1.2.2 Eigenschaften und Gefüge

- Wir schauen uns nochmals die Eigenschaftsliste etwas genauer an, die schon in Kapitel 1.1 erwähnt wurde. Die dort angesprochenen mechanischen Eigenschaften kann man noch etwas genauer fassen, z.B. mit den Stichworten:
  - *Elastizität*; bei einem Schwert zum Beispiel beschreiben wir damit wie weit es sich biegen läßt ohne zu brechen oder sich zu "verbiegen".
  - *Druckfestigkeit*; d.h. bei welchem Druck "passiert was" - in der Regel Verformung oder Bruch.
  - *Zugfestigkeit*; ; d.h. bei welchem Zug "passiert was" Das ist nicht dasselbe wie Druckfestigkeit; Beton, z.B., hat keine große Zugfestigkeit, wohl aber eine hohe Druckfestigkeit.
  - *Biegefestigkeit* - irgendwie mit der "Elastizität" gekoppelt
  - *Kriechfestigkeit*; d.h. der Grad an l a n g s a m e r Verformung bei konstanter Last. Schrauben an Billigfahrrädern, z.B., sind nicht sehr kriechfest; sie werden l a n g s a m länger. Nach einiger Zeit sind sie lose, *ohne* daß die Mutter sich gedreht hat.
  - *Duktilität* , d.h. die "Schmiedbarkeit" oder plastische Verformbarkeit. Glas hat praktisch keine Duktilität, Weicheisen oder Camembert eine hohe.
  - *Bruchfestigkeit*. Einerseits ist intuitiv klar was gemeint ist, anderseits wird es schwer sein, eine saubere quantitative Definition zu finden.
  - *Verschleißfestigkeit*, d.h. Materialabtrag beim Gebrauch durch "Reibung".
  - *Wechselverformungsfestigkeit*; d.h. das Vermögen wechselnder Belastung, z.B. Vibrationen, zu widerstehen.
  - *Ermüdungsfestigkeit*; d.h. die Fähigkeit, der berüchtigten Materialermüdung, die häufig in den Zeitungen erwähnt wird, widerstehen zu können. Das hat auch was mit der Wechselverformungsfestigkeit und Kriechfestigkeit zu tun.
- Alle diese und noch viel mehr mechanische Eigenschaften kann man für *ein* gegebenes Material messen und darüberhinaus noch als Funktion der Temperatur anschauen. Trotzdem hat man damit ein Material in Bezug auf seine mechanischen Egenschaften noch lange nicht vollständig charakterisiert. Warum das so ist, überlegen wir uns mal am Beispiel eines Schmieds; wer die Oper **"Siegfried"** von Richard **Wagner** kennt, denkt an das Schmieden von Siegfrieds Schwert.
  - Siegfried *schmilzt* das Metall (richtiger: die Legierung) und *gießt* es dann in die Schwertform. *Das stimmt aber gar nicht! Trotzdem tun wir mal so - heute ginge es.*
  - Für einen Chemiker ist die Sache damit gelaufen. Das Material des Schwerts ist eindeutig gegeben; bei Wagner (dort wird es "Stahl" genannt, ein Begriff den Siegfried eher nicht kannte) wäre es viel Eisen mit ein bißchen absichtlich zugemischtem Kohlenstoff und noch ein ganz klein wenig (unabsichtlich) von diesem und jenem, d.h. von Verunreinigungen.
  - Die mechanischen Eigenschaften des frisch gegossenen Schwertes (nach dem Abkühlen) sind meßbar und definiert. Siegfried weiß aber (auf Grund der weitergegebenen Erfahrung der Schmiede), daß es zum Drachentöten so nicht taugt - es würde beim ersten Hieb zerspringen da es ziemlich spröde ist.
  - Also macht er das, was jeder Schmied tut: Er paßt auf, daß das frisch gegossene Schwert nicht zu schnell und nicht zu langsam abkühlt, dann macht er es wieder heiß, klopft mit dem Hammer darauf rum, hält es zischend ins kalte Wasser (oder Öl?), klopft noch ein bißchen drauf rum, macht es vielleicht nochmal heiß, usw. Kurz gesagt: er schmiedet sein Werkstück.
  - Wenn er fertig ist, hat sich die Zusammensetzung des Schwerts überhaupt nicht geändert, es ist chemisch genau das, was es vorher war.
  - Aber die Eigenschaften sind andere: es ist nicht mehr spröde, sondern elastisch und fest. Es bricht nicht so leicht, trotzdem kann man kräftig draufhauen, ohne daß es gleich eine Scharte hat.
- Die Frage ist also: Was hat sich durch das Schmieden geändert, so daß zwar die Eigenschaften sich stark verbessert haben, aber nicht die chemische Zusammensetzung?
  - Die Antwort ist: Das **Gefüge**, d.h. die exakte Anordnung der beteiligten Atome im Material. Sind die Kohlenstoffatome beispielsweise statistisch im Eisen verteilt, oder bilden sie kleine Agglomerate, die im Eisen stecken? Kugelförmige oder plättchenförmige oder ? - förmige Agglomerate? All das und noch viel mehr spielt eine Rolle für die exakten mechanischen Eigenschaften eines Materials.
- Es ist in diesem Zusammenhang ganz interessant zu wissen, daß die Menschheit erst seit ca. **1930** versteht, was beim Schmieden passiert, obwohl sie die Schmiedekunst seit einigen tausend Jahren kennt.
  - Die Elektrizität wurde vergleichweise ruck-zuck verstanden: Zwischen **Voltas** Experimenten mit Froschschenkeln etc. und den allumfassenden **Maxwell**-Gleichungen liegen keine **100** Jahre.

Sind Materialwissenschaftler also dümmer als Elektrotechniker?

- Warum hat es so lange gedauert? Schuld war nicht die Dummheit der frühen Materialwissenschafter, sondern es mußte erst die Quantentheorie entdeckt werden, die das Fundament der Materialwissenschaft bildet (zusammen mit der Thermodynamik).
- Der Einstieg in die Materialwissenschaft braucht deshalb unabweisbar ein bißchen Quantentheorie, um zunächst Atome und die Bindungen zwischen den Atomen verstehen zu können. Das wird das Thema des nächsten Kapitels sein.