am Ende als volle %-Anteile der Legierungselemente zu sehen. Es gibt keine Umrechnungsfaktoren. Die Abkürzungen der Legierungselemente stehen in der Reihenfolge ihrer %-Anteile.

**X** – hochlegiert

**10** – steht für den C – Gehalt ( $10/100 = 0,01\%$  C)

**Cr** – Chrom (kein Umrechnungsfaktor = 9% Cr)

**Mo** – Molybdän (keine Umrechnungsfaktor = 1% Mo)

**V** – Vanadium (keine Zahl = Anteile von V)

**Nb** – Niob (keine Zahl = Anteile von Niob)

## Was sind Edelstähle?

Edelstahl ist eine Bezeichnung für legierte oder unlegierte Stähle mit besonderem Reinheitsgrad, zum Beispiel Stähle, deren Schwefel- und Phosphorgehalt 0,025 % nicht übersteigt.

## Durch was zeichnet sich ein nichtrostender Stahl aus?

Nichtrostender Stahl zeichnet sich durch einen Anteil von mehr als 12% Chrom aus. Durch diesen hohen Chromanteil bildet sich eine schützende und dichte **Passivschicht** an der Werkstoffoberfläche aus. (korrosionsbeständig gegenüber Luftfeuchtigkeit, Wasser und den meisten Säuren und Laugen)

## Durch was zeichnen sich kalt zähe Stähle aus?

Sind bei Temperaturen unter  $-60^{\circ}\text{C}$  noch ausreichend zäh (min. 27J Kerbschlagzähigkeit)  
zb. Behälter, Rohrleitungen

## Durch was zeichnen sich warmfeste Stähle aus?

Sie haben bei Betriebstemperaturen ab ca.  $300^{\circ}\text{C}$  noch eine ausreichende Festigkeit.  
zb. Rohrleitungen für Heizkessel, Wärmekraftwerke...

## Durch was zeichnen sich Duplexstähle aus?

Als Duplexstahl bezeichnet man einen Stahl, der ein zweiphasiges Gefüge aufweist, das aus einer Ferrit Matrix mit Inseln aus Austenit besteht.  
Er besitzt die Festigkeit von Ferrit und die Zähigkeit von Austenit.

## Was sind Nichteisenmetalle?

Als Nichteisenmetalle werden alle Metalle außer dem Eisen bezeichnet sowie Metall-Legierungen, in denen Eisen nicht als Hauptelement enthalten ist bzw. der Anteil an Reineisen 50% nicht übersteigt.

## Wie werden Nichteisenmetalle unterteilt?

Schwermetalle (Dichte  $\geq 5 \text{ kg/dm}^3$ )

zb. Kupfer, Zink, Nickel, Blei

Leichtmetalle (Dichte  $\leq 5 \text{ kg/dm}^3$ )

zb. Aluminium, Magnesium, Titan

(Kupfer + Zinklegierung= Messing)

(Kupfer + Zinn = Bronze)

## Welche Eigenschaften besitzt Kupfer (Cu)?

Dichte:  $8,94 \text{ g/cm}^3$

Schmelzpunkt:  $1080^\circ\text{C}$

Sehr gute Wärme und Stromleitfähigkeit. Wegen seiner fast unbegrenzten Korrosionsbeständigkeit findet Kupfer vielseitige Verwendung: Heizung, Elektrik, Rohre, Dächer...

## Was bedeutet der Begriff Grünspan?

Grünspan wird auf Grund seines Aussehens oft mit der Patina verwechselt. Grünspan kann jedoch wegen seiner Wasserlöslichkeit niemals die schützende Funktion der Schutzschicht übernehmen. Grünspan ist giftig, und entsteht wenn Kupfer mit Essigsäure oder deren Dämpfe in Berührung kommt.

## Was bedeutet der Begriff Patina?

An feuchter Luft bildet sich auf der Oberfläche von Kupfer ein grünlicher Überzug ( Patina) . Diese schützt das darunter liegende Kupfer von weiterer Korrosion.

## Welche Eigenschaften besitzt Zink (Zn) ?

Dichte:  $7,14 \text{ g/cm}^3$

Schmelzpunkt:  $419^\circ\text{C}$

An der Luft bildet Zink eine witterungsbeständige Schutzschicht aus Zinkoxid. Daher verwendet man es oft als Korrosionsschutz. (Verzinken von Metallen)

## Welche Eigenschaften besitzt Nickel (Ni)?

Dichte: 8,9 g/cm<sup>3</sup>

Schmelzpunkt: 1455°C.

Es ist ferromagnetisch und wird meist als Legierungselement (steigert die Härte und Zähigkeit) verwendet oder dient auch als Überzugsmetall als Korrosionsschutz. (Vernickeln)

Es ist hart, duktil und lässt sich ausgezeichnet Polieren.

## Welche Eigenschaft besitzt Blei (Pb)?

Dichte: 11,34 g/cm<sup>3</sup>

Schmelztemperatur: 327 °C

An der Luft wird Blei durch Bildung einer Schicht aus Bleioxid passiviert und damit vor weiterer Oxidation geschützt. Da Blei effektiv Röntgen- und Gammastrahlung aufhalten kann wird es im medizinischen Bereich als Strahlenschutz benutzt.

## Welche Eigenschaften besitzt Aluminium (Al)?

Dichte: 2,7 g/cm<sup>3</sup>

Schmelzpunkt: 660 °C

Aluminium ist ein relativ weiches und zähes Metall.

Das reine Leichtmetall Aluminium hat aufgrund einer sich sehr schnell an der Luft bildenden dünnen Oxidschicht ein stumpfes, silbergraues Aussehen.

Diese undurchdringliche Oxidschicht macht reines Aluminium sehr korrosionsbeständig.

Aluminium ist ein guter elektrischer Leiter.

## Wo wird Aluminium verwendet?

Durch seine geringe Dichte wird Aluminium gern dort verwendet, wo es auf die Masse ankommt z. B. Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt.

## Wie wird Aluminium Wärmebehandelt?

Aluminium kann Lösungsgeglüht werden. ( 500°C – 540°C)

Danach erfolgen das Abschrecken und das Auslagern.

Warmauslagern – ca. 160°C – 180°C / 5-6 h

Kaltauslager – ca. 1 Woche im Freien

## Welche Eigenschaften besitzt Magnesium (Mg)?

Dichte:  $1,74 \text{ g/cm}^3$   
Schmelzpunkt:  $649^\circ\text{C}$

Magnesiumlegierungen werden beim Bau von Automobilen, Schienenfahrzeugen und Flugzeugbau eingesetzt. (Leichtbauweise)

Früher wurde Magnesium als Blitzpulver beim Fotografieren benutzt.

Heute verwendet man es in der Pyrotechnik, in Leuchtsätzen und in Magnesiumfackeln für Taucher. Magnesium ist leicht entzündlich.

## Welche Eigenschaften besitzt Titan (Ti)?

Dichte:  $4,50 \text{ g/cm}^3$   
Schmelzpunkt:  $1668^\circ\text{C}$

Titan bildet an der Luft eine äußerst beständige oxydische Schutzschicht aus, die es in vielen Medien korrosionsbeständig macht. Bemerkenswert ist die hohe Festigkeit bei einer relativ geringen Dichte. Titan wird vor allem als Mikrolegierungsbestandteil für Stahl verwendet. Es verleiht Stahl bereits in geringen Konzentrationen eine hohe Zähigkeit, Festigkeit und Duktilität.

## Was beschreibt den Begriff Chemie?

Die Chemie beschäftigt sich mit den Stoffen und ihrer Zusammensetzung, sowie mit den stofflichen Veränderungen bei chemischen Vorgängen. Bei einer chemischen Reaktion entsteht ein neuer Stoff mit anderen Eigenschaften (z.B. Farbe).

Bsp.: Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser

## Was beschreibt den Begriff Physik?

Die Physik beschäftigt sich mit den Zuständen und Zustandsänderungen der Stoffe ohne Änderung der Zusammensetzung. Im Gegensatz zur chemischen Reaktion, bleiben die Eigenschaften eines Stoffes bei einem physikalischen Vorgang erhalten. Lediglich eine Zustandsänderung tritt ein, z.B. die äußere Form eines Stoffes oder sein Aggregatzustand.

Bsp.: Verformen eines Metalls

## Welchem pH – Wert entspricht eine Säure?

$\text{pH} < 7$  entspricht einer Lösung mit saurer Wirkung

## Welchem pH – Wert entspricht eine Lauge?

$\text{pH} > 7$  entspricht einer alkalischen Lösung (basische Wirkung)



## Oberflächenprüfung und Korrosionsschutz

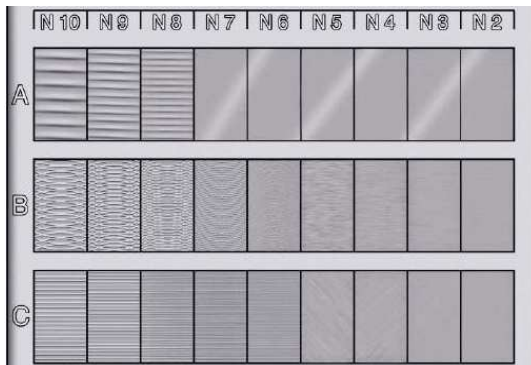
In welcher Einheit werden Rauheitskenngrößen angegeben?

In  $\mu\text{m}$

Zur Ermittlung der Rauhtiefe gibt es einige Messverfahren. Die beiden gängigsten Angaben sind die gemittelte Rauhtiefe ( $R_z$ ) und der Mittenrauhwert ( $R_a$ ). Diese werden bei der Angabe von Oberflächen am häufigsten verwendet.

Wie kann die Oberflächenrauheit ohne Messgerät ermittelt werden?

Durch Oberflächenvergleiche mit dem Fingernagel oder einem Plättchen als Prüfmuster und einem Oberflächenvergleichsmuster.



Rugo Testkörper

Was ist unter dem Begriff „Korrosion“ zu verstehen?

Unter Korrosion versteht man die von der Oberfläche ausgehende Zerstörung metallischer Werkstoffe durch chemische und elektrochemische Reaktionen.

Was passiert beim Zusammentreffen von verschiedenen Metallen?

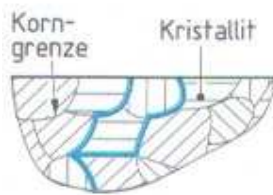
Es wird jeweils das unedlere Metall durch Korrosion zerstört.

Je edler ein Metall, desto weniger leicht reagiert es bzw. desto weniger leicht gibt es Elektronen her. Unedlere Metalle geben leichter Elektronen her.

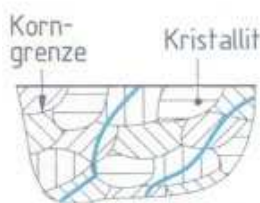
Diese Versuchsreihe nennt man Elektrochemische Spannungsreihe.

Welche 2 Arten von Korrosion gibt es im Gefügebereich?

Interkristalline Korrosion, wenn die Zerstörung entlang der Korngrenzen verläuft



Transkristalline Korrosion, wenn sie durch die Körner verläuft



Welche Arten von Korrosion gibt es?

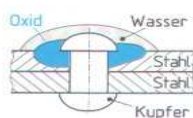
Flächenkorrosion - wird die Oberfläche annähernd gleichmäßig langsam vom Korrosionsangriff abgetragen.



Mulden – Lochkorrosion – ist meist gekennzeichnet durch einen flächigen Korrosionsabtrag mit zusätzlicher Mulden – und Lochbildung.



Kontaktkorrosion – liegt vor, wenn zwei Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen direkt aneinander grenzen und Feuchtigkeit (als Elektrolyt) vorhanden ist. Das unedlere Metall der beiden wird bei diesem Korrosionselement durch Auflösen zerstört. (Prinzip der Elektrochemischen Spannungsreihe)



Spaltkorrosion- tritt auf, wenn durch behinderten Luftzutritt in einem Spalt, unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen im Elektrolyt herrschen.



Spannungsriß und Schwingungsrißkorrosion – entstehen bei Zusammenwirken von elektrochemischem Angriff und starker Zugbelastung eines Bauteils.



Was gibt es für Korrosionsschutzmöglichkeiten?

- Lackieren
- Beschichten
- Vernickeln
- Feuerverzinken
- Pulverbeschichten
- Einölen

## Aufbau des Gefüges

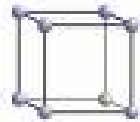
Was ist der Unterschied zwischen amorphen und Kristallinen Körpern?

Amorph bedeutet Gestaltlos, sie weisen keine Wachstumsrichtung auf (zb. Glas, Wachs)

Kristallin bedeutet aus Kristallen bestehend, sie weisen eine Gitterstruktur auf (Eis, Metall, Mineralien, Gestein...)

Welche wichtigen Kristallgitter gibt es?

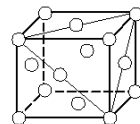
1. Kubisch – primitives Kristallgitter (kp)



2. Kubisch – raumzentriertes Kristallgitter (krz)



3. Kubisch – flächenzentriertes Kristallgitter (kfz)



4. Hexagonales Gitter (hdp)



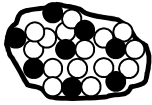
Welches Kristallgitter besitzt Stahl bei unterschiedlicher Temperatur?

Bei 0-911° C besitzt das reine Eisen ein kubisch– raumzentriertes Kristallgitter.

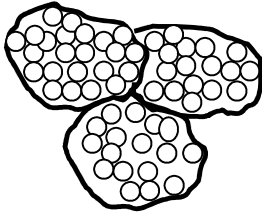
Zwischen 911°C und 1392°C liegt eine kubisch – flächenzentrierte Gitterstruktur vor.

Welche zwei Zusammensetzungen von Kristallen gibt es?

Mischkristall ist ein Kristall, zusammengesetzt aus verschiedenen Atomsorten (Austenit)



Kristallgemisch aus verschiedenen reinen Kristallen (Ferrit Perlit)



Von was sind die Korngrößen abhängig?

Die Korngrößen sind abhängig von der Wärmebehandlung und der Anzahl der Keime in einer Schmelze.

Je mehr Keimbildner sich in der Schmelze befinden, desto feinkörniger wird das Gefüge.

Keimbildner sind Al, Nb, V. Das zu legieren dieser Keimbildner nennt man Impfen der Schmelze.

Eigenschaften eines Feinkörnigen Gefüges?

1. Höhere Festigkeit
2. Bessere Zähigkeit und Verformbarkeit
3. Feinkörnige Werkstoffe haben nach einer Verformung eine bessere Oberfläche

Eigenschaften eines Grobkörnigen Gefüges?

1. geringere Festigkeit
2. geringere Zähigkeit
3. aber bessere Zerspanbarkeit

Welche Gitterbaufehler gibt es?

Punktförmige Gitterbaufehler (Leerstellen, Zwischengitteratome, Einlagerungsatome)

Linienförmige Gitterbaufehler (Stufenversatz, Schraubenversetzung)

Flächenförmige Gitterbaufehler (sind im wesentlichen Korngrenzen,  
Klein und Großwinkelkorngrenzen)

## Wärmebehandlung

### Welche Wärmebehandlungsverfahren gibt es?

- Glühen
- Härten
- Randschichthärten
  - Flammhärten
  - Induktionshärten
  - Tauchhärten
  - Einsatzhärten
  - Nitrierhärten
  - Carbonitrieren
  - Borieren
- Vergüten

### Was ist Glühen?

Glühen besteht aus langsamem Erwärmen, Halten auf Glühtemperatur und langsamem Abkühlen. Mit Glühen können bleibende Gefügeänderungen erreicht werden.

### Welche Glühverfahren gibt es?

- Grobkornglühen (Hochglühen)
- Spannungsarmglühen
- Diffusionsglühen (Homogenisierungsglühen)
- Rekrystallisationsglühen (Zwischenglühen)
- Normalglühen
- Weichglühen
- Lösungsglühen

### Wie funktioniert das Grobkornglühen und wo wird es angewendet?

Erwärmen auf 950°C – 1100°C

Haltezeiten 1h – 4h

langsame Abkühlung (Ofenabkühlung)

Das Grobkornglühen ist ein Glühverfahren, das vorzugsweise der Einstellung einer zerspannungstechnisch günstigen Gefügestruktur dient.

## Wie funktioniert das Spannungsarmglühen?

Erwärmen auf 500°C – 650°C

Haltezeiten 1h – 2h

langsame Abkühlung (Ofenabkühlung)

Das Spannungsarmglühen erfolgt mit dem Zweck, im Werkstück innere Spannungen, durch plastisches fließen des Werkstoffes, abzubauen, die zb. durch Gießen, Walzen, Schmieden und Schweißen entstanden sind.

## Wie funktioniert das Diffusionsglühen?

Erwärmen auf 1050°C – 1300°C

Haltezeiten bis zu 50h

langsames Abkühlen

Es dient dazu, beim Vergießen eingetretene Konzentrationsunterschiede im Gusstück auszugleichen. Es wird meist bei Stahlblöcken angewendet.

## Wie funktioniert das Rekristallisationsglühen?

Erwärmen auf 550°C – 650°C

Haltezeiten über mehrere Stunden

langsames Abkühlen

Es dient zum herstellen eines neuen Gefüges nach Kaltverformung. Die Kaltverfestigung soll wieder aufgehoben werden.

## Wie funktioniert das Normalglühen?

Erwärmen auf 800°C – 920°C

Kurze Haltezeiten

langsames Abkühlen (Ofenabkühlung, Druckluft oder an ruhender Luft)

Es wird angewendet wenn ein ungleichmäßiges oder grobkörniges Gefüge beseitigt werden soll. ( Widmannstäisches Gefüge)

Es kommt zu völliger Kornneubildung, dadurch entsteht ein gleichmäßiges, feinkörniges Gefüge.

## Wie funktioniert das Weichglühen?

Erwärmen auf ca. 700°C (pendeln)  
langes Halten (bis zu 100h)  
langsames Abkühlen

Durch das Weichglühen soll der Stahl eine möglichst geringe Festigkeit und eine geringere Härte bei gleichzeitig hoher Verformbarkeit erhalten.

## Wie funktioniert das Lösungsglühen?

Erwärmen auf 1000°C – 1100°C  
Haltezeiten 0,30h – mehrere Stunden  
schnelle Luftabkühlung (Wasserabschreckung)

Es dient bei austenitischen Werkstoffen auch der Rekristallisation von kaltverformtem Material und führt zum Abbau von Kaltverfestigungen.

## Was wird unter dem Begriff Härten verstanden?

Unter Härten versteht man das Erwärmen auf Härtetemperatur (auch als Austenitisieren bezeichnet) und nachfolgendem Abkühlen mit solcher Geschwindigkeit, dass oberflächlich oder durchgreifend eine erhebliche Härtesteigerung durch Martensitbildung eintritt.

Nur Stähle mit mehr als 0,2% C sind zum Härten geeignet.

## Welche Abschreckmittel werden verwendet?

- Bewegte Luft
- Warmbad – Abschreckbäder
- Öl
- Wasser-Öl Emulsionen
- Wasser

## Wann kommen welche Abschreckmittel zum Einsatz?

Wasser: unlegierte und einige legierte Stähle

Öle: legierte Stahl

Bewegte Luft: hochlegierte Stähle



## Was ist Randschichthärten?

Beim Randschichthärten wird eine dünne Außenschicht des Werkstückes, aus härtbarem Stahl, durch starke Wärmezufuhr rasch erwärmt und durch sofort anschließendes Abschrecken gehärtet. Der Kern soll weich und zäh bleiben.

## Welche Arten von Randschichthärten gibt es?

- Flammhärten
- Induktionshärten
- Tauchhärten
- Einsatzhärten
- Nitrierhärten
- Carbonitrieren
- Borieren

## Wie funktioniert das Flammhärten?

Mit einem Gasbrenner wird die Oberfläche schnell erwärmt und kurz danach mit Wasser abgeschreckt.

Die dadurch entstehenden Spannungen werden durch Anlassen wieder abgebaut.

Jedoch kann keine präzise Einhärttiefe bestimmt werden.

## Wie funktioniert das Induktionshärten?

Das Werkstück wird hier durch eine Wechselstromspule geschoben. Es erwärmt sich dadurch und wird wieder danach mit Wasser abgeschreckt.

Gut einstellbare Einhärttiefe.

## Wie funktioniert das Tauchhärten?

Das Werkstück wird in ein Metallbad mit hoher Temperatur getaucht, danach wird wieder abgeschreckt.

Es entsteht jedoch eine ungleichmäßige Härte.

## Wie funktioniert das Einsatzhärten?

Die Randschicht eines kohlenstoffarmen Werkstückes wird mit C angereichert. (Aufkohlen)

Das Werkstück wird mehrere Stunden bei 880°C – 980°C in einem Ofen mit kohlenstoffabgebenden Einsatzmitteln geglüht. Gute Bestimmbarkeit der Einhärttiefe.

## Wie funktioniert das Nitrierhärten?

Die Randschicht wird mit Stickstoff angereichert und dadurch extrem hart.

(bis zu 1200HV)

Das Anreichern mit Stickstoff erfolgt durch Glühen der Werkstücke in stickstoffabgebenden Salzbädern (560°C – 580°C) oder in Ammoniak- durchströmten Nitrieröfen.

Gute Bestimmbarkeit der Einhärttiefe.

## Wie funktioniert das Carbonitrieren?

Carbonitrieren ist eine Kombination von Einsatzhärten und Nitrierhärten.

In einem Gasaufkohlungsöfen wird aufgekühlt und gleichzeitig nitriert.

## Wie funktioniert das Borieren?

Die Randschicht wird mit Bor angereichert und wird noch härter als beim Nitrieren.

Die Werkstücke werden auf Temperaturen zwischen 800°C – 1050°C erwärmt. Nach einer Haltedauer von 1h – 12h wird langsam abgekühlt.

Borieren ist bei hohen Betriebstemperaturen ideal.

## Was ist Vergüten?

Vergüten ist Härten mit anschließendem Anlassen.

Es ist das Ziel ein Werkstück mit hoher Festigkeit und gleichzeitig große Zähigkeit zu erhalten.

## Wie wird Vergütet?

Erwärmen auf Härtetemperatur, halten und Abschrecken, anschließend Anlassen mit höherer Anlasstemperatur als beim Härten. (500 – 700°C)

Je nach Abschreckmittel nach dem Härten, spricht man von Wasser- Öl – oder Luftvergüten.

## Werkstoffprüfung

### Welche Aufgaben hat die Werkstoffprüfung?

1. Ermittlung der Werkstoffkennwerte
2. Fehler im Werkstück rechtzeitig festlegen
3. Gütekontrolle und Abnahme
4. Werkstoffweiterentwicklung (Gütesteigerung)

### Welche einfachen Werkstoffprüfungen werden angewendet?

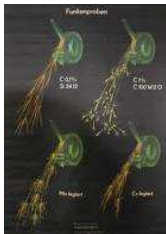
- Funkenprobe
- Feilenprobe
- Klangprobe
- Magnetprobe

### Wozu dient die Funkenprobe?

Bei der Funkenprobe wird das zu prüfende Werkstück in einem abgedunkelten Raum gegen eine rotierende Schleifscheibe gedrückt.

Durch Vergleichen mit Vergleichsmaterialien kann aus der Farbe und Form des Funkenbildes auf die Art und Zusammensetzung des Werkstoffes geschlossen werden.

Vor allem hohe Kohlenstoffanteile erzeugen einen hellen, blitzenden Funkenregen.



### Was wird mit der Feilenprobe festgestellt?

Mit der Feilenprobe kann herausgefunden werden, ob ein Werkstoff hart oder weich ist.

Rutscht die Feile bei Feilversuch über das Werkstück, ist es mit Sicherheit ein harter Werkstoff.

### Was kann mit der Magnetprobe festgestellt werden?

Ob Stähle magnetisch oder antimagnetisch sind. Der Überwiegende Teil der rostfreien Stähle sind antimagnetisch. (austenitischer Stahl)

## Welche Labormäßigen Prüfverfahren werden angewendet?

### Mechanische technologische Prüfungen (zerstörende Prüfungen)

- Zugversuch
- Druckversuch
- Scherversuch
- Dauerschwingversuch
- Tiefungsversuch
- Torsionsversuch
- Biegeversuch
- Faltversuch
- Kerbschlagbiegeversuch
- Härteprüfung

### Zerstörungsfreie Prüfungen

- Visuelle Prüfung (VT)
- Magnetpulverprüfung (MT)
- Farbeindringprüfung (PT)
- Ultraschallprüfung (UT)
- Durchstrahlungsprüfung (RT)
- Wirbelstromprüfung (ET)

### Metallographische Untersuchung

- Makroskopische Untersuchung
- Mikroskopische Untersuchung

### Physikalisch Technologische Prüfungen

- Dichtebestimmung
- Spektralanalyse
- Elektrische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Magnetische Eigenschaften
- Einhärtbarkeit
- Untersuchungen an Ölen
- Ermittlung der Schmelz und Umwandlungspunkte

### Chemisch Technologische Prüfungen

- Chemische Analyse
- Korrosionsverhalten

## Was bedeuten die folgenden Begriffe?

Festigkeit:	Widerstand gegen Deformation und zerstören
Zähigkeit:	Widerstand eines Werkstoffes gegen Rissausbreitung oder Bruch
Elastizität:	Fähigkeit, bei Entlastung die Verformung wieder aufzuheben
Plastizität:	das Formänderungsvermögen von Festkörpern
Härte:	Widerstand gegen das Eindringen eines anderen Körpers

## Der Zugversuch

### Wozu dient der Zugversuch?

Der Zugversuch dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens bei einachsiger, gleichmäßig verteilter Zugbeanspruchung.

### Nach welcher europäischen Norm werden Zugversuche durchgeführt?

EN ISO 6892-1 für Raumtemperatur

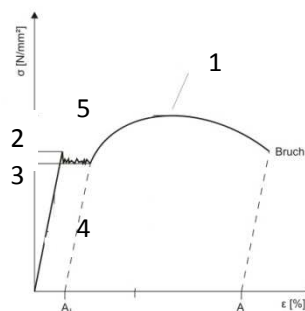
EN ISO 6892-2 erhöhte Temperatur

### Nenne die wichtigsten Kennwerte des Zugversuches?

Zugfestigkeit	R <sub>m</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )
Streckgrenze	R <sub>e</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )
0,2% Grenze	R <sub>p0,2</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )
Bruchdehnung	A	(%)
Brucheinschnürung	Z	(%)

### Welche Bereiche sind mit folgenden Begriffen gemeint?

1. Zugfestigkeit (R<sub>m</sub>)
2. Obere Streckgrenze (R<sub>eh</sub>)
3. Untere Streckgrenze (R<sub>el</sub>)
4. Hooksche Gerade
5. Fließbereich



## Was passiert im Elastischen Bereich?

Im ersten steilen Teil des Diagramms steigt die Spannung proportional der Dehnung.

Man nennt diese Gerade „Hooksche Gerade“.

Bei Entlastung würde keine bleibende Verformung bleiben.

## Was passiert im Plastischen Bereich?

Die Spannung nimmt infolge Kaltverfestigung wieder zu.

Sie steigt solange an, bis sich die Probe einzuschnüren beginnt.

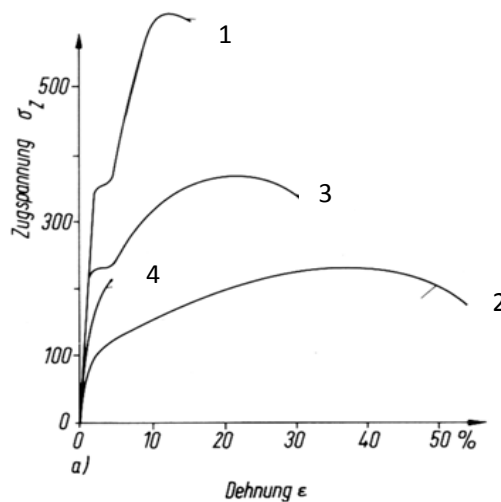
## Was beschreibt die $R_p 0,2$ ?

Für Werkstoffe ohne ausgeprägte Streckgrenze wird eine Ersatzstreckgrenze definiert.

Das ist jene Spannung, bei der eine bleibende Dehnung von 0,2% auftritt.

## Welche Spannungsdehnungskurve ergeben folgende Werkstoffe?

1. Vergüteter Stahl
2. Kupfer
3. Weicher Stahl
4. Gusseisen



## Welche zwei Arten von Zugproben gibt es?



Rundproben



Flachproben

Bei welchen Temperaturen werden Zugversuche durchgeführt?

Von 20°C – 900°C

Was versteht man unter dem E – Modul?

Die Proportionalitätskonstante nennt man Elastizitätsmodul E oder kurz E-Modul:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

Überschreitet man die o.g. Grenzlast, die sogenannte Elastizitätsgrenze, so bleibt beim Wegnehmen der mechanischen Spannung eine bleibende Dehnung zurück – das Material hat sich plastisch verformt.

Was beschreibt die Zugfestigkeit  $R_m$  und wie kann sie berechnet werden?

Die Zugfestigkeit beschreibt die auf den Ausgangsquerschnitt bezogene Höchstkraft.

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

$R_m$  = Zugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>

$F_m$  = größte gemessene Kraft in N

$S_0$  = Anfangsquerschnitt der Probe in mm<sup>2</sup>

Was beschreibt die Bruchdehnung  $A$  und wie kann sie berechnet werden?

Bleibende Dehnung der Zugprobe nach erfolgtem Bruch.

$$A = \frac{L_U - L_0}{S_0} \times 100\%$$

$A$  = Dehnung in %

$L_U$  = Länge der Probe nach dem Bruch in mm

$L_0$  = Anfangsmesslänge der Probe vor dem Bruch in mm

Was beschreibt die Brucheinschnürung  $Z$  und wie kann sie berechnet werden?

Auf den Ausgangsquerschnitt bezogene Querschnittsänderung nach Bruch.

$$Z = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \times 100\%$$

$Z$  = Brucheinschnürung in %

$S_0$  = Anfangsquerschnitt der Probe in mm<sup>2</sup>

$S_U$  = Bruchquerschnitt der Probe nach dem Bruch in mm<sup>2</sup>

Welche 3 wesentlichen Bruchverhalten gibt es?



Trennbruch – tritt bei Werkstoffen ohne Gleitebenen auf  
(Gusseisen und gehärteter Stahl)



Mischbruch – bei den meisten Stählen. Der „Kraterrand“  
wird meist auf beide Bruchstücke verteilt



Verformungsbruch - bei Werkstoffen mit vielen Gleitmöglichkeiten (Alu)

## Der Kerbschlagbiegeversuch

Was wird beim Kerbschlagbiegeversuch bestimmt?

Der Kerbschlagbiegeversuch dient zur Bestimmung der Zähigkeit eines Werkstoffes.  
Er kann bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden. (20°C - -196°C)

Nach welcher europäischen Norm werden Kerbschlagbiegeversuche durchgeführt?

EN ISO 148

Was versteht man unter Kerbschlagzähigkeit?

Die Kerbschlagzähigkeit ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffes gegen eine schlagende Beanspruchung.

Die Einheit ist die geleistete Kerbschlagarbeit bezogen auf die Bruchfläche in J/cm<sup>2</sup>.

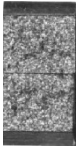
Die Zähigkeit ist abhängig von der Temperatur und der Probenform.

Welche zwei Probenformen unterscheidet man?

Bei der Probe unterscheidet man zwischen der ISO V – und U Kerbe und der DVM Probe.  
Die Länge, Breite und Höhe ist genormt.



Welche zwei Brucharten unterscheidet man?

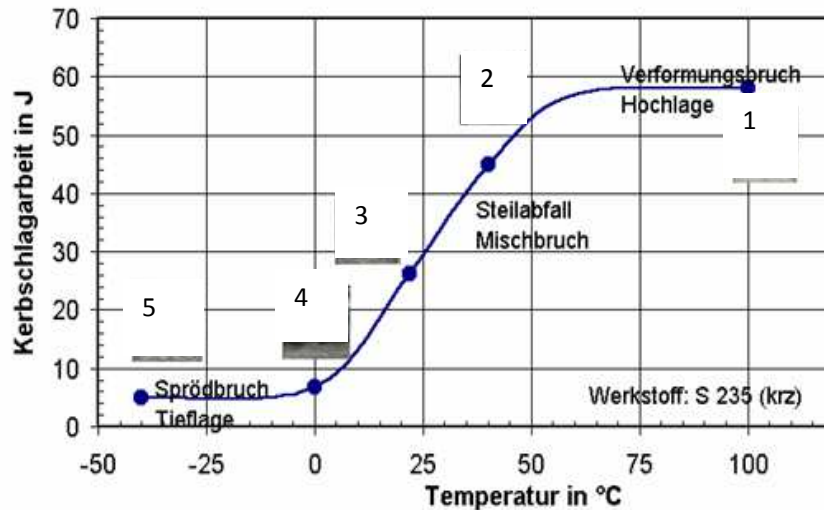


Trennbruch: Die Bruchfläche ist eben und zeigt glatte Ränder.  
Das ist ein Zeichen für Sprödbbruch. (Kristallines Bruchaussehen)



Verformungsbruch: Die Bruchfläche ist zerklüftet, an den Rändern sind Stauch – und Zugscheinungen festzustellen.

Welche Punkte zeigen die Nachfolgenden Bruchflächen?



Darstellung der Kerbschlagarbeit in Abhängigkeit von der Temperatur für einen kubisch raumzentrierten Werkstoff

Wozu dient der Druckversuch?

Der Druckversuch hat bei der Prüfung Metallischer Werkstoffe weniger Bedeutung als der Zugversuch.

Bei der Untersuchung von Gusswerkstoffen allerdings schon. Gusseisen ist auf Druck gut beanspruchbar. Bei Druck wird der Graphit zusammengepresst und wirkt wie ein Schwingungsdämpfer.

Wozu dient der Scherversuch?

Am häufigsten findet der Scherversuch Anwendung bei Nietwerkstoffen und Schraubverbindungen.

## Wozu dient der Dauerschwingversuch?

Unterhalb der Dauerfestigkeit kann ein Bauteil prinzipiell beliebig viele Schwingspiele ertragen. Belastungen oberhalb der Dauerfestigkeit bewirken ein Versagen des Bauteils nach einer bestimmten Zahl an Schwingspielen.

Die Zahl der ertragenen Schwingspiele eines Bauteils unter Betriebsbelastung bis zum Ausfall kann im Rahmen statistischer Genauigkeit mit Hilfe der Wöhlerlinie vorausgesagt werden.

## Wozu dient der Tiefungsversuch?

Der Tiefungsversuch ist ein Prüfverfahren in der Metallverarbeitung und dient zur Bestimmung der Tiefziehfähigkeit von Blechen.

## Wozu dient der Torsionsversuch?

Methode zur Bestimmung des Verhaltens von Materialien, die Drehbelastungen ausgesetzt sind. Die Daten aus dem Torsionsversuch dienen zur Erstellung eines Spannungs-Dehnungsdiagramms.

## Wozu dient der Biegeversuch?

Findet seine Anwendung eigentlich nur bei spröden Werkstoffen (Guss), da beim Zugversuch die spröden Werkstoffe sehr empfindlich gegen Außermittige Belastung reagieren und oft schon vorzeitig brechen.

Der Biegeversuch ermöglicht eine Aussage über das Formänderungsvermögen eines Werkstoffes.

## Wozu dient der Faltversuch?

Der Faltversuch wird an Blechen durchgeführt. Er weist die Umformbarkeit eines Werkstoffes bei Raumtemperatur im Zustand der Lieferung oder nach dem Glühen nach.

## Härteprüfung

Was wird als Härte bezeichnet?

Härte ist der Widerstand des Gefüges gegen das Eindringen eines härteren Prüfkörpers.

Von was ist die Härte eines Körpers abhängig?

Die Härte ist abhängig vom Aufbau des Gitters, von der Wärmebehandlung, der Kaltverformung und der Art der Bindungskräfte.

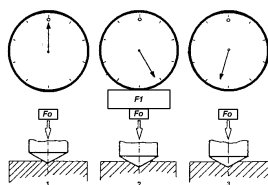
Welche 3 Hauptprüfverfahren gibt es?

- Rockwell nach DIN EN ISO 6508-1
- Brinell nach DIN EN ISO 6506-1
- Vickers nach DIN EN ISO 6507-1

## Prüfung nach Rockwell

Wie funktioniert das Rockwellverfahren?

Bei diesem Verfahren wird die Härte direkt über die Eindringtiefe des Eindringkörpers ermittelt. Die Eindringtiefe und der Härtewert können direkt an der Härteprüfmaschine abgelesen werden.



Welche Eindringkörper werden bei dieser Prüfung verwendet?

HRC = Diamantkegel mit einem Spitzenwinkel von  $120^\circ$

HRB = Gehärtete Stahlkugel ( $d=1,5\text{mm}$ )

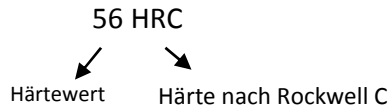
Wie setzt sich die Prüfkraft bei der Rockwellprüfung zusammen?

Prüfvorkraft + Prüfüzusatzkraft = Prüfgesamtkraft

Für welche Werkstoffe wird die Rockwellprüfung angewendet?

Für harte Werkstoffe (gehärtete Stähle, Hartmetalle)

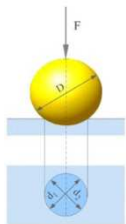
Was bedeutet die folgende Bezeichnung?



## Brinellprüfung

Wie funktioniert das Brinellverfahren?

Bei diesem Verfahren wird eine Hartmetallkugel mit dem Durchmesser D mit einer Prüfkraft F senkrecht in die ebene, metallisch blanke Oberfläche eingedrückt. Nach Entlasten wird der entstandene Eindruckdurchmesser ausgemessen und die Brinellhärte errechnet. (bzw. aus der Tabelle abgelesen)



Welche genormten Durchmesser der Hartmetallkugel gibt es?

1mm – 2,5mm – 5mm – 10mm

Welche Werkstoffe können mit der Brinellprüfung geprüft werden?

Mit der Brinellprüfung können nur weiche bis mittelharte Werkstoffe geprüft werden.

Wie lautet die Formel zur Berechnung des Härtewertes?

$$HBW = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Was bedeutet die folgende Bezeichnung?

350 HBW 2,5/187,5

350 Härtewert

HB Härte Brinell

W Wolframcarbide (Hartmetall)

2,5 Kugeldurchmesser in mm

187,5 Belastung in kp

Wie lange beträgt die Eindringdauer?

Die Eindringdauer sollte 10s nicht unter- und 15s nicht überschreiten.

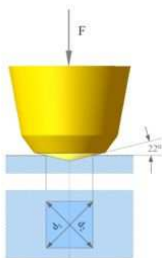
Wie lautet die Umrechnungsformel auf die Zugfestigkeit?

Bei unlegiertem Stahl kann aus dem Brinellhärtewert **annähernd** die Zugfestigkeit berechnet werden.  **$R_m = 3,5 \times HB$**

## Prüfung nach Vickers

Wie funktioniert die Härteprüfung nach Vickers?

Bei der Härteprüfung nach Vickers wird die Spitze einer vierseitigen Pyramide aus Diamant (Spitzenwinkel  $136^\circ$ ) in die Probe eingedrückt und die Diagonalen des entstandenen Pyramideneindrucks gemessen.



Welche Werkstoffe können mit Vickers geprüft werden?

Mit der Vickersprüfung können sowohl harte als auch weiche Werkstücke geprüft werden. Maßgebend ist die jeweilige Prüfkraft die angewendet wird.

Wie lange beträgt die Eindringdauer?

Die Eindringdauer sollte 10s nicht unter- und 15s nicht überschreiten.

Welche 2 Unterschiede der Vickershärteprüfung gibt es?

Härteprüfung im Makro – und Mikrobereich

Welche Prüfkräfte werden im Makrobereich angewendet?

HV5	49,03N	
HV10	98,07N	
HV20	196,1N	
HV30	294,2N	1kg = 9,81N ~10N
HV50	490,3N	
HV100	980,7N	

Wann wird die Mikrohärtprüfung nach Vickers eingesetzt?

Soll der Prüfkörpereindruck möglichst klein sein, dann verwendet man Kleinlast-Härteprüfgeräte. Die Prüfkräfte betragen bei der Kleinlasthärteprüfung 2N bis 50N (HV0, 2 – HV5) und ergeben Eindrücke die mit einem Mikroskop ausgemessen werden.

Die Kleinlasthärteprüfung wird zur Prüfung dünner Härteschichten oder zur Prüfung der Wärmeeinflusszone in einer Schweißnaht angewendet.

Was ist die Härteprüfung nach Knoop?

Sie wird ähnlich der Vickersprüfung durchgeführt und dient zur Prüfung sprödharter Werkstoffe zb. von Keramiken. Der Prüfkörper ist eine rhombische Diamantpyramide.

## Visuelle Prüfung

### Welchem Zweck dient die Visuelle Prüfung?

Sie umfasst Auffindungen und Beurteilungen von Qualitätsmerkmalen eines Produktes mit dem menschlichen Auge.

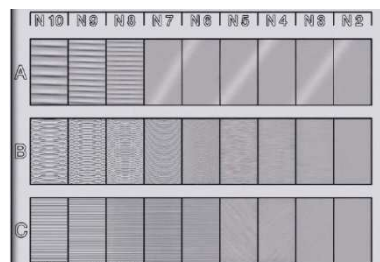
### Welche zwei Arten der Sichtprüfung werden unterschieden?

Direkte Sichtprüfung – mit nicht unterbrochenem Strahlengang zwischen Auge des Prüfers und der Prüffläche. Diese Prüfung kann mit Hilfsmitteln zb. Spiegel, Endoskop oder Linse durchgeführt werden.

Indirekte Sichtprüfung- mit unterbrochenem Strahlengang zwischen dem Auge des Prüfers und der Prüffläche. Die indirekte Prüfung umfasst die Anwendung von Foto – und Videotechnik.

### Welche Hilfsmittel können noch verwendet werden?

Insbesondere in der Prüfung von unbearbeiteten Gussoberflächen und mechanisch bearbeiteten Oberflächen ist es üblich, den Prüfgegenstand mit standardisierten Mustern zu vergleichen.



Rungo Testkörper

### Wo werden diese zwei Prüfungen jeweils eingesetzt?

Direkte Sichtprüfung:

Giessereiwesen  
Walzbetrieben  
Schmiedebetriebe  
Rohrwerken

Indirekte Sichtprüfung:

Dient zur Rekonstruierbarkeit bei Schadensfällen (Reklamationen, Gutachten)  
Innenrevision von Rohren

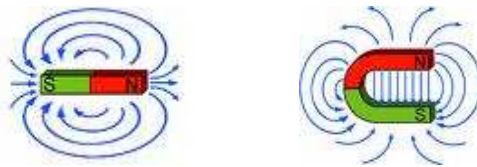
## Magnetpulverprüfung

Welchem Zweck dient die Magnetpulverprüfung?

Die Magnetpulverprüfung (MT) dient zum Nachweis von Fehlstellen an der Oberfläche oder nah der Oberfläche, in magnetischen Materialien.

Welche zwei Formen von Magneten unterscheidet man?

Man unterscheidet den Stabmagneten und den Jochmagneten.



Was versteht man unter einem Permanentmagnet?

Ein Permanentmagnet ist ein Magnet aus einem Stück eines magnetisierbaren Materials, welches sein statisches Magnetfeld behält, ohne dass man einen elektrischen Stromfluß benötigt.

Nachteile - Sie verlieren Anteile ihrer Magnetisierungskraft beim Gebrauch und durch Umwelteinflüsse. Die Größe ihrer Magnetisierungskraft lässt sich nicht für jeden Anwendungsfall einstellen deshalb werden bei der Magnetpulverprüfung meist nur Elektromagnete eingesetzt.

Was wird als Feldlinien bezeichnet?

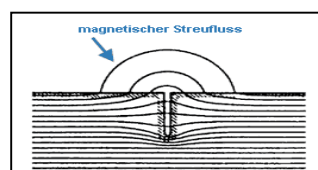
Mit dem Begriff Feldlinien werden die Richtung und die Größe der Kraftwirkung beschrieben.

Was versteht man unter dem Begriff Permeabilität?

Die Permeabilität ist eine Verhältniszahl, die angibt, um wie viel Mal ein Werkstoff Feldlinien in seinem inneren stärker konzentrieren kann als Luft.

Was versteht man unter dem Magnetischen Streufluss?

Den über der Fehlstelle austretenden Fluss, bezeichnet man auch als Streufluss.





## Warum kommt es zu diesem Streufluss?

Da Luft nicht in der Lage ist, Feldlinien zu konzentrieren, streben die Feldlinien am Riss, einen größeren Abstand voneinander zu bekommen. Dies führt dazu, dass Feldlinien am Riss bogenartig über die Prüffläche austreten.

## Welche 2 Stromarten werden bei der Magnetpulverprüfung verwendet?

Es werden Gleichstrom und Wechselstrom verwendet.

## Wo liegt der Unterschied dieser zwei Arten?

Gleichstrom hat im Vergleich zu Wechselstrom eine größere Tiefenwirkung.

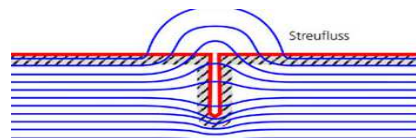
Mit Gleichstrom können daher auch Materialtrennungen nachgewiesen werden, die keine Verbindung zur Oberfläche haben.

Bei komplizierten Geometrien rufen sie Geometrieanzeigen hervor und sie bereiten Endmagnetisierungsprobleme.

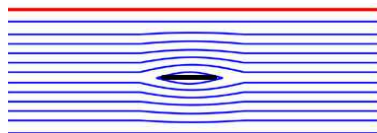
Wechselstrom wirkt in einer dünnen Oberflächenschicht (sogenannten Skin Effekt) von ca. 2mm gleichmäßig auf der Prüffläche und passen sich der Geometrie des Prüfgegenstandes an. Es ist keine Endmagnetisierung erforderlich.

## Wie werden Fehler am besten gefunden?

Ein Fehler wird am besten gefunden, wenn er in einem Winkel von  $90^\circ$  zu den Feldlinien verläuft.



Je kleiner der Winkel wird, desto weniger Streufluss wird erzeugt. Verläuft der Fehler in Richtung der Feldlinien ist er nicht mehr auffindbar.



## Welche zwei Verfahren der Magnetpulverprüfung unterscheidet man?

Das Farbkontrastprüfung auch Schwarz- weiß Prüfung genannt.

Es wird bei Tageslicht durchgeführt. Als Kontrast wird ein weißes Pulver aufgetragen, und anschließend mit einem schwarzen Magnetpulver geprüft. Dieses Verfahren wird meist auf Baustellen zur Schweißnahtprüfung angewendet.

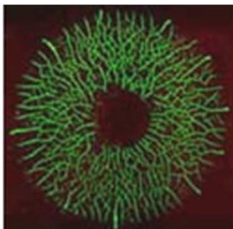
Die Fluoreszierende Magnetpulverprüfung wird in einem abgedunkelten Raum (Restlicht max. 20lx) durchgeführt. Hierbei wird ein Magnetpulver verwendet, dessen Eisenteilchen mit einer Fluoreszenz ummantelt sind, und dadurch unter dem Ultravioletten – Licht sichtbar wird. Dieses Verfahren ist empfindlicher in der Auffindung von Materialtrennungen.

## Welche Gegenstände zeigen die nachfolgenden Bilder?



### **Berthold**

zur Feststellung der Fehlererkennbarkeit mit ihm lässt sich die Richtung der Magnetisierung nachweisen.



### **MTU Nr. 3**

zur Überprüfung der Anzeigeempfindlichkeit des Prüfmittels. Beim Einsatz von Magnetpulversuspensionen ist es von größter Wichtigkeit, die Anzeigefähigkeit des Prüfmittels. ständig zu kontrollieren.



### **ASTM-Birne**

zur Kontrolle der Rissprüfflüssigkeit. Bei in Öl oder Wasser suspendieren Magnetpulvern lässt sich mit Hilfe der ASTM-Birne der genaue Pulveranteil bestimmen. Bei richtiger Konzentration muss nach einer 30-minütigen Absetzzeit eine vorgeschriebene Anzahl von Teilstrichen erreicht werden.

## Farbeindringprüfung

Welchem Zweck dient die Farbeindringprüfung?

Die Farbeindringprüfung (PT) dient zum Nachweis von Fehlstellen an der Oberfläche. Die Fehler müssen zur Oberfläche hin offen sein, damit das Mittel eindringen kann.

Welche zwei Arten der Eindringprüfung gibt es?

Farbeindringmittel - haben meist eine rote intensive Farbe um einen guten Kontrast zu erzeugen. Sie werden bei Tageslicht eingesetzt

Fluoreszierende Eindringmittel – haben die Eigenschaft unsichtbare ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht zu verwandeln.

Welche Werkstoffe können mit diesem Verfahren geprüft werden?

Mit diesem Verfahren kann jedes beliebige Material geprüft werden.

Nach welchem Prinzip funktioniert die Prüfung?

Aufgrund der Kapillarwirkung.

Kapillareffekt ist das Verhalten von Flüssigkeiten, das sie bei Kontakt mit Kapillaren, z. B. engen Röhren, Spalten oder Hohlräumen, in Feststoffen zeigen.

Beispiel: Taucht man ein Glasröhrchen senkrecht in Wasser, steigt das Wasser in der engen Glasröhre ein Stück gegen die Gravitationskraft nach oben. Diese Effekte werden durch die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten hervorgerufen.

In welchen 3 Arbeitsschritten wird die Prüfung durchgeführt?

Vorreinigung

Auftragen des Eindringmittels

Zwischenreinigung

Auftragen des Entwicklers

Inspektion

Endreinigung

## Wie erfolgt die Vorreinigung?

Es gibt zwei verschiedene Arten der Vorreinigung.

Mechanische Vorbereitung: Bürsten, Schmirgeln, Beschleifen, spanabhebende Bearbeitung, Sandstrahlen;

Physikalisch – chemische Vorbereitung: Reiniger (Lösemittel) oder Detergentien (chemisch wirksame wässrige Lösungen)

## Wie kann das Eindringmittel aufgetragen werden?

Tauchen, Übergießen, Pinseln oder Sprühen

## Wie lange beträgt die Eindringdauer des Mittels?

Die Eindringdauer ist abhängig von den zu prüfenden Materialien, der verwendeten Mittel und der Temperatur.

Richtwerte sind 15 – 20 min

Die genauen Zeiten können von den Sprühflaschen abgelesen werden.

## Was ist bei der Zwischenreinigung zu beachten?

Anschließend wird das Eindringmittel mit Wasser abgewaschen.

Die direkte Anwendung von Lösungsmitteln ist verboten.

Das Lösungsmittel könnten sich mit dem Eindringmittel verdünne.

## Welche Aufgabe hat der Entwickler?

Der Entwickler wird nach der Zwischenreinigung auf die Trockene Prüfstelle durch sprühen aufgetragen.

Er hat die Aufgabe das Eindringmittel aus der Fehlstelle herauszuziehen. (Löschblatteffekt)

Das austreten der Farbe wird als ausbluten bezeichnet.

## Wie lange beträgt die Entwicklungszeit?

Die Entwicklungszeit ist wiederum abhängig von den zu prüfenden Materialien, der verwendeten Mittel und der Temperatur.

Richtwerte sind Eindringzeit = -Entwicklungszeit

## Ab wann beginnt die Entwicklungszeit?

Die Entwicklungszeit beginnt erst, nachdem der Entwickler abgetrocknet ist.

## Wie erfolgt die Inspektion?

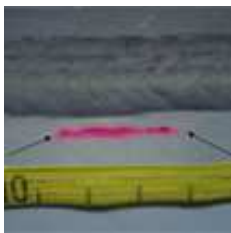
Die Prüffläche ist während der ganzen Entwicklungszeit zu beobachten.  
Anschließend sind Anzeigen auszumessen und zu dokumentieren.

## Welche zwei Arten von Anzeigen werden unterschieden?

Es werden nicht relevante Anzeigen und relevante Anzeigen unterschieden.

Nicht relevante Anzeigen sind: Form und Geometrieanzeigen, ungenügende Zwischenreinigung

Relevante Anzeigen sind: Flächenhafte (Risse) oder Volumenhafte (Poren)



## Wofür wird dieser Kontrollkörper eingesetzt?



**Kontrollkörper 2**  
dient zur Überwachung und Kontrolle  
des Prüfprozesses.

## Wie wird die Endreinigung durchgeführt?

Nach der Beurteilung und Dokumentation der Anzeigen ist eine Endreinigung durchzuführen.  
Diese kann mit Wasser, Lösungsmitteln oder durch erneutes Sandstrahlen erfolgen.

## Wie dürfen die Produkte verwendet werden?

Das Prüfmittelsystem muss vom gleichen Hersteller und aufeinander abgestimmt sein. Es dürfen  
keine verschiedenen Produkte gemischt werden.

Reiniger + Farbeindringmittel + Entwickler

## Ultraschallprüfung

### Was ist Ultraschall?

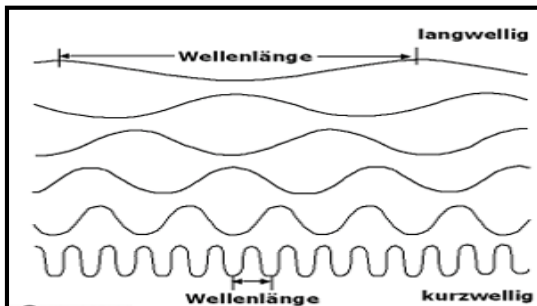
Ultraschall ist ein Schall bzw. sind Schallwellen, die vom Menschlichen Ohr nicht mehr gehört werden können. Seine Frequenzen sind höher als 20 kHz. In der Prüftechnischen Anwendung liegen die Frequenzen zwischen 0,5 – 15 MHz/s.

### Was bedeutet Frequenz?

Die Frequenz beschreibt die Häufigkeit eines sich regelmäßig wiederholenden Vorgangs. Anzahl der Schwingung pro Zeiteinheit. Lange Wellen besitzen niedrige Frequenz, kurze Wellen eine hohe.

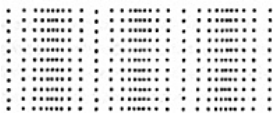
### Was versteht man unter dem Begriff Wellenlänge?

Als Wellenlänge, Symbol  $\lambda$  (griechisch: Lambda), wird der kleinste Abstand zweier Punkte gleicher Phase einer Welle bezeichnet.



### Welche zwei Wellenarten werden im Wesentlichen unterschieden?

Eine Longitudinalwelle (L) – auch Längswelle genannt – ist eine Welle, die in Ausbreitungsrichtung schwingt.



Eine Transversalwelle (T) – auch Quer-, Schub- oder Scherwelle genannt – ist eine Welle bei der eine Schwingung senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung erfolgt.



## Was versteht man unter der Schallgeschwindigkeit?

Die Schallgeschwindigkeit  $c$  ist die Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in einem beliebigen Medium ausbreiten.

Die Einheit der Schallgeschwindigkeit ist Meter pro Sekunde (m/s).

## Welche Schallgeschwindigkeiten besitzen die folgenden Werkstoffe?

Stahl: L = 5920 m/s T = 3255 m/s

Aluminium: L = 6300 m/s T = 3080 m/s

## Wann wird die Longitudinalwelle und wann die Transversalwelle verwendet?

Senkrechteinschallung mit Longitudinalwellen

Schrägeinschallung mit Transversalwellen

## Wie werden Ultraschallwellen erzeugt?

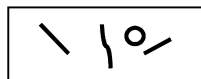
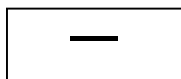
Grundlage für eine Praktische Erzeugung von Ultraschall ist der piezoelektrische Effekt. Ein Kristall (Schwinger) wird elektrisch angesteuert und dadurch in Schwingung versetzt.

## Welchem Zweck dient die Ultraschallprüfung?

Mit der Ultraschallprüfung werden Fehler im Inneren des Materials gefunden.

Lunker, Fremdeinschlüsse, Doppelungen, Risse und Poren...

Es wird im Wesentlichen unterschieden zwischen Doppelungsartige Fehler (in der Werkstoffmitte) und Fehler die Längs – oder Quer im Bauteil liegen.



## Auf welchem Prinzip beruht die UT-Prüfung?

Die Prüfung beruht auf dem Prinzip der Laufzeitmessung. Es wird die Zeit gemessen, vom Schallaustritt bis zu seiner Rückkehr. Anhand der gemessenen Zeitdifferenz wird ein Bild elektronisch erzeugt und auf einem Monitor sichtbar gemacht.

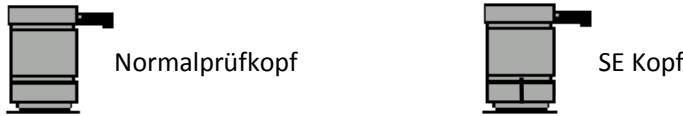
## Warum werden Koppelmittel benötigt?

Da Luft Ultraschall nicht leiten kann wird ein Koppelmittel benötigt.

Dies kann sein: Wasser, Kleister, Öl, Koppelpaste...

Welche 3 Arten von Prüfköpfen werden verwendet?

Der Normalprüfkopf arbeitet mit senkrechter Einschallung und erzeugt Longitudinalwelle.  
 Der SE Prüfkopf arbeitet mit senkrechter Einschallung, er kann gleichzeitig Senden und Empfangen. Er erzeugt Longitudinalwellen.

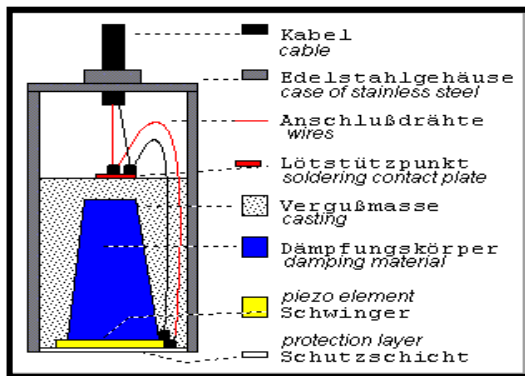


Winkelprüfköpfe arbeiten mit Transversalwellen mit Winkeleinschallung (45° - 60° - 70°)

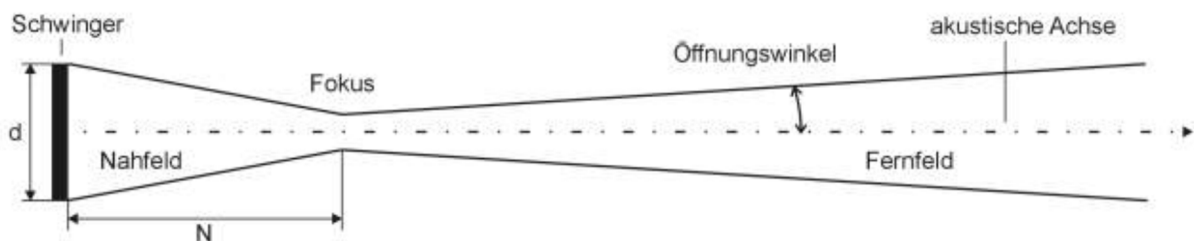


Wie sind UT Prüfköpfe aufgebaut?

Aufbau eines Normalprüfkopfes:



Wie ist das Schallfeld eines Normalprüfkopfes aufgebaut?



Was wird unter dem Begriff Nahfeld verstanden?

Der Bereich unmittelbar unter dem Schwinger der im Prüfkopf sitzt, wird als Nahfeld bezeichnet. Dieser Bereich des Schallfeldes ist derjenige in dem der Schall am stärksten gebündelt wird. Eine Aussagekräftige Prüfung ist daher im Nahfeld nicht möglich.



Was wird unter dem Begriff Fernfeld verstanden?

Ab dem Nahfeld öffnet sich das Schallbündel scheinwerferartig. Diesen Bereich nennt man Fernfeld. In diesem Bereich können Fehler ermittelt und ausgewertet werden.

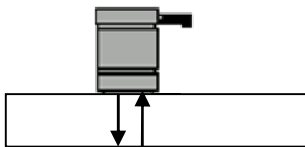
Wo können die Daten der Prüfköpfe entnommen werden?

Die Daten werden Prüfkopfbezogen von den Herstellern ermittelt.

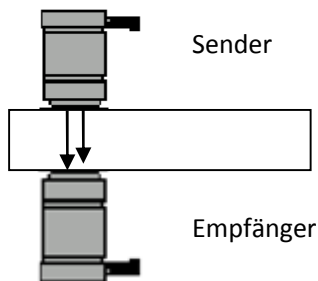
Diese Prüfkopfdatenblätter werden von den Herstellern beim Kauf eines Prüfkopfes mitgeliefert und dürfen nur für diesen Kopf verwendet werden.

Welche zwei UT – Prüfungen unterscheidet man?

Das Impuls – Echo Verfahren: Man Arbeitet mit nur einem Prüfkopf, der gleichzeitig als Sender und Empfänger dient.



Das Durchschallungsverfahren: Man Arbeitet mit einem Sender und einem Empfängerkopf.



Welche Justierkörper können verwendet werden?

Für die verschiedenen Prüfaufgaben gibt es eine Vielzahl von Justierkörpern mit den unterschiedlichsten Justierreflektoren. Die Justierkörper kann man in folgende Gruppen einteilen:

Prüfgegenstand

Vergleichskörper (zb. Testrohre mit Künstlichen Fehlern)

Kalibrierkörper (K1 und K2)

## Durchstrahlungsprüfung

## Welchem Zweck dient die Durchstrahlungsprüfung?

Mit diesem Verfahren können Fehler im Materialinneren sichtbar gemacht werden. Es wird hauptsächlich in der Schweißtechnik eingesetzt.

## Welche 2 Arten von Strahlen werden unterschieden?

- Röntgenstrahlung
- Gammastrahlung

Röntgen und Gammastrahlen gehören genau wie Licht – und Radiowellen zum Spektrum der Elektromagnetischen Wellen. Sie breiten sich alle mit Lichtgeschwindigkeit aus.

## Wie unterscheiden sich diese 2 Arten von Strahlen?

Röntgenstrahlen werden in einer Röntgenröhre künstlich erzeugt, durch starke Beschleunigung geladener Teilchen, die auf ein Metall auftreffen und gebremst werden.

Gammastrahlen sind natürliche Strahlen. Sie kommen in Form von sogenannten Isotopen vor.

## Welche Isotope werden verwendet?

- Iridium
- Kobalt
- Cäsium

## Welche Vor – und Nachteile besitzen Isotope?

Die Radioaktiven Strahlenquellen benötigen keinen elektrischen Strom, was ein besonderer Vorteil auf Baustellen ist.

Das Durchstrahlungsvermögen einiger Isotope ist größer als die der Röntgenstrahlen. (für dickwandige Materialien)

Ein Nachteil ist die Abnahme des Kontrastes, die aufgrund der härteren Strahlung gegenüber Röntgenstrahlen auftritt. (schlechtere Filmqualität)

Die Strahlung von radioaktiven Präparaten kann nicht abgestellt werden und ist nicht regulierbar wie zb bei Röntgenstrahlen.

## Was versteht man unter dem Begriff „Halbwertszeit“?

Gammastrahlen sind natürliche Strahlen, daher erfolgt deren Zerfall nach Gesetzmäßigkeiten.

Man versteht unter der Halbwertszeit eines radioaktiven Elementes, die Zeit, in der die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Atome zerfallen sind.

Diese kann rechnerisch ermittelt werden und ist bei jedem Einsatz zur Bestimmung der Belichtungszeit zu ermitteln.

Durch welches Prinzip werden Fehler auf einem Röntgenfilm sichtbar gemacht?

Die Strahlen erleiden beim Durchgang durch Materialien eine Schwächung. Wenn ein Werkstück Fehler wie Risse, Poren, Lunker oder Einschlüsse aufweist, wird die Strahlung weniger geschwächt, das bedeutet eine stärkere Schwärzung des Filmes.



Riss in der Wärmeeinflusszone einer Schweißnaht.

In welchen 3 Stufen werden Röntgenfilme entwickelt?

Entwicklung: Im Entwickler wird das Bild für das menschliche Auge sichtbar.

Stop – Bad: Hier wird die Entwicklung des Filmes gestoppt.

Fixieren: Das Bild wird fixiert, der Film anschließend getrocknet.

Welche Sicherheitsvorkehrungen müssen getroffen werden?

Röntgenstrahlen sind deshalb so gefährlich, weil sie nicht sichtbar sind.

Es müssen immer Personen mit einer Strahlenschutz Ausbildung anwesend sein.

Bei einem Strahlenunfall ist sofort die zuständige Behörde zu informieren.

Die Umgebung muss mit Warnschildern abgesperrt werden.



Es müssen sogenannte Dosimeter eingesetzt werden. Mit ihnen kann man feststellen, wie hoch die Strahlung ist, der man ausgesetzt ist.

## Wirbelstromprüfung

### Welchem Zweck dient die Wirbelstromprüfung?

Die Wirbelstromprüfung kann eingesetzt werden zur:

- Fehlerprüfung auf Poren und Risse
- Leitfähigkeitsmessung
- Messung des Ferritgehaltes
- Schichtdickenmessung
- Waddickenmessung

### Welche Vorteile hat dieses Verfahren?

- berührungslos
- sehr empfindlich für kleinste Risse in wenigen  $\mu\text{m}$  Tiefe
- Verbrauchsmittel frei
- sehr gut dokumentierbar
- schnell (meist in Automatisierten Anlagen zur Rohrprüfung eingesetzt)
- es können alle Werkstoffe die elektrischen Strom leiten geprüft werden

### Nach welchem Prinzip funktioniert diese Prüfung?

Es werden mittels Spulen Wirbelströme im Material erzeugt. Je nach elektromagnetischen Eigenschaften oder Oberflächenbeschaffenheit ändern sich diese Ströme.

Die Wirbelstromsonden nehmen diese Veränderung in Form elektrischer Signale so auf, dass sie in der nachgeschalteten Elektronik ausgewertet werden können.

Bei der Wirbelstromprüfung wird der Effekt ausgenutzt, dass die meisten Fehler in einem elektrisch leitfähigen Material auch eine andere elektrische Leitfähigkeit als das eigentliche Material aufweisen.

### Welche Spulenarten werden bei dieser Prüfung verwendet?

- Durchlaufspule
- Innenspule
- Tastspule
- Gabelspule

## Metallographie

### Was ist der Unterschied zwischen Metallurgie und Metallographie?

Metallurgie (gleichbedeutend Hüttenwesen) bezeichnet die Gesamtheit der Verfahren zur Gewinnung und Nutzung von Metallen.

Die Metallographie ist die Lehre vom Gefügebau der Metalle. Aufgabe der Metallographie ist die qualitative und quantitative Beschreibung des Gefüges metallischer Werkstoffe mit Hilfe mikroskopischer Verfahren.

### Was ist der Unterschied zwischen Makro – und Mikroskopie?

Makroskopie bedeutet bloßes Erkennen mit dem Auge oder max.10facher Vergrößerung (Lupe)

Mikroskopie wird eingesetzt, um Strukturen, deren Größe unterhalb des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges liegt, zu untersuchen.  
(Vergrößerungen: 50x – 1000x)

### Wie erfolgt die Makroskopische Untersuchung?

Die Proben müssen bei der Makroskopischen Untersuchung meist nicht eingebettet werden, da sich ihre Größe gut zum Schleifen eignet.

Es wird nur auf Körnung 600 geschliffen, und anschließend angeätzt.

Die Proben können mit einem geeigneten Klarlack haltbar gemacht werden. (meist Schweißnähte)

### Wie werden Proben für die Mikroskopische Untersuchungen hergestellt?

1. Probenentnahme
2. Kennzeichnung
3. Einbetten
4. Schleifen und Polieren
5. Mikroskopische Betrachtung im ungeätzten Zustand
6. Ätzen
7. Mikroskopische Betrachtung und Beurteilung des Gefüges im geätzten Zustand
8. Konservierung der Probe
9. Dokumentation

## Was ist bei der Probenentnahme zu beachten?

Bei der Probenentnahme ist darauf zu achten das keine Wärmeinwirkung eintritt, die das Gefüge verändern könnte und das keine Verformung des Prüfstückes stattfindet.

## Wie können Proben gekennzeichnet werden?

Es ist wichtig, dass jede Probe direkt nach der Entnahme gekennzeichnet wird, um Verwechslungen zu vermeiden. Dies kann mit wasserfesten Stiften, Graviergeräten oder durch Hartstempelungen erfolgen.

## Welchem Zweck dient das Einbetten von Proben?

Bei kleineren Proben ist es sinnvoll diese in Kunststoff einzubetten, da die Bearbeitbarkeit erleichtert wird.

## Welche 2 Arten der Einbettung werden unterscheidet?

### 1. Kalteinbettung

Diese Einbettung wird meist für gehärtete Stähle oder NE – Metalle (Alu) verwendet, da beim Warmeinbetten eine Gefügeveränderung auftreten kann.

Es werden 2 Komponenten verwendet die im kalten Zustand aushärten.

### 2. Warmeinbettung

Diese Einbettung erfolgt in einer Einbettpresse unter hohem Druck und Temperatur.

Es werden Kunststoffgranulate in unterschiedlichen Farben verwendet.

## Welche Vor – und Nachteile haben diese 2 Verfahren?

Bei der Kalteinbettung können mehrere Proben gleichzeitig bearbeitet werden.

Es treten keine Gefügeveränderungen auf.

Bei dieser Form des Einbettens bleibt jedoch zwischen Einbettmittel und Probe ein Spalt. Dieser kann später störend bei der Betrachtung der Randzonen wirken.

Bei der Warmeinbettung wird auf Grund des hohen Druckes die Spaltbildung verringert.

Nicht für alle Metalle geeignet.

## In welchen Stufen erfolgt das Schleifen?

Das Nassschleifen kann zb. in 4 Stufen erfolgen:

Körnung 180, 320, 600, 1200.

Es kann auch mit einer Diamantscheibe bei 38  $\mu\text{m}$  begonnen werden.

## Wie erfolgt das anschließende Polieren?

Meist wird in 3 Schritten Poliert:

6 $\mu\text{m}$ , 3 $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$

## Was kann bei der Untersuchung am Schliff vor der Ätzung bestimmt werden?

Man kann den Reinheitsgrad nach EN 10247 bestimmen.

Es sind auch Poren Risse, Sulfide, und Oxide im ungeätzten Zustand besser bestimmbar.

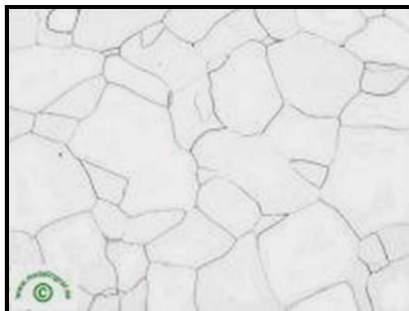
## Welche 3 Ätzmittel werden am häufigsten verwendet?

**3% Salpetersäure**, oft auch als Nital bezeichnet kann für unlegierte und legierte Stähle verwendet werden. Die Ätzdauer beträgt nur wenige Sec. bei Raumtemperatur.

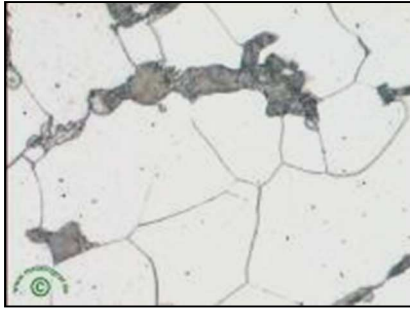
**V2A Beize** wird zur Ätzung von hochlegierten – und nichtrostenden Stählen verwendet. Die Ätzdauer ist abhängig vom Material und wird meist bei 50° - 70°C durchgeführt.

**Farbätzmittel Klemm I**, für un – und niedriglegierte Stähle. Die Farbätzung nach Klemm färbt Ferrit, je nach Kornorientierung, blau bis braun. Karbide und Zementit werden nicht gefärbt und bleiben weiß. Ätzdauer 1 -2 min. bei Raumtemperatur.

## Welche Gefüge zeigen die folgenden Bilder?



rein Ferritisches Gefüge, Kohlenstoff von < 0,01 %. (auch als Weicheisen bezeichnet)



Ferrit (weiß) – Perlit (schwarz) mit 0,10% C- Gehalt



Stahl mit ca. 0,40 % Kohlenstoff  
Gefüge besteht zu ca. 50 % aus Ferrit und zu 50 % aus Perlit

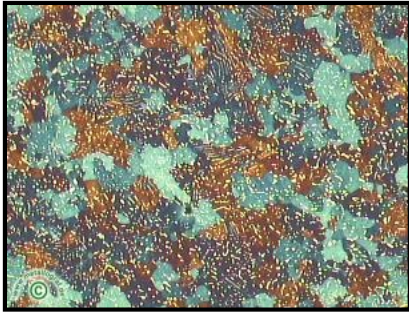


Stahl mit ca. 0,80 % Kohlenstoff. Gefüge aus Lamellarem Perlit und Sorbit (feinlamellarer Perlit).  
Aufgrund des relativ hohen Kohlenstoffgehaltes ist kein Ferrit vorhanden.

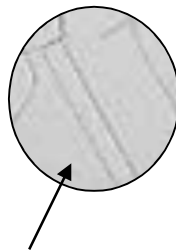


Weichglühgefüge

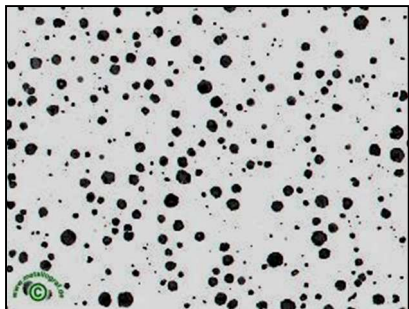




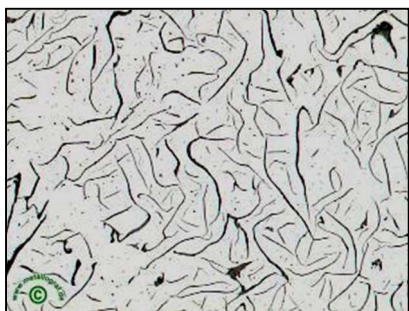
Weichglühgefüge nach Farbätzung (Klemm I) weiße Punkte, sind Eingeformte Karbide



Austenit  
(Typisches Zeichen für Austenit- Zwillingsbalken)



Kugelgraphitguss



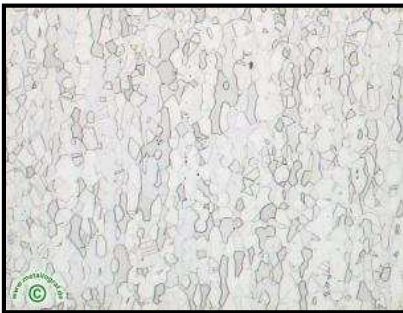
Lamellengraphitguss



Vergütungsgefüge



Martensitgefüge



Ferritisch-austenitisches Gefüge (Duplex)  
mit ca. 50 % Ferrit , 50 % Austenit, Lösungsgeglüht

## Wo können Proben konserviert werden?

Die Proben werden in sogenannten Exsikkatoren gelagert.

Bei einem Exsikkator handelt es sich um ein meist aus Glas gefertigtes dickwandiges Gefäß das mit Silicagel gefüllt ist. Dieses Gel hat die Aufgabe die Feuchtigkeit zu binden und die Proben vor Korrosion zu schützen.

Die Proben können auch mit einem bestimmten Klarlack überzogen werden.

## Kunststoffe

### Was sind Kunststoffe?

Kunststoffe sind synthetisch erzeugte, organische Werkstoffe. Sie werden aus Rohstoffen, wie zb. Erdöl oder Erdgas, durch chemische Umwandlung (Synthese) hergestellt.

### Welche Kunststoffarten gibt es?

- Thermoplaste
- Duroplaste
- Elastomere

### Welche Eigenschaften besitzen Thermoplaste?

Thermoplaste sind warm umformbar und schweißbar.

Die meisten der heute verwendeten Kunststoffe fallen unter diese Gruppe Für einfache Konsumwaren, Verpackungen etc. werden sie ebenso häufig eingesetzt, wie für technische Teile in der Automobil- und Elektroindustrie

### Welche Eigenschaften besitzen Duroplaste?

Duroplaste sind nicht umformbar und nicht schweißbar.

Wegen ihrer mechanischen und chemischen Beständigkeit auch bei erhöhten Temperaturen werden sie häufig für Elektroinstallationen verwendet.

### Welche Eigenschaften besitzen Elastomere?

Elastomere sind Gummi elastisch sowie nicht warm umformbar und nicht schweißbar.

Die Elastomere sind weitmaschig vernetzt und daher flexibel. Sie werden beim Erwärmen nicht weich und sind in den meisten Lösemitteln nicht löslich. Daher werden sie für Hygieneartikel oder Chemikalienhandschuhe verwendet. Die Gummimischung von Autoreifen ist ebenfalls ein Elastomer.