

Werkstofftechnik I

Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Christ

Vorlesung

Institut für Werkstofftechnik der Universität Siegen

Wintersemester 2017/2018

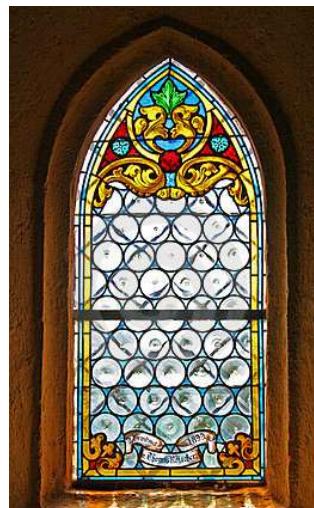
Agenda

- Einleitung
 - Werkstoffe in der Geschichte
 - Werkstoffe im Stoffkreislauf
 - Beanspruchungsgerechte Werkstoffauswahl
- Werkstoffprüfung
- Metallographie
- Aufbau von Werkstoffen
- Mechanische Eigenschaften
- Aufbau mehrphasiger Werkstoffe
- Grundlagen der Wärmebehandlung

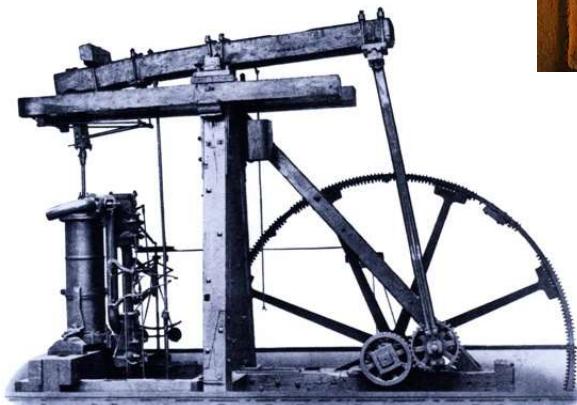
Definition und Konsequenz



Speerspitze aus Feuerstein
ca. 40.000 v. Chr.



Butzenglasfenster
ca. 14. Jahrhundert



Dampfmaschine
1769

Definition:

Ein Werkstoff ist ein fester Stoff, der zur Realisierung einer technischen Idee dient (zur Herstellung eines technischen Produktes).

→ Schlüsselfunktion in der Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in ein technisch nutzbares Produkt, d.h. letztlich in Lebensqualität

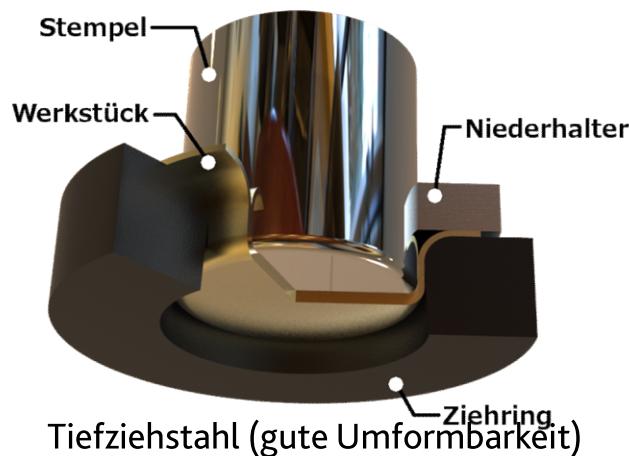
Konsequenz:

Wichtige gesellschaftliche Entwicklungen wurden durch die Verfügbarkeit neuer Werkstoffe maßgeblich beeinflusst und z.T. hervorgerufen.

Heutiger Stand



Panzerstahl (hohe Härte)



- Ein Werkstoff kann auf bestimmte Funktionen spezifisch ausgerichtet (maßgeschneidert) werden.

Nicht nur *Konstruieren mit Werkstoffen*, sondern auch *Konstruieren am Werkstoff*

Voraussetzung:

- Kenntnis des Zusammenhangs von Werkstoffaufbau und den Vorgängen im Werkstoff einerseits und den Werkstoff-eigenschaften andererseits

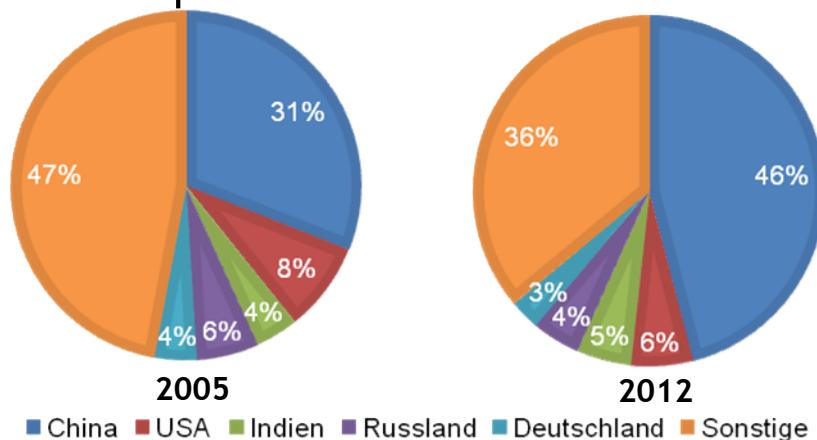
Mikroskopische
Eigenschaften

Makroskopische
Eigenschaften

Weltproduktion verschiedener Werkstoffe

Werkstoff	Produktion in Mio. t	Jahr
Beton/Zement	2800	2007
Rohstahl	1606	2013
Holz	1300	2005
Kunststoff	288	2012
Aluminium	37	2009
Kupfer	16	2009
Zink	11	2008
Blei	4	2009

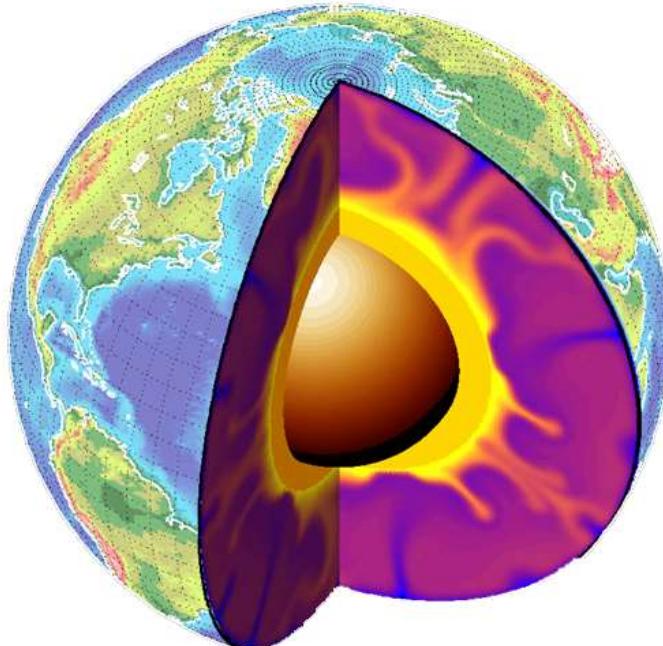
Rohstahlproduktion nach Ländern:



- Von 1945 bis 1973 erfolgte ein kräftiger Anstieg, ab 1973 nur noch ein leichter Anstieg, da
 - gesteigertes Bewusstsein der Notwendigkeit Rohstoffe sparsam einzusetzen
 - Marktsättigung
 - technischer Fortschritt, mit weniger mehr zu erreichen
 - Recycling (z.B. 46% bei Eisen, 51% bei Blei und 80% bei Kupfer)
- Zur Zeit starker erneuter Anstieg durch Industrialisierung von China und Indien.

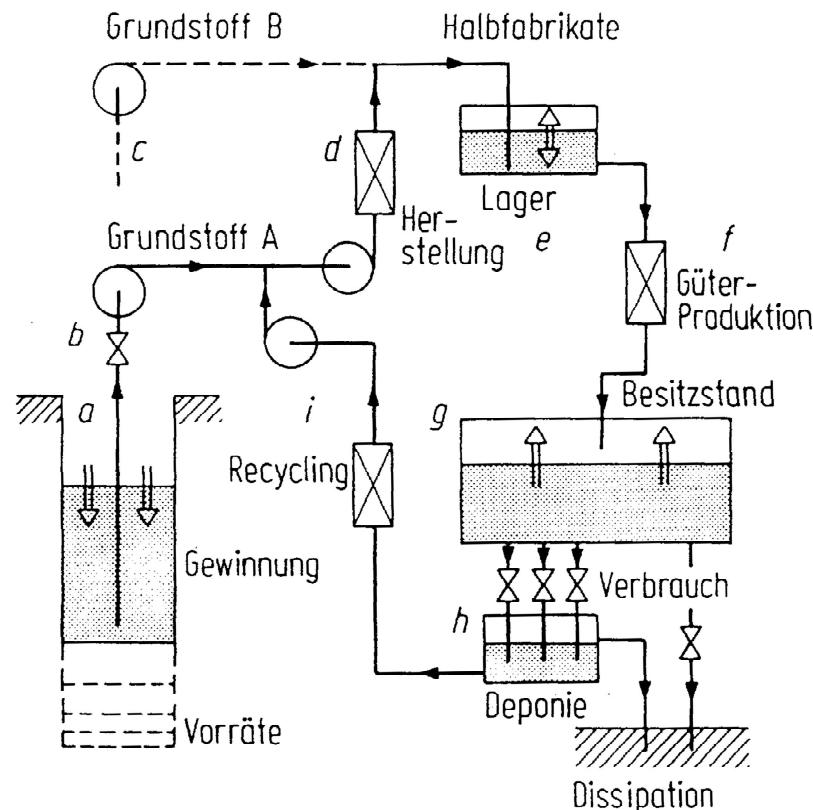
Vorrat in der Erdkruste

- Noch nehmen die bekannten Vorräte, z.B. durch geologische Prospektion und verbesserte Technologien, stärker zu, als sie durch den Abbau verbraucht werden!



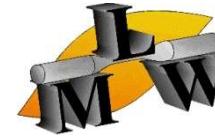
Element	Mas.%	Mt (bis 3,5km)	Mas.% Anreicherung
Si	28	5×10^{12}	-
Al	8	12×10^{11}	25
Fe	4,6	7×10^{11}	25
Ti	0,5	7×10^{10}	10
C	0,2	2×10^{10}	35
Ni	0,006	9×10^8	1,5

Flussschema für Werkstoffe



- "Brunnen" zunehmender Tiefe
- "Pumpe" durch attraktive Kosten/Preis-Relation
- Substitutionswerkstoff bei zu hohem Preis
- aus Grundstoff (z.B. Rohglas, Granulat, Flüssigmetall) wird Halbfabrikat (Blech, Rohr, Stäbe)
- Lager als "Puffer"
- Produktion von Gütern mit kurzer, mittlerer oder langer Lebensdauer
- Besitzstand: materielles Vermögen
- Regelung der Ventile durch
 - gesellschaftliche Kräfte
 - technischen Sachverstand
- Recycling

Energieverbrauch zur Erzeugung von Werkstoffen



Werkstoff	Energie in MWh/t
Titan	40*
Kunststoffe	20-30
Kupfer	20
Aluminium	16*
Stahl	13
Beton/Zement	0,5

*als elektrische Energie

- Welche Anforderung werden an den Werkstoff gestellt?
 - Analyse des Belastungs- bzw. Beanspruchungsprofils
 - Anforderungsprofil
- Wie wird ein anforderungsgerechter Werkstoff ausgewählt?
 - Eigenschaft - Werkstoffprüfung
 - Werkstoffauswahl
- Durch solche Maßnahmen ergibt sich ein Eigenschaftsprofil, welches idealerweise mit dem Anforderungsprofil vollständig übereinstimmt.

- Ein Werkstoff lässt sich den Beanspruchungsbedingungen anpassen
- Dies ist z.B. bei Metallen großtechnisch möglich durch:
 - Legierungstechnische Maßnahmen
(Das Periodensystem enthält 80 Metalle, die Kombination aus 40 Metallen ergibt 10^{23} Möglichkeiten)
 - Wärmebehandlung
 - Kalt- oder Warmverformung
 - Kombinierte Behandlungsverfahren
- Beispiel: Eisen (rein) hat eine Festigkeit von 10 N/mm^2 , durch Legieren mit Kohlenstoff (und geeigneter Wärmebehandlung) erreicht man Werte von 2000 N/mm^2 .

Lösung für komplexes Anforderungsprofil

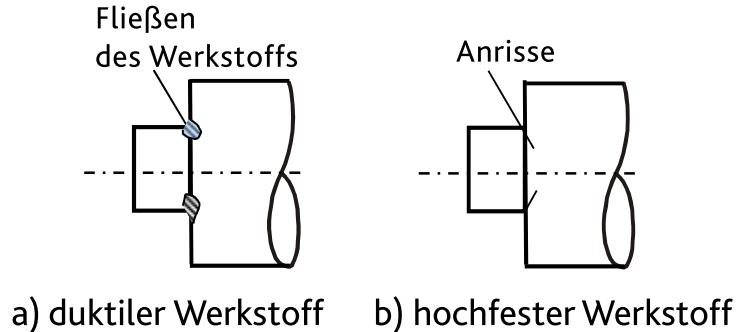


Beispiel: Auslassventil eines PKW-Motors. Schaft aus Vergütungsstahl und Teller aus Hochtemperaturlegierung (verbunden durch Reibschweißen)

- Oft ist das Anforderungsprofil so vielfältig, dass es von einem homogenen Werkstoff nicht erfüllt werden kann
- Lösungen können dann gefunden werden durch:
 - Oberflächenbehandlung (höhere Verschleiß- und/oder Korrosionsbeständigkeit der Oberfläche)
 - Werkstoffverbunde

Vorsicht: Komplexität des Anforderungsprofils

Beispiel: Vergrößerung des Übertragungs-
drehmoments einer Welle

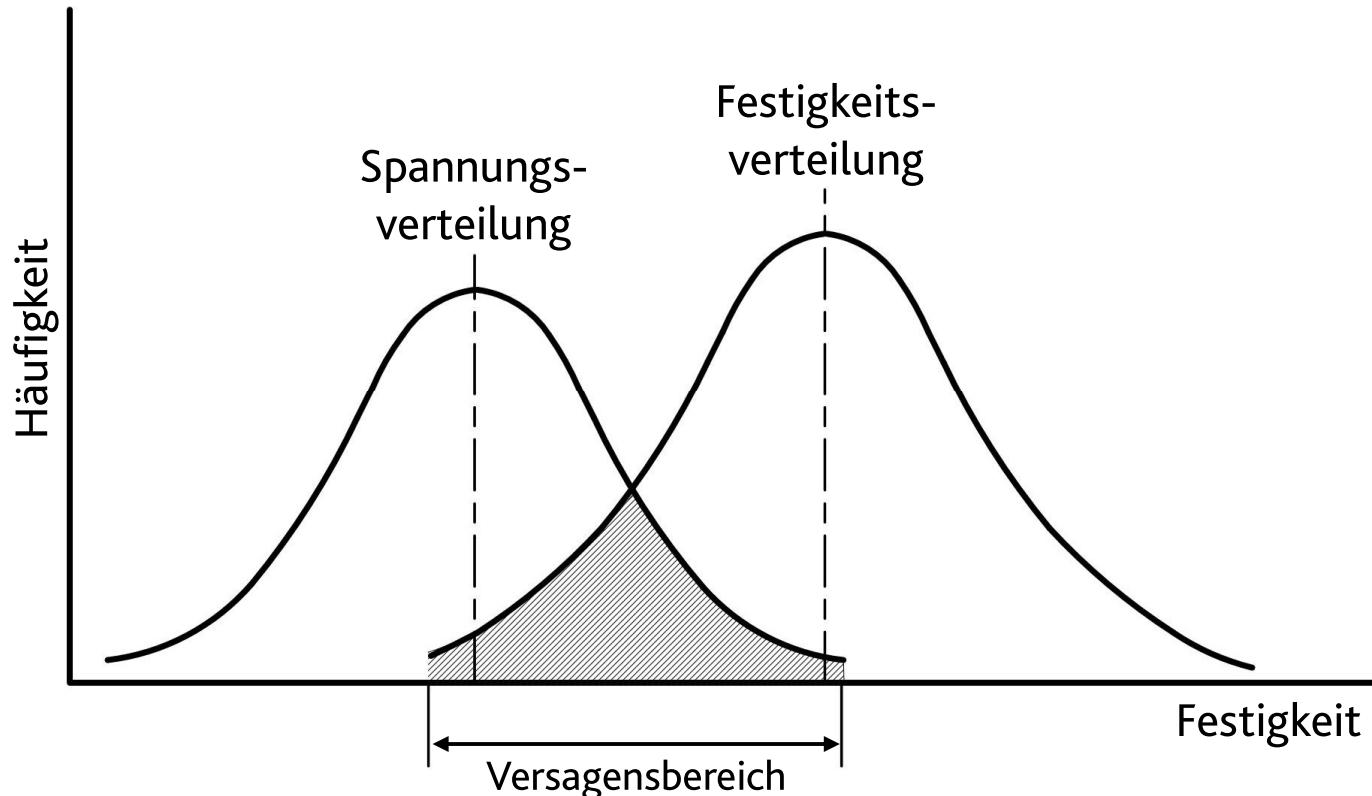


Kurbelwelle für Verbrennungsmotoren: Reibungs- und
Verschleißreduzierung → höhere Beschleunigung

- Verwendung eines Werkstoffes mit höherer Festigkeit zur Vermeidung von Veränderungen in der Konstruktion kann aufgrund der höheren Kerbempfindlichkeit zu Rissen und zum Bauteilversagen führen!

- Neben den Gebrauchseigenschaften sind immer auch
 - die fertigungstechnischen Eigenschaften,
 - die wirtschaftlichen Eigenschaften und
 - die Recyclingfähigkeit entscheidend.

Grundsätzliches Problem



- Schwankung in der Betriebsweise führt zu Streuung der Beanspruchung
- Jeder technische Werkstoff besitzt eine Streuung der Festigkeitswerte
- Konsequenz: Überschneidung der Streubereiche kann zum Versagen führen!