



# Lernfeld 02: Montage

## Unterrichtsplanung für 1BFR

### Inhaltsverzeichnis

**Lehrplan Lernfeld 02** .....2  
 Zielformulierung .....  
 Inhalte.....

#### Motorentchnik

**aus dem Ordner Verbrennungsmotoren** ..2  
 Aufbau eines Viertaktmotors .....  
 Viertaktverfahren .....  
 Kennlinien .....  
 Steuerdiagramm .....  
 pV-Diagramm .....  
 Drehmoment- und Leistungskennlinie .....  
 Verbrauchskennfeld .....  
 Motorbaugruppen .....  
 Motorsteuerung .....  
 Zahnriementrieb .....  
 Abgasanlage .....  
 Dichtungen am Motor .....  
 Einbauen: .....  
 Einteilung Stähle .....

#### Prüfgeräte

**Einteilung der Prüfverfahren** .....3  
**Übersicht über die Prüfmittel** .....3  
 Messgeräte .....  
 Hilfsmittel .....  
 Lehren .....  
 Prüftätigkeiten .....  
 Messen .....  
 Lehren .....  
 Merkmale.....  
**Messschieber** .....4  
 Aufbau .....  
 Nonius .....  
 Ablesen mit dem Nonius .....  
**(Bügel-)Messschraube** .....5  
 Aufbau .....  
 Ablesen des Messwertes .....  
 Steigung 1mm .....  
 Steigung 0,5mm .....  
 Pflege von Messschrauben .....  
**Messabweichungen** .....6  
 systematische Abweichung F .....  
 Messunsicherheit u .....  
 vollständiges Messergebnis .....

#### Toleranzen

**Toleranzen** .....7  
 Zweck .....  
 Begriffe .....  
 Formeln .....  
 Toleranzangaben .....  
 Abmaßtolerierung .....  
 Allgemeintoleranzen .....  
 ISO-Toleranzsystem .....  
 statistische Tolerierung .....  
 Begründung für statistische Tolerierung .....  
 Leitbeispiel: Fahrzeug auf Straße .....  
 Wie gibt man statistische Toleranzen an? .....  
 Auswirkungen .....  
 Auswahl von Toleranzen .....

#### Bohrungen und Gewinde

**Grundlagen Gewinde** .....10  
 Aufgaben .....  
 Grundbegriffe .....  
 Begriffe zu Gewinden und Schrauben .....  
**Schraubenarten** .....11  
 Mutternarten .....  
 Einschraubtiefen .....  
 Bauformen .....  
**Verspannungsschaubild bei Schraubverbindungen** .....12  
 Verhalten einer Schraubverbindung beim Anziehen .....  
 Verspannungsschaubild einer Schraubverbindung .....  
 Was macht Teile kaputt? .....  
 Trick: Dehnschrauben .....  
 Vergleiche: Bungeespringen .....

**Normteile** .....13

#### Werkstoffe

**Werkstoffeigenschaften (für Kfz)** .....14  
 mechanisch .....  
 physikalisch .....  
 chemisch .....  
 feste Stoffe .....  
 dichte Stoffe .....  
 korrosionsbeständige .....  
 brennbare und giftige .....  
 harte Stoffe .....  
 Wärmeleitfähigkeit .....  
 Legierbarkeit .....  
 Entflammbarkeit .....  
 elastische Verformung .....  
 plastische Verformung .....  
 Elektrische Leitfähigkeit .....  
 sonstige .....  
 Aussehen .....  
 zähe Körper .....  
 spröde Körper .....  
 Schmelzpunkt .....  
 Siedepunkt .....  
 Umweltverträglichkeit .....  
 wärmefeste Stoffe .....  
 Preis .....

**Werkstoffeigenschaften** .....15

**Einteilung der Werkstoffe** .....16

Metalle .....  
 Nichtmetalle .....  
 Verbundwerkstoffe .....  
 Eisenmetalle = Fe + C (+ Leg.) .....  
 NE-Metalle .....  
 Stahl .....  
 Leichtmetalle .....  
 künstliche Werkstoffe .....  
 Gusseisen .....  
 Schwermetalle .....  
 Natürliche Werkstoffe .....  
 Hilfsstoffe .....

**Korrosion** .....17

chemische Korrosion .....

elektrochemische Korrosion .....  
 ↔ Batterie .....  
 Schutzschichten .....  
 → elektrochemische Spannungsreihe .....

**Wälzlager** .....18

Aufbau .....  
 Bauarten und Eigenschaften .....  
 Rillenkugellager .....  
 Zylinderrollenlager .....  
 Pendelrollenlager .....  
 Toroidalrollenlager .....  
 Auswahlkriterien .....  
 Ähnliche Maschinenelemente .....  
 Schmierung .....  
 Ein- und Ausbau .....  
 Lageranordnung .....  
 Sonstiges .....

#### Mathematik

**Drehmoment, Hebel** .....19

z.B. Schraubenschlüssel .....  
 z.B. Fahrradpedal .....  
 Gleichgewichtsbedingungen .....  
 z.B. Schubkarre .....  
 z.B. Wippe .....  
 Kräftepaare .....

**Drehmoment – Leistung – Drehzahl** .....20

Kraft .....  
 Drehmoment und Drehzahl .....  
 Getriebe .....  
 Leistung .....  
 Berechnungen .....  
 Raddrehzahl .....  
 Leistungsverlauf .....

**Dichte** .....21

1001 Stahlkugeln → m (V, ρ) .....  
 Goldraub → m (V, ρ) .....  
 Goldraub 2 → m (V, ρ) .....  
 Frostschutzspindel → ρ (V, m) .....  
 Würfel mit 1l Wasser → ρ (V, m) .....  
 Sektgläser .....

**Rechtliche Grundlagen** .....22

Produkthaftungsgesetz .....  
 Wofür haftet .....  
 Nachweispflicht .....  
 Wer haftet .....  
 Dauer der Haftung .....  
 Gewährleistung nach BGB .....  
 Garantie.....

#### fehlt noch

**Fertigungstechnik** .....23

Kleben .....  
 Schweißen .....  
 Löten.....

**Drehmoment** .....23

**Entsorgung von Kunststoffen** .....23

**Kräfte zeichnerisch** .....23

**Fundstellen** .....23

**Literaturverzeichnis** .....23

**Lehrplan Lernfeld 02**

Demontieren, Instandsetzen und Montieren

1. Ausbildungsjahr von fahrzeugtechnischen Baugruppen oder Systemen

Zeitrictwert: 80 Stunden

**Zielformulierung**

Die Schülerinnen und Schüler planen die Demontage, Instandsetzung und Montage einer oder mehrerer Baugruppen eines Fahrzeuges oder einer berufstypischen Anlage und führen diese durch. Sie wenden betriebliche Informationssysteme zur Planung, Durchführung und Kontrolle von Arbeitsprozessen an und nutzen insbesondere digitale Datenträger. Sie berücksichtigen gesetzliche- und Herstellervorschriften und wenden technische Kommunikationsmittel an.

Die Schülerinnen und Schüler setzen Werkzeuge, Maschinen, Werk-, Betriebs- und Hilfsstoffe funktionsgerecht ein. Bei der Demontage prüfen sie die Bauteile und Bauelemente auf Wiederverwendbarkeit bzw. Wiederverwertbarkeit. Bei der Herstellung von lösbaren Verbindungen, insbesondere den Schraubverbindungen, beachten sie die technischen Daten und Montagevorschriften. Im Zuge der Instandsetzung von Bauteilen, Baugruppen, Systemen und Anlagen führen sie die erforderlichen Arbeiten zum Umformen und Trennen von Halbzeugen durch, insbesondere Bohrarbeiten sowie Gewindeherstellungs- bzw. -instandsetzungsarbeiten. Sie wenden die Prüfgeräte zur Ermittlung von Längen, Durchmessern und Gewinden an.

Die Schülerinnen und Schüler kontrollieren, bewerten, dokumentieren und präsentieren ihre Arbeitsergebnisse. Sie kommunizieren mit Mitarbeitern, Vorgesetzten und Kunden.

**Inhalte**

- Demontage-, Instandsetzungs- und Montagepläne
- Fahrzeuge, fahrzeugspezifische Bauteile, Baugruppen und Systeme
- Maschinen, Montagewerkzeuge und Werkstoffe
- Bohrungen und Gewinde
- Geräte und Verfahren zum Prüfen und Messen von Flächen, Längen und Gewinden
- Schrauben und Schraubenverbindungen
- Anzugsdrehmomente
- Korrosionsschutz
- Haftungsrecht

**Motorentchnik**

aus dem Ordner Verbrennungsmotoren

Aufbau eines Viertaktmotors

Viertaktverfahren

Kennlinien

Steuerdiagramm

pV-Diagramm

Drehmoment- und Leistungskennlinie

Verbrauchskennfeld

Motorbaugruppen

Motorsteuerung

Zahnriementrieb

Abgasanlage

Dichtungen am Motor

Einbauen:

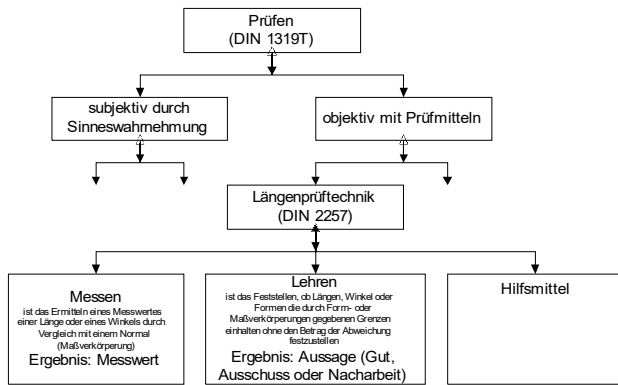
Einteilung Stähle



## Prüfgeräte

Kfz-Mechatroniker: Messschieber, Messschraube, Feinzeiger ?, Haarlineal?, Gewindelehren?

### Einteilung der Prüfverfahren



Bezugstemperatur: 20°C (DIN 102)  
Messkraft: Formänderung, Kippen  
Abnutzung des Messzeuges  
Abweichung des Messgerätes: Form und Lage der Messschnäbel, Skalen, Übersetzung, Ablesfehler: Parallaxe, undeutliche Skale, falsche Einheit, Skalenteilung (log. Teilung), Übung, Sehschärfe, Schätzung, Aufmerksamkeit  
Umwelt: Spannungsschwankungen, Erschütterungen, Beleuchtung, magnetische + elektrische Felder)  
sonstiges: Grat, Schmutz, Kippfehler

### DIN 1319T1

1) *Ültg: Welche grundsätzlichen Methoden stehen dem Prüfer eines Abschlussprüfungsstückes zur Verfügung?*

*Quellen: DIN Buch 11, Beuth Verlag Köln; Reichard Fertigungstechnik, 9. Auflage*  
„Durch subjektive Sinneswahrnehmung oder objektiv mit Prüfmitteln feststellen, ob ein Prüfgegenstand erwartete Eigenschaften oder Maße einhält.“ (DIN 1319T1)  
Viele wichtige Sachen werden ausschließlich subjektiv geprüft: Oberfläche und Fahrverhalten eines Kfz, Lebenspartner u.v.a.m.  
In der Längenprüftechnik ist Prüfen das Feststellen, ob Prüfling der geforderten geometrischen Form entspricht, die durch Längen und Winkel gegeben ist (DIN 2257).  
Geprüft wird vor, während und nach der Fertigung. Immer soll es möglichst früh nach dem Fertigungsschritt sein, damit man die Fertigung ohne lange Totzeit korrigieren kann.  
Definitionen von Messen und Lehren gekürzt nach DIN 2257T1 11.82

Diagramm neu, aus DIN 2257 T1 einarbeiten: Lehren und Maßverkörperungen, Bild gesondert abspeichern einarbeiten: [EuroWzm] S.204

2) *Ültg Welche Fehler können dem Prüfer des Abschlussprüfungsstückes beim Prüfen unterlaufen? TA nicht mitschreiben lassen, die genannten Fehler später zuordnen lassen*

Definition Messunsicherheit → [Dutschke 1996]

kfz\_TA\_LF02\_Montage.odm

### Übersicht über die Prüfmittel

Zeitbedarf: ca 90'

#### Messgeräte

Wie prüft man die Länge eines Zylinderkopfes?

#### Anzeigende Messgeräte

- Messschieber
- Messschraube
- Messuhr
- Feinzeiger
- Universalwinkelmesser

#### Maßverkörperungen

- Maßstab
- Endmaße
- Fühlerlehre

#### Hilfsmittel

Wie misst man die Dicke einer Platte mit Messuhr?

- Messständer
- Prismen
- Taster

FO, TA Skizze Messanordnungen

Messplatte als Unterlage, Messständer für Messuhr, Prisma für Rundheitsmessungen, Rundheitsmesstisch, Taster usw.

AM Zylinderkopf, Nw o.ä.

- 1) *Woher weiß der Mann am Fließband im VW-Werk in Pamplona, dass der Zylinderkopf zum Motorblock passt?*
- 2) *Teilziele: Messgeräte, Lehren, Hilfsmittel, Prüftätigkeiten*

#### Lehren

Messen von 1000 Bohrungen ist umständlich, einfacherer Weg?

#### Grenzlehren

- Grenzlehrdorn
- Grenzrachenlehre
- Gewindegrenzlehren
- Kegellehren

#### Formlehren

- Haarlineal
- Radienlehre
- Drehmeißellehren
- Gewindelehren
- Winkellehren
- Lehrringe

AM verschiedene Prüfmittel

AM Grenzlehrdorn und Bohrplatte

Herkunft des Wortes Grenzrachenlehre



- 3) *Wie prüft man die Ebenheit des Zylinderkopfes? Lichtspaltverfahren!*
- 4) *Wie prüft man Messschieber, genaue KolbenØ, Ventilspiel usw.?*

#### Messen

ist das Vergleichen des Prüflings mit einem Messgerät.

Das Ergebnis ist ein Messwert.

Ein Messgerät kann innerhalb ihres Messbereiches alle Maße im Messbereich messen

#### Prüftätigkeiten

#### Lehren

ist das Vergleichen des Prüflings mit einer Lehre und Feststellen, ob eine vorgeschriebene Grenze überschritten wird.

Ergebnis ist die Aussage Gut, Ausschuss oder Nacharbeit

Eine Lehre kann nur ein Maß mit einer Toleranz lehren..

Unterschied zwischen Messen und Lehren: Welche Tätigkeiten werden durchgeführt? Wieviele Maße kann man mit einem Prüfgerät prüfen?

#### Merkmale

- + Messwert
- + SPC-fähig
- + vielseitig
- komplizierter
- + für Einzelstücke billiger

- + Aussage
- + einfache Handhabung
- kein eindeutiges Ergebnis (Taylorscher Grundsatz)

#### Vertiefung

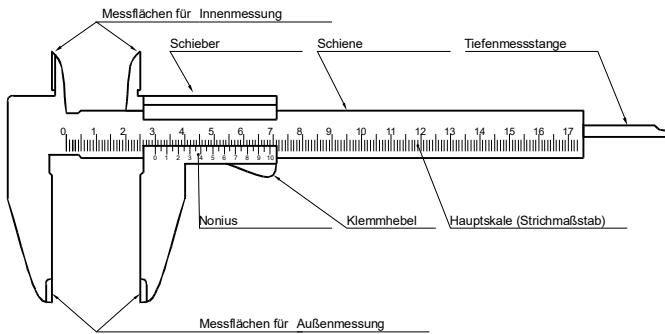
|| AB Übungsfragen zu Prüfmitteln



## Messschieber

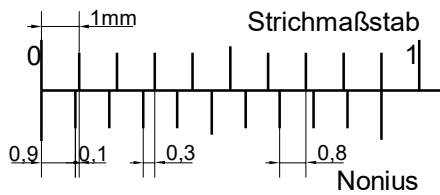
Zeitbedarf ca. 60'

### Aufbau



- 1). Ein: Wdh. der Einteilung der Prüfmittel
- 2). Ültg. Welches ist das wichtigste Messzeug für den Lehrling ?  
*AM Messschieber aus Plexiglas*
- 3). Erarbeitung der Begriffe für die Elemente des Messschiebers  
Außenmaße so eng wie möglich messen wegen Kippens  
Messflächen für Innenmessung gekrümmt enge Innenmaße  
Skale, nicht Skala  
Nonius als Ablesehilfe für Zwischenwerte macht die Messung nicht genauer
- 4). Vertiefung: Ergänze Bezeichnungen  
*AB Messschieber, Aufgabe 1.*

### Nonius



*AM Messschieber aus Plexiglas*

- 1). Welche Abstände sind auf dem Strichmaßstab markiert ? mm
- 2). Wie viele Abstände befinden sich auf dem Nonius ? 20
- 3). Wie lang ist der Nonius ? 39mm  
Reduktion auf 1/10 Nonius und 9mm

*TA Nonius*

- 4). Wie groß sind die Teilstrichabstände auf Nonius und Skale ?
- 5). Wie groß sind die Abstände zw. den Strichen des Nonius und der Skale ?
- 6). Wo sind die Abstände, wenn die Striche von Nonius und Skale fluchten ?  
vorne, müssen zu den ganzen Millimetern hinzu gerechnet werden

*AM Messschieber aus Plexiglas*

*FO Messschieber mit verschiedenen Nonien*

7). Übungen

- 8). Jeder Schüler liest wenigstens einen Messwert  
*AM Messschieber aus Plexiglas*

### Ablezen mit dem Nonius

- ganze mm vor dem Nullstrich des Nonius zählen
- fluchtenden Strich des Nonius finden und Bruchteile von mm ermitteln
- ganze mm und Bruchteile addieren

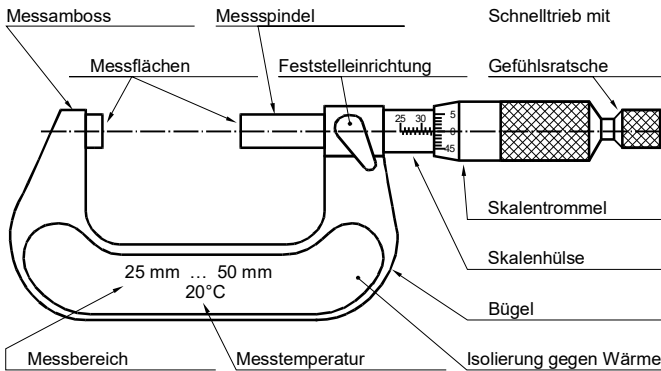
### Vertiefung

*AB Messschieber, Aufgabe 2*



**(Bügel-)Messschraube**

**Aufbau**



**Ablesen des Messwertes**

**Steigung 1mm**

**Steigung 0,5mm**

- ganze und halbe mm auf der Skalenhülse ablesen
- 1/mm auf der Skalentrommel ablesen
- ganze mm und Bruchteile addieren

**Vertiefung**

**Pflege von Messschrauben**

Messschrauben immer auf Holz oder ein Tuch ablegen.  
Messschrauben keiner Wärmestrahlung (z.B. Heizung, Sonne ) aus - setzen.  
Nur mit sauberen Händen anfassen.

Zeitbedarf ca. 30'

1). Ein: Welches Messzeug nimmt man, wenn der Messschieber nicht genau genug ist

AM Bügelmessschraube

2). Erarbeitung der Begriffe für die Elemente der Bügelmessschraube

- Ein Amboss ist ein Gegenhalter
- Eine Spindel erzeugt Vorschub aus Drehbewegung
- Skalenhülse zum Ablesen ganzer und halber mm
- Skalentrommel zum Ablesen von 1/100mm (Eselsbrücke: die Trommel ist drehbar wie beim Trommelrevolver).
- Gefühlsratsche zur Begrenzung der Messkraft (Messschraube zu stark anziehen und einen Schüler den negativen Wert ablesen lassen)
- Bezugstemperatur gilt für jede Messung
- Wärmeisolierung gegen Handwärme, Messschraube nicht in die Hosentasche

3). Vertiefung: Ergänze Bezeichnungen

AB Bügelmessschraube, Aufgabe 1,

AM Schraube und Mutter M32, Lage von Schraube / Mutter mit Kreide markieren

Der Abstand zwischen zwei Gewindespitzen sei 1mm.

1). Wie weit bewegt sich die Schraube bei einer, 1/2 usw. Umdrehung ?

2). Aufbau des Messeinrichtung einer Messschraube:

Skalenhülse zeigt ganze mm an, Skalentrommel 1/100 mm

3). Übungen: jeder Schüler wenigsten 1 Messwert

AM Skalenhülse auf die Tafel zeichnen, Skalentrommel aus Pappe mit 1/100-Teilung

1/100-Teilung ist schwer zu lesen (vgl. Pappmodell), deshalb verwendet man Messspindeln mit P=0,5mm und 1/2-mm axiale Bewegung je Umdrehung.

4). Wie muss deshalb die Skale der Hülse erweitert werden ?

Es muss eine Markierung für die 1/2-mm ergänzt werden

TA Skalenhülse ergänzen

5). Wie viele Teilstriche sind jetzt für 1/100-Teilung nötig ?

Nur noch 50, weil jede Umdrehung nur noch 50/100mm bewegt.

AM Skalentrommel aus Pappe mit 1/50-Teilung einführen

6). Übungen: jeder Schüler wenigsten 1 Messwert

AM Skalenhülse auf die Tafel zeichnen, Skalentrommel aus Pappe mit 1/50-Teilung

AB Messschraube, Aufgabe 2

1). An Hand des Lückentextes in

AB Messschraube, Aufgabe 3

Nach Gebrauch mit weichem Lappen säubern und leicht einfetten.  
In besonderem Holzkasten aufbewahren.



Messabweichungen

systematische Abweichung F  
bleiben bei wiederholter Mes-  
sung nach Betrag und Größe  
gleich  
bekannte

unbekannte

rechnerisch korrigieren:  
Meg = Mw – F  
Sollanzeige = Istanzeige - Fehler

messtechnische Regeln  
beachten (s.u.)

Messtechnischer Grundsatz, günstigste Punkte,  
Bezugstemperatur, Messkraft

Kalibration

Messunsicherheit u  
sind zufällig

Mehrfachmessung  
Jedes Messergebnis enthält  
Messunsicherheiten oder  
Wer misst, misst Mist

$$u \leq \frac{T}{10} \dots \frac{T}{5}$$

T: Werkstücktoleranz  
u: Messunsicherheit des  
Prüfmittels

z.B.  
Messschieber mit Rundskale; Skw = 10µm;  
u = ±20..60µm (DIN862) → darf Werkstück-  
toleranzen ab ±20..60µm \*5 = 0,2..0,6mm prüfen

Abweichungen sind erst Fehler, wenn zugelassene Grenzen  
überschritten werden.

vollständiges Messergebnis

$$Y = y \pm U$$

Vertiefung

(DIN2257)

Prüfabweichungen? „Mess-“Abweichungen treten auch bei Lehren auf.  
2) *Überschrift vorgeben, Bedeutung?*  
3) *Ordnen Sie die vorher genannten Messfehler zu.*

Unbekannte systematische Messabweichungen werden wie Messunsicherheiten  
behandelt, weil man nichts Besseres mit ihnen anzufangen weiß. Man kann sie  
aus den Fehlergrenzen der Messeinrichtung oder durch genauere Messung ab-  
schätzen.

Wie geht man  
damit um?

Meg = Messergebnis = korrigierter Messwert  
Mw = Messwert = von Messgerät abgelesen  
F = Fehler (auch: Korrektion), Vorzeichen beachten  
Die Unsicherheiten des Meg sind größer als die des  
Mw, weil auch die Korrektion eine Unsicherheit ent-  
hält. Z.B. sind bei Temperaturkorrektur die exakten  
Temperaturen nicht bekannt.

Wie vermeidet  
man sie?

Kalibrieren = Vergleichen mit einem Normal erheb-  
lich geringerer Abweichung (Vergleich von Arm-  
band- und Bahnhofsuhr)  
Justieren = Korrektur einer Abweichung (Bahnhofs-  
uhr stellen)  
Eichen = Kalibrieren soll nicht verwendet werden,  
weil es zu Verwechslungen mit der gesetzli-  
chen Bedeutung kommen kann.  
Die Messunsicherheit eines Messgerätes kann  
durch Messreihen oder aus der DIN oder aus  
Herstellangaben angenähert werden.

Deshalb ist der Ausdruck Messfehler nicht sinnvoll.

Ab [EuroTabM46] S.274 ist das Thema im TabB angekommen – nach 20  
Jahren ;-)  
Neue Nomenklatur: y = Mw; Y = Meg; U = u

Messunsicherheiten\_AB (auch als Einleitung möglich)  
FO Beispiel für Messabweichung



## Toleranzen

Für Kfz-Mechatroniker ISO-Toleranzen nur anreißen, statistische Toleranzen gar nicht.

### Toleranzen

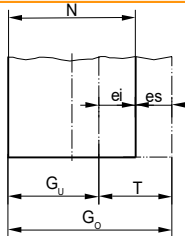
= zulässige Abweichung vom Nennmaß  
= Spielraum für die Fertigung

### Zweck

weil zu genaue Teile zu teuer sind und  
zu ungenaue Teile nicht funktionieren

### Begriffe

Beispiel Welle  $\varnothing 40^{+0,2}_{-0,1}$



40 N Nennmaß

40,2 G<sub>o</sub> oberes Grenzmaß, Größt-, Höchstmaß

39,9 G<sub>u</sub> unteres Grenzmaß, Kleinst-, Mindestmaß

+0,2 es, ES oberes (Grenz-)Abmaß, (veraltet: A<sub>o</sub>)

-0,1 ei, EI unteres (Grenz-)Abmaß, (veraltet: A<sub>u</sub>)

Großbuchstaben für Außenmaße u.u.

0,3 T Toleranz

### Formeln

$$G_o = N + ES = 40,2 = 40 + 0,2 \quad G_u = N + EI = 39,9 = 40 + (-0,1)$$

$$T = G_o - G_u = 0,3 = 40,2 - 39,9 \quad T = ES - EI = 0,3 = 0,2 - (-0,1)$$

### Toleranzangaben

Abmaßtolerierung z.B. 10±0,1

leicht lesbar, (zu) vielseitig

Allgemeintoleranzen z.B. Maß 30  
⇒ TabB Schriftfeld DIN ISO 2768m

DIN 2768 (neu) DIN 7168 (veraltet)  
f, m, g, sg f, m, c, v (Toleranzklassen)

Bedeutung der Abkürzung der Toleranzklassen nur im Notfall anschreiben

für Maße ohne besondere Funktion

ISO-Toleranzsystem z.B. 30h6

30 Nennmaß

h6 Toleranzklasse

6 Toleranzgrad

gibt die Größe der Toleranz abhängig vom Nennmaß an  
und ist ein Maß für Fertigungsaufwand und Kosten  
(unabhängig vom Nennmaß !)

h Lage der ISO-Toleranzfelder

Großbuchstaben für Innenmaße, z.B. Bohrungen

Kleinbuchstaben für Außenmaße, z.B. Wellen

- H/h beginnt beim Nennmaß Richtung Spiel
- JS/js sind symmetrisch zum Nennmaß

Merkmale des ISO-Toleranzsystems

- Funktion und Aufwand (Preis) sind gut erkennbar
- gewollt eingeschränkte Auswahl  
⇒rationellere Fertigung

zB: Schlüssel im Schlüsselloch; Deckel auf Faserstift

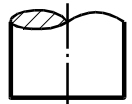
FO Schließzylinder, Schließzylinder aus Türschloss ausbauen lassen

- 4) Wie sorgt man dafür, dass die teile aufeinander passen?
- 5) Wie genau kann man ein Maß des AM fertigen ?
- 6) Warum fertigt man nicht grundsätzlich so genau wie möglich ?
- 7) Warum lässt man den Hersteller nicht so billig wie möglich produzie - ren ?  
Dann lässt er seine Maschine laufen und verschleißt bis der Sechskant rund ist.

[EuroTabM], [HJTabKfz] „Toleranz“

TA Offline

- 8) Hinweise zum technischen Zeichnen, je nach Kennt - nisstand und verfügbarer Zeit als Erklärung während des Skizzierens des TA oder als Wiederholungsfragen  
Wellen werden mit einer Freihandlinie geschnitten (früher Bruchschleife) und alle Durchmessermaße werden mit  $\varnothing$  gekennzeichnet (früher nur, wenn die Form nicht als Kreis erkennbar war). Maßpfeile schlang, Mittellinie schmale Strichpunktlinie, Maßlinien und Maßhilfslinien schmale Volllinien, nur sichtbare Kanten als breite Volllinien.



veraltete Dar - stellung einer Welle mit Bruchlinie

Im Zuge der Europäisierung der Normen wurden in den letzten Jahren die genormten Begriffe geändert. Da in der Praxis alle Begriffe durcheinander verwendet werden, müssen die Schüler alle Begriffe passiv verstehen. Es ist mir gleich, welche Begriffe sie aktiv verwenden. Die in beiden aktuellen TabB verwendeten Begriffe sind unterstrichen.

Eselsbrücke: Innenmaße (z.B. Bohrungen) sind meist etwas größer als Außenmaße (z.B. Wellen), deshalb verwendet man dafür Großbuchstaben.

Für Außenmaße verwendet man bei Abmaßen und ISO-Toleranzen Kleinbuchstaben (ei, es) und bei Innenmaßen Großbuchstaben (EI, ES). (ei = écart inférieure bzw. es = écart supérieure [Roloff/Matek 1995] oder extreme inferior / superior [Decker 2009] ) Vorzeichen beachten !

- 9) Wie berechnet man G<sub>o</sub>, G<sub>u</sub> und T im allgemeinen Fall ?

- 10) Ültg: die Tolerierungsart aus dem Leitbeispiel

In praktischen Zeichnungen selten angewendet?

Der Konstrukteur ist in der Wahl der Toleranz nicht eingeschränkt. Da aber z.B. bei Bohrungen für jedes Toleranzfeld eine spezielle Reibahle nötig ist, kann dies teuer werden.

- 11) Ültg: Welche Toleranzen haben Maße, die nicht toleriert sind

Für allgemeine Maße, die keine besondere Toleranz erfordern. Freimaßtoleranzen ?

[EuroTabM], [HJTabKfz] „(Allgemein-)Toleranzen“

Erstmalige Arbeit mit dem Tabellenbuch: Hinweis auf Inhalts-, Stichwort- und DIN-Nummern-Verzeichnis; Seite suchen lassen, Frage nach Toleranzklassen f, m, c, v  
Auch hier Europäisierung der Normen, jetzt in Englisch (fine, middle, coarse, very coarse). Die Toleranzen der Normen unterscheiden sich nur in den Klassen v / sg bei N>120mm.

Allgemeintoleranzen zu unflexibel, Abmaßtolerierung zu aufwendig und zu vielseitig! Weitere Möglichkeit der Tolerierung siehe Zeichnung. Mbm: keine Herleitung

[EuroTabM] „Toleranzklassen“

- 12) Bedeutung von 30h6 = 30-0,013; Ablesebeispiele aus dem TabB

- 13) Vergleiche die Toleranzen k6, j6, J6 usw. für das Nennmaß 30mm.

- 14) Vergleiche die Toleranz mit den IT-Grundtoleranzen

[EuroTabM] „Grundtoleranzen“

- 15) Welche qualitative und wirtschaftl. Aussage macht der Toleranzgrad ?

- 16) Welche Aufgabe hat der Buchstabe ?

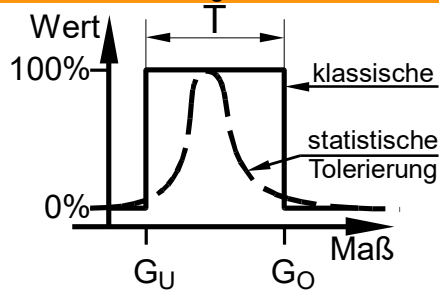
FO Lage der ISO-Toleranzfelder

TG nur bei ausreichender Zeit:

Tragen Sie alle Toleranzen (Nennmaß 10mm, Toleranzklasse 6) in ein Dia - gramm (y-Achse Abmaße von -30µm bis +30µm, Nulllinie = Nennmaß, x-Achse Toleranzfeldlage A (a) bis Z (z) ein.

An der Zahl kann man Aufwand und Kosten ablesen, an dem Buchstaben die Funktion. Toleranzklassen AA ... ZZ und 0 ... 12 decken die kleinen Toleranzen weitgehend ab.

Warum sind im TabB nur einige Toleranzen abgedruckt, darunter einige fett ⇒ Fußnote „Die fett gedruckten Toleranzklassen ... sollen bevorzugt verwendet werden“. Durch die Einschränkung der verwendeten Toleranzen werden z.B. nicht alle möglichen Bohrungen für Konstruktionen verwendet, dadurch benötigt man weniger Bohrer und Lehren.

**statistische Tolerierung****Begründung für statistische Tolerierung**

Wenn man an der Toleranzgrenze fertigt,

- Funktionsqualität ist nicht optimal.
- geringe Störung kann zu Ausschuss führen.
- nur teure 100%-Prüfungen verhindert Ausschuss

**Klassische Toleranzen sind weiterhin gültig für Einzelteil aber nicht mehr ausreichend für Serienfertigung**

**Wie gibt man statistische Toleranzen an?**

Man verwendet weiterhin die alten Toleranzangaben und verlangt zusätzlich 6- $\sigma$ -Fertigung, d.h.

- Mittelwert  $\mu \pm 3 \times$  Standardabweichung  $\sigma$  müssen innerhalb der Toleranz liegen
- 8-, 10-, 12-, ... -Sigma sind möglich

**Auswirkungen**

- Toleranz darf nicht mehr beliebig ausgenutzt werden
- Hersteller muss in der Fertigung regelmäßig Stichproben nehmen ( $\rightarrow$  Qualitätsregelkarte QRK)
- QRK kann Eingangsprüfung des Kunden ersetzen
- QRK dokumentieren Sorgfalt im Sinne des Produkthaftungsgesetzes ( $\rightarrow$  Beweislastumkehr!)

**Vertiefung**

Für TG: Auch Winkel-, Radian-, Form- und Lagetoleranzen zeigen

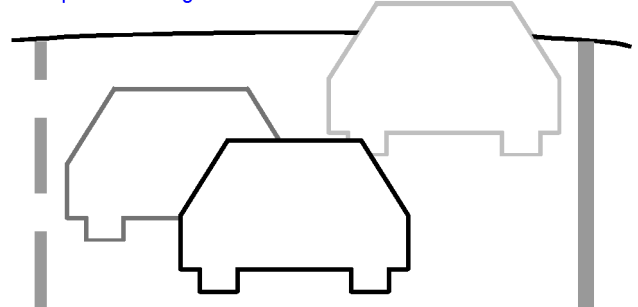
**Auswahl von Toleranzen**

Bei der Auswahl der Toleranzen muss geprüft werden, ob sie fertigungs-, funktions- und prüfgerecht sind. Toleranz muss so groß sein, dass sie die Fertigungstoleranz und die Messunsicherheit umfassen kann.

1) *Klassische Toleranzen kennen nur die Qualität 0% und 100%. Alle herkömmlichen Tolerierungssysteme gehen davon aus, dass ein Teil innerhalb der Toleranzen seine Funktion zu 100% und außerhalb der Toleranzen zu 0% erfüllt. (Schüler im 1. Lehrjahr haben Schwierigkeiten dies zu begreifen.)*

2) *Diagramm vorgeben, Qualitätskurve entwickeln*

**Leitbeispiel: Fahrzeug auf Straße**



Ein Fahrzeug (Fertigungsprozess) sollte nicht die ganze Fahrbahnbreite (Toleranz) ausnutzen.

3) *Wie reagieren Sie, wenn das Fahrzeug vor Ihnen Schlangenlinien fährt und die ganze Fahrbahnbreite ausnützt? Es verlässt seine Spur nicht!  $\rightarrow$  Hoffentlich halten Sie einen großen Abstand ein*

Taguchi weist jedem Maß eine Qualität zu, die abhängig vom Abstand des Maßes zu einem Mittelwert ist. Für die Tolerierung könnte z.B. Verteilungsart, Mittelwert und Standardabweichung gefordert werden. Dieses System toleriert zwar einzelne Ausreißer, erlaubt aber kein Los an der Toleranzgrenze. Dieses Verfahren entspricht eher modernen Fertigungs- und QS-Verfahren ohne wesentliche Beeinträchtigung der Qualität des Gesamtsystems. Versuche, Mittelwert und Streuung in Zeichnungen anzugeben, haben sich nicht durchgesetzt.

*Toleranz\_TA\_Toleranz.odt*

Das ProdHaftG macht einen Hersteller verschuldensunabhängig (!) haftbar, wenn sein Produkt einen körperlichen Schaden verursacht. Er kann sich der Haftung unter bestimmten Umständen entziehen, z.B. indem er nachweist, dass er nach dem Stand der Technik produziert hat (= Sorgfalt). Im Gegensatz zu anderen Haftungen muss aber nicht mehr der Verbraucher nachweisen, dass der Hersteller einen Fehler gemacht hat, sondern umgekehrt (= Beweislastumkehr). Mit diesem Gesetz, das D übrigens von der EU 'aufgezwungen' wurde, soll verhindert werden, dass sich Hersteller hinter der Beweislast für die Opfer verscharen (Contergan, Xyladecor, giftige Lederschutzmittel, Lipobay, ...). Dieselben Auswüchse bekämpft das US-Recht mit 'punitive damages': Die Beweislast bleibt zwar beim Opfer, aber wenn es Erfolg hat, sind die Strafen so exorbitant hoch, dass für die Hersteller Vermeidungsmaßnahmen billiger kommen.

*Produkthaftungsgesetz\_AB (hier nicht vertiefen)*

*AB Übungen zu Toleranzen und Passungen für TG  
Text: SPC\_Einführung\_TX*

QZ 8/1999 S.1018

DIN EN ISO 14253-1 Messunsicherheit / Fertigungstoleranz





Druck: Reimer & Co. GmbH

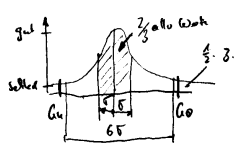
**Datum:** ? Die genau man der Maß  $\phi$  gefertigt werden?  
→ klassischer Zwiessall der Technik  
Seylla und Charpydiis

**Schüler:** Toleranz  
zu eng = zu teuer  
zu weit = funktioniert nicht

**Klassen:** Grenzwert (Klassische) Abmaßtolerierung zB  $\phi 8^{+0,1}$   
Allgemeintoleranz zB  $\phi 3$  nach DIN 2768 (alt 7168) in → Tab B für Teile ohne besondere Funktion  
110 Toleranzsystem zB  $\phi 5H/2$   
12 Toleranz abhängig von  $\phi$  → Maß für die Kosten  
H Toleranzfeldlage → Funktion

**Prüfung:** Grenzwerttolerierung ist eher ein Notbehelf als eine gute Lösung für die Qualitätsanforderung eines Bauteils

**Blatt:** Auswahl wird eingedreht  
spat Werk- und Prüfung

**Statistische Tolerierung**  
  
 $3 \cdot 2,5 = 7,5$   
 $65 - 2,5 = 62,5$   
 $65 + 2,5 = 67,5$   
 $60$   $65$   $67,5$   
 Moderne Fertigung verlangt  $\delta$  oder sogar  $10\delta$   
 - Plan wird nach Funktion gewählt  
 - Fertigung wird genau  
 - Statistik werden analysiert  
 - SPC - geeignet  
 $6\sigma = 3 \cdot 10^{-3} = 0,3\% \text{ Ausschuss}$   
 $8\sigma = 6 \cdot 10^{-5} = 0,006\% \text{ " } = 60 \text{ ppm}$   
 $10\sigma = 6 \cdot 10^{-7} = 0,00006\% \text{ " } = 0,6 \text{ ppm}$

**Formtoleranz** zB Ebenheit  
**Lage** zB Parallelität  
**Oberflächen**

**Passung** für das Zusammenspiel mehrere Teile  
 - Führung  
 - Wälzlager  
 - Abtrieb  
 - Austauschbarkeit  
 - Spannung  
 - Spielspannung  
 - Übergangspannung (je nach Technik oder)  
 - Pressung  
 - Passungssystem  
 - Einzelstücke  
 alle Werten h (mit h)  
 Einzelstückfertigung  
 alle Bohrung H (spat Werkzeug + Präzision)

**Tab-Toleranzangaben**



## Bohrungen und Gewinde

### Grundlagen Gewinde

#### Aufgaben

- Befestigen**  
 für lösbare Verbindungen  
 - Erzeugung großer Kräfte
- Bewegen**  
 - wandelt Dreh- in Längsbewegung  
 z.B. Leitspindel einer Drehmaschine, Schraubstockspindel, Wagenheber, Scheinwerfer-einstellschrauben, Vergaserdüsen
- Dichten**, z.B. Öl-lablassschrauben, Armaturen
- Einstellen**, z.B. zum Ausrichten von Geräten, Instrumenten
- Messen**, z.B. Bügelmessschraube
- Spannen**, z.B. Spannschloss

ca. xx' Zeitbedarf

FO „Wer war das?“

- 1) Wie kann das Malheur behoben werden ?
- 2) Wichtigstes und vielseitigstes Fügeverfahren ?  
 Wdh.: 6 Hauptgruppen der Fertigungsverfahren
- 3) Welche Aufgaben können Gewinde haben ?  
 Alternative (kommt aber später nochmal):

FO antike Gewindebohrmaschine (für Trotten)

- 1) Texte abdecken: Worum handelt es sich ?

FO Wasserhahn

Befestigungsgewinde sind eingängige Spitzgewinde, weil kleine Steigungswinkel  $\alpha$  und große (= flache) Flankenwinkel große Reibung bewirken und sich deshalb schwerer lösen (s.u.)  
 Steigungswinkel  $< 6^\circ$  bewirkt Selbsthemmung

Bewegungsgewinde haben große Steigungen und kleine (= steile) Flankenwinkel für geringe Reibung, häufig mehrgängig für große axiale Bewegungen. Es sind meist Trapez- und Sägegewinde: die flache Oberkante (keine Spitzgewinde) verbreitert den Gewindegang (größere Festigkeit) und erhöht die Steigung (größere axiale Bewegung).

z.B. Spindeln in Drehmaschinen, Ventilen, Spindelpressen, Schraubenwinden, Schraubstöcken und Schraubzwingen. In Werkzeugmaschinen werden inzwischen meist Kugelgewindespindeln verwendet, weil diese spielfrei sind.

AM Kugelgewindespindel.)

#### Grundbegriffe

Wiederholen der Aufgaben, Erarbeiten der Begriffe durch Schüler

AB Gewinde und Schrauben Grundbegriffe

Quellen: [Bosch 21]; [Klingelberg 1967]; [Roloff/Matek 1995]; [EuroTabM]; [EuroM56]; Werkzeug-Katalog Hengst 1992; Katalog Drehwerkzeuge, Sandvik Coromant, Dez. 1995; Basis Metall, Stam-Verlag, 1. Auflage 1992;

#### Vertiefung

ME\_TA\_Gewinde-Grundlagen.odt

#### Begriffe zu Gewinden und Schrauben

Inhaltlich siehe folgenden TA

Erarbeitung anhand

Schrauben\_Arbeitsauftrag\_Plakat\_FO



Schraubenarten

Sechskantschrauben

mit Regel- bzw. Feingewinde und für Stahlbau

Passschrauben

Einzige Schraubenart zur Aufnahme von Querkräften

Zylinderschraube mit Innensechskant

für hochbeanspruchte Verbindungen bei geringem Raumbedarf (leichteste Bauweise).

Zylinderschraube usw.

Senkschrauben und Linsensenkschrauben mit Schlitz oder Kreuzschlitz

Blechschraben, Bohrschrauben, Vierkantschrauben

Stiftschrauben

Gewindestifte

Gewindefurchende Schrauben

Dünnschaftschrauben

Dehnschrauben

besonders geeignete für dynamische Belastungen

Mutternarten

Festigkeitsklasse der Mutter  $\geq$  der Schraube

Einschraubtiefen

Einschraubtiefe  $y=0,8xd$  in Stahl bis Festigkeitsklasse 4.6, ab 4.8  $y = \varnothing 1,2x d$  ab Festigkeitsklasse 4.8 (Richtwert aus [Roloff/Matek 1995] TB 8-15). Feingewinde müssen tiefer eingeschraubt werden.

Bauformen

Sechskantmuttern

Sechskantmutter mit niedrigem Kopf

z.B. M8-05 für Muttern mit  $m = 0,5 \dots 0,6 \times d$  wie oben, aber Gewinde kann vorher ausreißen

Sechskantmuttern mit Klemnteil und weitere Formen

Kronenmuttern

Hutmuttern

Ringmuttern

Blechmuttern

Ergänzen im AB

1 Besprechung anhand [EuroTabM]"Schrauben" Übersicht

sind im Maschinenbau die gebräuchlichsten.

zur Lagesicherung von Bauteilen.

Beachte die Toleranz des Durchmessers ist  $k6$  (Übermaß!);

Maße usw. siehe weiter hinten: [EuroTabM]";

Schrauben sonst nie auf Scherung belasten

Mit versenktem Kopf sehen sie gut aus und können mit Schutzkappen gegen Verschmutzung und Korrosion versehen werden.

vielseitige Verwendung in Maschinen-, Fahrzeug- und Apparatebau.

Hinweis: auf Wandel der Normen (siehe detailliertere Beschreibung). Zahlreiche Normen werden z.Zt. auf Euronorm umgestellt.

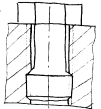
wenn ein Lösen der Verbindung häufig erforderlich ist, das Innengewinde aber möglichst geschont bleiben soll (z.B. Gehäuseteile von Motoren, Getrieben, Turbinen usw.). Kräftiges Verspannen des kurzen Einschraub-Endes verhindert Mitdrehen beim Anziehen und Lösen der Mutter.

mit verschiedenen Kopfformen dienen hauptsächlich der Lagesicherung (z.B. Radkränze, Lagerbuchsen usw.)

Hinweis: Festigkeitsklassen 14H bzw. 22H

Blechschraben ?

Sind für durchgängige Gewinde in 2 Platten geeignet. Sie sind in diesem Fall un- verlierbar, weil sich die Platten verschieben, wenn sich die Schraube gelöst hat.



Überleitung zum Verspannungsdiagramm.

Ein Versagen der Schraubenverbindung kann durch Bruch der Schraube oder Abstreifen des Gewindes geschehen. Zweiteres tritt allmählich auf und ist daher schwierig feststellbar. Um versteckte Schäden zu vermeiden, werden Schraubenverbindungen so ausgelegt, dass Ver- sagen zum Bruch der Schraube führt.

→ [EuroTabM]"

Ein Versagen der Schraubenverbindung kann durch Bruch der Schraube oder Abstreifen des Gewindes geschehen. Zweiteres tritt allmählich auf und ist daher schwierig feststellbar. Um versteckte Schäden zu vermeiden, werden Schraubenverbindungen so ausgelegt, dass Ver- sagen zum Bruch der Schraube führt.

Besprechung anhand → [EuroTabM]"

voll belastbar

14H: Härte 140HV, wenn keine besonderen Belastungen vorliegen, hier für kleine Durchmes- ser

Hinweis: für Gewinde über M39 ist das System Festigkeitsklassen nicht genormt, siehe auch Festigkeitsklassen von Muttern weiter oben.

zur Sicherung

zum Sichern mit Durchstecksplinten, bei starkem Rütteln (z.B. Nfz, Hubschrauber usw.)

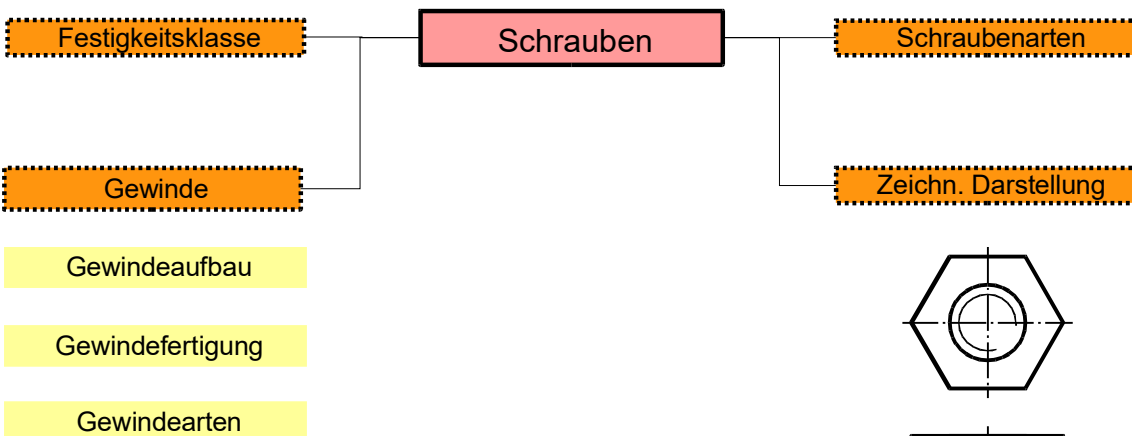
schließen Verschraubung ab, sichern Gewinde, verhindern Verletzungen

als Transportösen

Hinweis: keine Angabe der Festigkeitsklasse, sondern des Werkstoffes

[Steinhilper 2007 ]]

ME\_TA\_Schrauben.odt





Verspannungsschaubild bei Schraubverbindungen

(alternativ: Dehnschrauben für Zylinderköpfe)

- Das Verspannungsdiagramm soll hier nur dem Verständnis von Schraubverbindungen allgemein und Dehnschrauben im Besonderen dienen.

Verhalten einer Schraubverbindung beim Anziehen

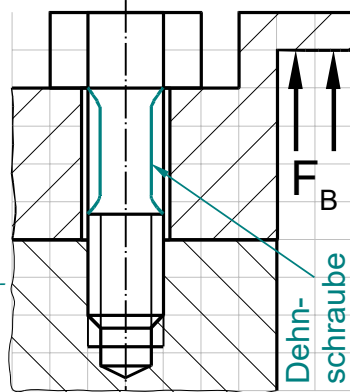
Schraube

- Zugkraft → wird länger

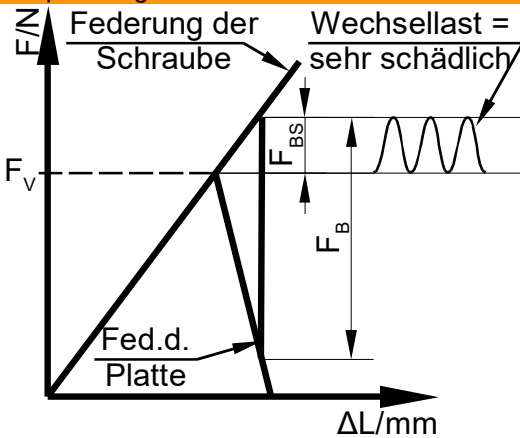
Zylinderkopf (gespannte Teile)

- Druckkraft → wird gestaucht (kürzer)

Dehnschraube erst später einzeichnen



Verspannungsschaubild einer Schraubverbindung



Schraube

- zusätzliche Zugkraft → wird noch länger
- Zylinderkopf (gespannte Teile)
- kann sich in der längeren Schraube entspannen
- Druckkraft wird kleiner
- Schraube wird entlastet

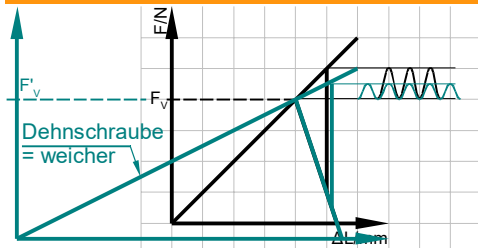
Die Schraube nimmt nur einen Teil der Betriebslast auf.

Was macht Teile kaputt?

Kleine wechselnde Kräfte belasten mechanische Bauteile mehr als große gleichbleibende Kräfte.

Kerben (z.B. Gewinde) verstärken die Belastung.

Trick: Dehnschrauben



Vertiefung

Vergleiche: Bungeespringen

Wenn das Bungeeseil die Belastung ganz sicher halten soll, müsste man eine Stahltrosse verwenden, aber die entstehende dynamische Last würde den Springer schädigen → auch hier macht man das Seil dünner, um die dynamische Last zu reduzieren. Natürlich müssen die Festigkeit und der Bremsweg weiterhin gegeben sein. Statische Last: 20 kg tragen; dynamische Last: 20 kg auffangen

Torsionsmoment in Schrauben

Leichtes Rückdrehen der Schraube nach dem Anziehen der Schraube verringert das Torsionsmoment im Schaft. (→ Vgl. Speichen am Fahrrad = lange Schraube, gut sichtbar bei Messerspeichen)

Verspannungsschaubild für Kfz optional

[Roloff/Matek 1995] S160f: "Befestigungsschrauben werden nur dann berechnet, wenn größere Kräfte zu übertragen sind und ein etwaiger Bruch schwer wiegende Folgen haben kann (z.B. bei Kraftmaschinen), wenn die Verbindung unbedingt dicht sein muss (z.B. bei Druckbehältern), oder nicht rutschen darf (z.B. bei Kupplungen) oder wenn eine „gefühlsmäßige“ Auslegung zu unsicher ist."

TZ 1: Schraubverbindung schematisch zeichnen und erläutern

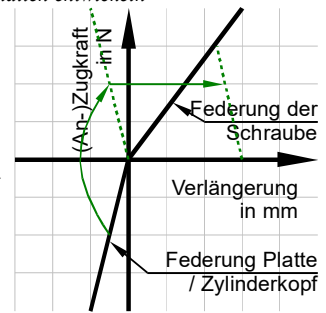
TZ 2: Überschrift setzen und das Verhalten entwickeln

- 1 Wie verändert sich eine (Zylinderkopf-) Schraube beim Anziehen?
- 2 Wie verändert sich der Zylinderkopf beim Anziehen der Schraube?

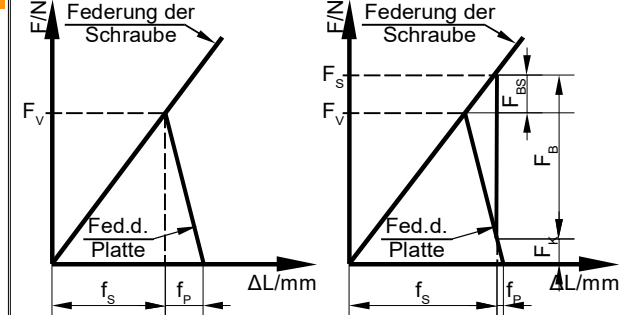
Beim Anziehen der Schraube entsteht Zugkraft, die die Schraube dehnt → Federkennlinie. Im gespannten Teil wirkt Druckkraft (-y), die Teile werden gestaucht (-x). Wichtig: Die Kennlinie ist steiler als bei der Schraube, weil die Platten mehr Querschnitt haben.

- 3 Erklären, Diagramm skizzieren
- 4 Das Diagramm ist so nicht aussagekräftig und muss verfeinert werden.

Grüne Linien: Die Federlinie der Platte (Zylinderkopf) wird um die x-Achse gespiegelt, und dann nach rechts verschoben, bis sich die beiden Federkennlinien an der Stelle der Vorspannkraft schneiden, die für beide Teile gleich groß ist.



1 Verspannungsschaubild



Fv Vorspannkraft wird beim Anziehen der Schraube eingebracht und ist für die Schraube und die Platte gleich → hier schneiden sich die Federkennlinien von Platte und Schraube.

fs, fp Federweg der Schraube bzw. der Platte

2 Wie verändert sich die Schraube, wenn Verbrennungsdruck hinzu kommt?

Die Schraube wird durch die Betriebslast FB zusätzlich belastet und gedehnt.

3 Wie wirkt sich die Last / die verlängerte Schraube auf die Platte aus?

Die Platte gewinnt in der weiter gedehnten Schraube Raum, kann sich ausdehnen und drückt dadurch nicht mehr so stark auf die Schraube → Schraube wird teilweise entlastet → demzufolge nimmt die Schraube nur einen Teil von FB auf. Wie groß der Anteil ist, hängt auch von der Art der Krafteinleitung durch den Zylinderkopf ab.

FB Betriebskraft auf die Verbindung, z.B. durch Verbrennungsdruck auf den Zylinderkopf

FS Schraubenkraft unter Wirkung der Betriebslast

FBS Anteil der Schraube an der Betriebskraft

FK Restliche Klemmkraft zwischen Zylinderkopf und Motorblock. Sie ist nötig für die Dichtigkeit oder die Reibung, die Querkräfte aufnehmen muss. Für die Klemmkraft muss das Setzverhalten der Verbindung und die Streuung im Anzugsmoment beachtet werden.

4 Verbrennungsdruck ist nicht konstant. Wie wird die Schraube belastet?

1 Wie zieht man einen Pfosten, wenn die Körperkraft nicht ausreicht? Wie bricht man einen Draht ohne Werkzeug? → rütteln, hin- und herbiegen

Untere Steine der Pyramiden von Gizeh tragen seit 2500 v.u.Z Mio t Last. Wie würden sie aussehen, wenn man sie in der ganzen Zeit mit einem kleinen Hammer bearbeitet hätte?

2 Welche Belastung hält eine Zylinderkopfschraube?

Wird mit wechselnder Last durch Verbrennungsdruck (25 Hz bei 3000/min) belastet.

1 Wie kann der Konstrukteur dafür sorgen, dass der wechselnde Anteil FBS der Schraubenkraft geringer wird, auf wenn die statische Last dadurch größer wird?

Dehnschrauben (Dünnschaftschrauben)

2 Dehnschrauben sind dünner → in Zeichnung eintragen. Welche Auswirkungen hat dies im Verspannungsschaubild?

3 Dehnt sich eine dünne Schraube mehr oder weniger bei gleicher Kraft? Wird die Kennlinie flacher oder steiler? → flacher (eintragen)

4 Wie verändert sich die Wechselast der Schraube? → wird geringer

Die statische Belastung (Vorspannkraft Fv) wird größer, weil die Klemmkraft beibehalten werden muss. Eintragen nur auf Nachfrage.

In der Regel können Schrauben, die wegen ihrer Kerben besonders empfindlich sind, wesentlich mehr statische (unveränderliche) als dynamische (veränderliche) Spannungen aushalten. Für geringere dynamische Betriebslasten akzeptiert man also höhere Vorspannkraft. Bloße Vergrößerung der Vorspannung bei gleicher Schraube ergibt aber keine Änderungen der Betriebslast. Diese Überlegungen führten zur Entwicklung von Dehnschrauben.

Dehnschrauben haben einen kleineren Querschnitt und dadurch eine flachere Federkennlinie. Bei gleicher Vorspannkraft sind sie zwar mit größeren Spannungen belastet, aber sie nehmen einen kleineren Anteil der Betriebslast auf, weil sie sich stärker ausdehnen und dadurch die Platte stärker entlastet wird. Dies ist besonders vorteilhaft bei dynamischer Belastung. Zudem entfallen die Gewindekerben am engsten Querschnitt.





## Normteile

[Planet Wissen – Normung - BRa 2012](#)

Planet Wissen am 13.06.2012 in BRa „Normung ist das Erzielen von Konsens über idR. technische Themen, die dann in Dokumenten niedergelegt sind. ..Für die Wirtschaft ist ganz wichtig .. die Norm über Qualitätsmanagement, .. dies ist eine Erfolgsgeschichte, die aus aus England gekommen ist, und die sich verbreitet hat weltweit“ (Rüdiger Marquart, Mitarbeiter des DIN). Vorläufer der Normen findet man in Teilen des MG 08/15, die erste Norm DIN 1 Kegelstifte.

### Erarbeitung anhand

[Norm\\_AB\\_01 und Norm\\_AB\\_02](#)

[Sonderschrauben für den Maschinenbau\\_FO](#)

## Vertiefung

[Kundenauftrag 5:Motorinstandsetzung: Systemanalyse Schraubenverbindungen \[Quelle ?\]](#)

**Beispiel?**

[ME\\_TA\\_Normteile.odt](#)  
Seitenumbruch



## Werkstoffe

### 1) Einleitung

Anordnung der Bauteile um den Brennraum und Kurbeltrieb aus (Kolben,) Kolbenbolzen, Pleuel und KW an Hand des **OH-Modells Viertaktmotor ohne Ventile und eines Kolben mit Pleuel** zeigen, Zustände im Brennraum schildern (Verbrennungstemperaturen bis 2000°C, Drücke bis 60 bar ≈ 2 Mercedes = 30kN bei Ø80mm)

2) Welche Eigenschaften muss ein Kolbenwerkstoff haben, um dies auszuhalten?

### Werkstoffeigenschaften (für Kfz)

#### mechanisch

Warum Motor nicht aus Kunststoff?

**Bindfaden** ziehen, **Styropor** drücken: ist das hart oder fest?

#### feste Stoffe

verformen bzw. brechen schwer

Festigkeit ist Widerstand gegen Verformung und Trennung

#### Zugfestigkeit

z.B. Pleuel beim Ansaugen

#### Druckfestigkeit

z.B. Kolben

#### Knickfestigkeit

z.B. Pleuel beim Arbeitstakt (Form)

#### Biegefestigkeit

Schalthebel, Achse (Cu?)

#### Torsionsfestigkeit

Kardanwelle (Cu?)

#### Scherfestigkeit

z.B. Kolbenbolzen (Cu, Al?)

Windschutzscheibe aus Plexiglas?

Mit dem Messer gegen Scheibe, Tisch und Tafel stoßen: ist das hart oder fest?

#### harte Stoffe

lassen andere Körper schwer eindringen, sind verschleißfest und spröde

z.B. Lack, Zylinderlaufbuchse, Lagerflächen, Nw-Laufbahnen  
Federn aus Kunststoff oder Kupfer?

#### elastische Verformung

federt zurück

#### plastische Verformung

bleibt bestehen

Kotflügel aus Glas?

#### zähe Körper

verformen statt zu brechen

#### spröde Körper

brechen fast ohne Verformung

Warum laufen Versuchsmotoren aus Keramik, aber nicht aus Kunststoff?

#### warmfeste Stoffe

behalten ihre Eigenschaften bei hohen Temperaturen

**Werkstoffeigenschaften sind nicht zu 100% oder zu 0%, sondern in verschiedenen Ausprägungen vorhanden.**

#### physikalisch

Warum Kolben aus Al statt aus GG, Tank aus Kunststoff statt Blech, Felgen aus Mg statt St?

#### dichte Stoffe

sind schwer bei geringem Volumen

z.B. Schwermetalle

Kühlerrohre aus Kunststoff?

#### Wärmeleitfähigkeit

Die Ober- und Unterkasten eines Kühlers bestehen inzwischen aus Kunststoff wegen der Gewichtersparnis.

Kabel (Leiter) aus Kunststoff?

#### Elektrische Leitfähigkeit

Ag hat höhere Leitfähigkeit, ist aber zu teuer. Al hat etwa 30% weniger Leitfähigkeit und 70% weniger Dichte, wäre pro Leitfähigkeit als leichter und billiger, ist aber weniger verformbar.

Auspuffkrümmer aus Kunststoff?

#### Schmelzpunkt

Warum steht das Kühlwasser unter einem geringen Überdruck? Vgl Dampfkochtopf.

#### Siedepunkt

### 1) Einleitung alternativ

**Video Recycling von Handys**

2) Welche Werkstoffeigenschaften wurden gezeigt?

#### chemisch

Vorteil von Kunststoffkarosserien?

Warum keine Alfa Romeo kaufen?

#### korrosionsbeständige

Stoffe werden von Sauerstoff und Chemikalien weniger angegriffen

Rost am Blech durch Feuchtigkeit, gefördert durch Salz.

Korrosion auch durch Batteriesäure.

Warum wollen manche Leute keinen Tank aus Kunststoff? Warum trägt Schumi einen Rennanzug aus Baumwolle?

Warum soll man sich Öl bald und Hydrauliköl sofort abwaschen, bzw. sogar zum Arzt?

#### brennbare und giftige

Stoffe sind gefährlich

z.B. Kraftstoff, Öle, Brems- und Kühlflüssigkeit, Bremsbeläge mit Asbest

#### Legierbarkeit

#### Entflammbarkeit

#### sonstige

Warum verchromte Stoßstangen und Metallic-Lack, Uhren aus Titan?

#### Aussehen

Warum Katalysator?

#### Umweltverträglichkeit

Und die wichtigste Eigenschaft? Viele Schüler mögen rote Ferrari und fahren rostige Golf.

#### Preis

Beachte die Formulierungen teilweise, kaum, weniger usw.

Blattaufteilung vorgeben.

Adjektive verkürzen die Formulierungen, Vereinfachungen sollen das Verstehen erleichtern

#### Festigkeit

Die Festigkeitsarten an **6 Kreidestücken** zeigen, (Lasche für die Scherung), Biegung und Knickung mit **Schweißdraht** verdeutlichen; anschließend drillmäßig wiederholen. Unterscheidung Achse-Welle-Bolzen? Mit einem **geknickten Karton** Knickfestigkeit und Formfestigkeit zeigen

#### Dichte

Einem Schüler erst einen **Klotz Roheisen**, dann einen **Klotz Wolfram** in die Hand legen, Achtung: keine Unterlage! **Schweißdraht ohne und mit Gewicht**, schnell hin- und herbewegen und die Bedeutung geringer Massen bei oszillierenden Teilen zeigen

#### Härte

Der härtere Stoff bzw. nur der Härte dringt ein.

#### Wärmeleitfähigkeit

**Versuch:** Wenn man eine glühende **Zigarette** gegen **ein Stück Stoff** drückt, gibt es ein Loch. Wenn man mit der glühenden Zigarette durch den Stoff gegen eine **Münze** drückt, wird die Wärme abgeleitet, es bleibt nur ein Brandfleck.

#### Elastizität / Plastizität

**Volgummiball** vor die Schüler auf den Boden werfen, anschließend dasselbe mit dem **Plastilinball**.

## Werkstoffeigenschaften

### 1a) Einleitung (kürzer)

Glühbirne: Welche Eigenschaften benötigt der Glühfaden?

### 1b) Einleitung (zu lang)

Anordnung der Bauteile um den Brennraum und Kurbeltrieb aus (Kolben,) Kolbenbolzen, Pleuel und KW an Hand des OH-Modells Viertaktmotor ohne Ventile und eines Kolben mit Pleuel zeigen, Zustände im Brennraum schildern (Verbrennungstemperaturen bis 2000°C, Drücke bis 60 bar ≈ 2 Mercedes = 30kN bei Ø80mm)  
Welche Eigenschaften muss ein Kolbenwerkstoff haben, um dies auszuhalten?

### 2) Kleingruppenarbeit 10'

AB Werkstoffe für Kfz und ihre Eigenschaften

- je Gruppe 2, 3 oder 4 Aufgaben (eher weniger)
- sammeln der Ergebnisse auf Folie

(Fertigungs-)Technische Werkstoffeigenschaften (Umformbarkeit, Schweißbarkeit, Zerspanbarkeit, Gießbarkeit) sind nicht im Lehrplan enthalten!

### 3) Sammeln und ordnen der Werkstoffeigenschaften

- TA MM nicht mitschreiben lassen, Platz lassen für Definitionen

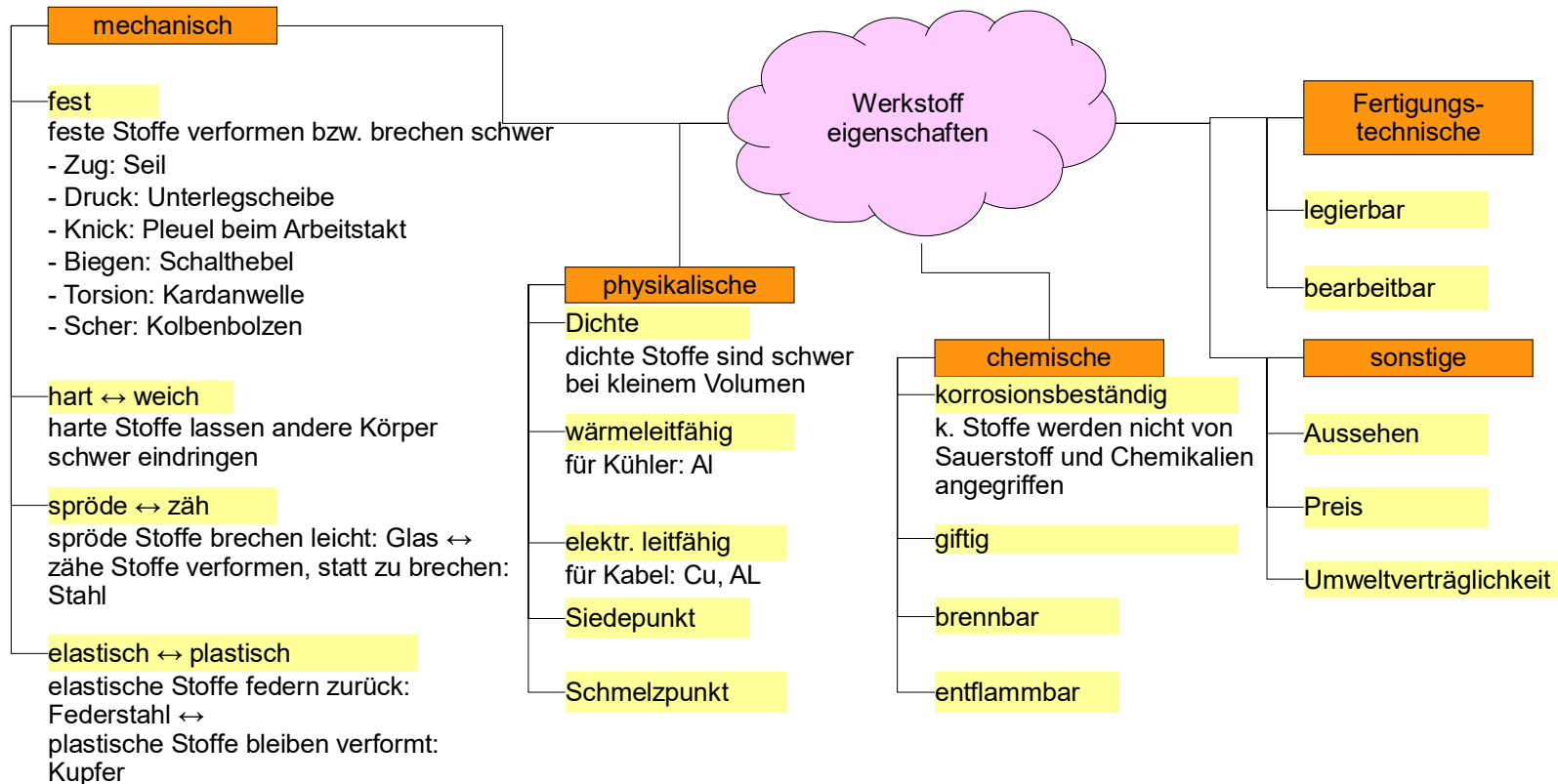
### 4) TA abschreiben

### 5) Definition der Eigenschaften, Versuche usw.

- TA ergänzen

### 6) Schlussfolgerung:

- Beachte die Formulierungen teilweise, kaum, weniger usw.



Werkstoffeigenschaften sind nicht zu 100% oder zu 0%, sondern in verschiedenen Ausprägungen vorhanden.

### Vertiefung

AB Werkstoffeigenschaften

Werkstoff\_TA\_Eigenschaften.odt



Einteilung der Werkstoffe	Metalle	Nichtmetalle	Verbundwerkstoffe
<b>Eisenmetalle = Fe + C (+ Leg.)</b>	<b>NE-Metalle</b>		<b>AM, Skizzen</b>
<b>Stahl</b> [HJTabKfz], „Stahlnormen“	<b>Leichtmetalle</b> [HJTabKfz] „Dichte“ $\rho$ in kg/dm <sup>3</sup>	<b>künstliche Werkstoffe</b>	<b>Hartmetall</b> Ventilsitzringe [3, „.]
<b>Einsatzstahl, Nitrierstahl</b> für verschleißfeste Oberfläche z.B. Achsschenkelbolzen, Federbolzen, Getriebe- welle, Getriebezahnrad, Kolbenbolzen, Nw, Kw [2]	<b>Mg Magnesium</b> $\rho = 1,8$ z.B. Kolben, Felgen in Sportwagen; niedrig belaste- te Teile in Pkw, Saugrohr bei DB (mehrere Halb- schalen reibverschweißt), Getriebegehäuse beim Käfer, Gehäuse von Spitzern	<b>Papier</b> z.B. Kraftstofffilter [2], Dichtungen	<b>Reifen</b> aus Kautschuk/Kunststoff, Stahl, Gewebe
<b>Vergütungsstahl</b> für hochbeanspruchte Teile z.B. Achsschenkel, Gelenkwelle, Hinterachswelle, Kurbelwelle, Längs- und Querlenker, Lenkgestänge	<b>Al Aluminium</b> $\rho = 2,7$ leicht, fest, gut verarbeitbar, korrosi - onsfest z.B. Bremsbacken, Kolben, Kupplungsgehäuse, Öl- wanne, Rad, Felge, Zylinderblock, -kopf, [2]	<b>Kunststoff</b> alles mögliche mit geringer Festigkeit und Tem- peraturbeständigkeit	<b>Verbundglas</b> <b>Keilriemen</b>
<b>Ventilstahl, Federstahl usw.</b> für besondere Aufgaben z.B. Aus-/Einlassventil, Federn Ventilfedern, [2]	<b>Ti Titan</b> $\rho = 4,5$ z.B. Armbanduhr, Flugzeuge; nach ein Schwermet- tall	<b>Glas</b> durchsichtig, verschleißfest	<b>CFK, GFK</b> Kohle- oder glasfaserverstärkte Kunststoffe, zur Ge- wichtersparnis
<b>Baustahl</b> für nichts besonderes z.B. Bremsbacken, Rahmen [2]		<b>Keramik</b> z.B. Zündkerze,	<b>Verbundguss</b> z.B. AL-GG-Verbundguss für Bremsstrommeln oder Zylinder [2], Mopedzylinder
<b>Gusseisen</b> z.B. Auspuffkrümmer, Bremsstrommel, Kurbelwelle, Nockenwelle, Ventilführung, Ventilsitzring, Zylinder, -buchse, -block, -kopf, Gusseisen, [2]	<b>Schwermetalle</b> [HJTabKfz] „NE- ...“	<b>Natürliche Werkstoffe</b>	Genügen diese Stoffe zum Herstellen und Betrei- ben?
<b>Kugelgraphitguss</b> z.B. Bremsscheibe, [2]	<b>Zn Zink</b> $\rho = 7,13$ z.B. K-pumpen-, Vergasergehäuse [2], Korrosions- schutz	<b>Holz</b> z.B. Innenausbau, früher tragende Karosserien	<b>Hilfsstoffe</b> zum Bearbeiten oder Betreiben
<b>Temperguss</b> z.B. Bremsbacken, Bremsstrommel, [2]	<b>Cr Chrom</b> $\rho = 7,2$ z.B. Stoßstangenbeschichtung, [2]	<b>Leder</b> z.B. Sitzbezüge	<b>Treib- und Schmierstoffe</b>
<b>Schleuderguss</b> z.B. Kolbenringe, [2]	<b>Sn Zinn</b> $\rho = 7,3$ z.B. Kühler, [2] Lager, sonst kaum noch im Kfz FO Verzinnen von	<b>Asbest</b> z.B. Bremsbeläge, Abschirmung des Auspuff hitzebeständig, krebserregend	<b>Schutzmittel</b> z.B. Lacke
<b>Stahlguss</b> z.B. Anhängerkupplung, Bremsscheibe, Bremsstrom- mel, Radstern, [2]	<b>CuZn (Messing)</b> $\rho = 7,5..8,8$ z.B. Kühler, [2] Lager, sonst kaum noch im Kfz	<b>Naturfasern</b> Reifen, Textilien, Dichtungen (Hanf-Dichtung für Saurer)	<b>Reinigungsmittel</b>
	<b>CuSn (Bronze)</b> $\rho = 8,4..8,7$ z.B. Ventilführung, [2], Ventilsitzringe		<b>Sprengstoff</b> z.B. Airbag
	<b>Cu Kupfer</b> $\rho = 8,9$ z.B. Kühler [2], Kabel Für Kabel, weil es billiger als Ag und zäher als Al ist	<b>Kautschuk, Gummi</b> Reifen, meist durch Kunststoff ersetzt; Hilfs- federn und Anschläge, weil Naturgummi be- sonders elastisch ist.	<b>Schleif- und Poliermittel</b> <b>Kühlschmierstoffe</b>
	<b>Ni Nickel</b> $\rho = 8,91$ z.B. Legierungselement, Batterie		
	<b>Pb Blei</b> $\rho = 11,3$ z.B. Batterie, Lager		
	<b>Au Gold</b> $\rho = 19,3$ z.B. Kontaktflächen von Steckern		
	<b>Pt Platin</b> $\rho = 21,5$ z.B. Katalysator		

Kolbenbolzen aus Nitrier- oder Einsatzstählen zeigt, dass beide Werk-  
stoffe dasselbe leisten

7 *Aufgabe in 4 Gruppen:*  
*FO Aus welchen Werkstoffen besteht ein Kfz?*

8 *Aufgabe der 5. Gruppen:*  
Aktuelle Zeitungsartikel: Welche Werkstoffe werden in den beschrie-  
benen Kfz eingesetzt? Notiere jeden Werkstoff auf einen Extra-Zettel  
mit dicken Stiften auf halbierte A4-Seiten oder auf Folie.

9 *4 Spalten entwickeln, TA*  
Wichtigster Werkstoff für uns: Metall, Eisen. Alles andere: NE-Metalle.  
Sonstiges: Verbundwerkstoffe.

10 *gefundenen Werkstoffe zuordnen*  
Schüler nennen Bauteil und kleben ihre Zettel mit dem Werkstoff auf  
die nasse Tafel in die richtigen Spalten

11 *Eisenmetalle in St und Guss einteilen*  
Schwarze Finger beim Arbeiten mit Eisenguss deuten auf hohen C-Gehalt  
hin, Grenze vorgeben.

12 *Begründung für die Verwendung von St*  
aus [HJTabKfz] „Stahlnormen“ entnehmen

13 [HJTabKfz] „Gusseisen“ zeigen  
aber nicht im Einzelnen durchführen

14 *Wiederholung*  
Anwendungsbeispiele für die einzelnen Stahlsorten und Gusseisen ins-  
gesamt abfragen und eintragen.

15 *NE-Metalle nach Dichte sortieren*  
Unterschied zw. Al und Pb  $\rho$  Dichte aus [HJTabKfz] „Stoffwerte“ auf die  
Zettel schreiben, sortieren. Einteilung erfragen, Grenze vorgeben.

16 *chem. Abkürzungen für NE-Metalle*  
aus [HJTabKfz] „chemische Elemente“ im TA nachtragen

17 *Warum wird mehr Al als Mg verwendet*  
[HJTabKfz] „Leichtmetalle“ lesen und diskutieren: nicht die einzelne Ei-  
genschaft Dichte von Mg entscheidet, sondern die Summe der Eigen-  
schaften von Al.

Werkzeugstahl; Edel-, Qualitäts- und Grundstähle ist eine Frage der  
Reinheit.



## Korrosion

Zerstörung von Werkstoffen durch Reaktion mit Stoffen der Umgebung

AM verrostetes Teil

Ein : Wie ist dieser Schaden entstanden ?

Vollständige Definition: Angriff und Zerstörung metallischer Werkstoffe durch chemische oder elektrochemischen Reaktionen mit Wirkstoffen der Umgebung

Versuch: Magnesium verbrennenA

A 1. Welcher Stoff brennt hier ? Magnesium + Sauerstoff

2. Unter welchen Voraussetzungen tritt diese Reaktion ein ?

Bei hoher Temperatur reagiert ein Metall direkt mit einem aggressiven Stoff, z.B. Sauerstoff  $O_2$ ,  $SO_4$  im Abgas. Auch bei niedrigen Temperaturen findet elektrochemische Korrosion statt: e- aus z.B. Eisen reagieren mit den H-Ionen im Wasser zu  $H_2$  (gast aus), während  $Fe^{+}$  mit  $O_2$  und  $OH^-$  zu  $FeO(OH)$  reagieren (Eisenhydroxid = Rost).

Ültg Autos rosten auch bei niederen Temperaturen.

B 1. In welcher Jahreszeit ? Welche Umstände tragen dazu bei ? Salz, Wasser

2. An welchen Stellen korrodieren Autos am liebsten ?

An Kanten, wo zwei Bleche zusammenstoßen.

E. Iektrochemische Korrosion tritt auf, wenn 2 Metalle leitend verbunden sind und ein Elektrolyt (=elektrisch leitende Flüssigkeit; meist Wasser + Salz) anwesend ist.

AB Vorgange bei der elektrochemischen Korrosion nicht unterrichten

3. TA

D 1. Welche Effekte haben zwei Metalle und ein Elektrolyt

Versuch: galvanisches Elemen mit verschiedenen Blechen

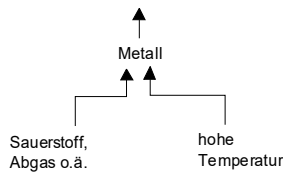
2. Korrosion kann man leicht sehen, Spannung muss man messen.

3. Woran erinnert der Aufbau ?

EuroKfz23 S430 "Batterie"

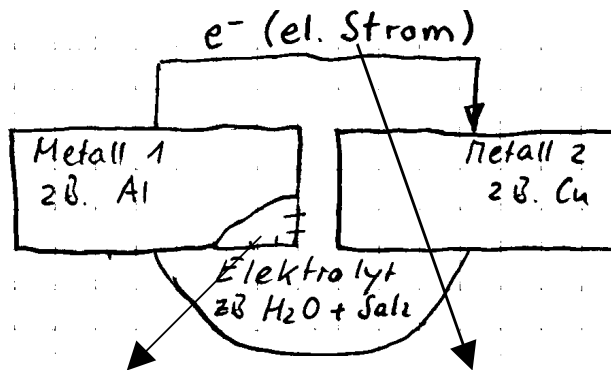
Kfz-Batterie: S.193 „Akkumulator, Batterie“

### chemische Korrosion

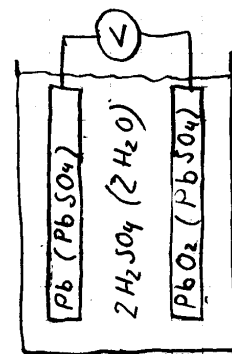


B. Verzundern beim Schweißen, Härten oder Schmieden; Auspuff; Batteriesäure

### elektrochemische Korrosion



### ↔ Batterie



### Schutzschichten

Manche Metalle korrodieren kaum, weil sie eine schützende Deckschicht bilden, z.B. Al, Cu

Das unedlere Metall wird zerstört

Eine elektr. Spannung entsteht

→ elektrochemische Spannungsreihe

→ HJTabKfz18 S.260 „Korrosion“

gibt die el. Spannung und das unedlere Metall an

E elektrochemische Spannungsreihe

1. Wo sind die edlen und unedlen Metalle (Stoffe)?

Metalle links von  $H^+$  sind unedel, rechts edel

2. Warum werden Kfz-Karosserien mit Zn beschichtet?

Zn Opferanode für Fe, Zn Korrodiert zuerst

3. An einer verchromten Stoßstange rostet meist zuerst der Stahl, warum?

Cr wird passiviert ( $O_2$  bildet Deckschicht auf Cr). Dadurch werden auch Cr-haltige

Stähle Korrosionsbeständig

4. Warum korrodiert Al nicht, aber Ag?

Dckschicht

5. Gegen welche Stoffe macht Cr beständig (TabB)?

andere Elektrolyte wie  $SO_4$ -Lösungen

6. Welche Metalle sind gegen  $H_2SO_4$  beständig?

Werkstoff\_TA\_Korrosion.odt

### Vertiefung

Versuch: Batterie aus Apfel und Nägel mit Amperemeter

Wie verhalten sich (mit Spannungsreihe im TabB)

Stahlnagel in verzinkter Dachrinne

Al-Bleche mit Kupfernieten

Verzinktes Stahlblech mit Kratzer

Verzinntes Stahlblech mit Kratzer

Lagerbuchse aus PbSn in Stahl

Welche Spannung hat eine Zink-Kohle-Batterie

Wieso können Batterien auslaufen ?



### Wälzlager

Entwicklung mündlich, dann Eintrag ins  
AB Wälzlager: Bauarten und Betriebsbedingungen

### andere Anwendungen:

AM Kugelumlaufspindel, Linear-Wälzlager

### Aufbau

- innerer und äußerer Laufring (können entfallen)
- Wälzkörper (Kugeln, Zylinder, Kegel, Tonnen, Nadeln, mehrreihig?)
- Lagerkäfig (kann entfallen)
- Schmiermittel

### Bauarten und Eigenschaften

→ [EuroTabM46] "Wälzlager, Auswahl"

### Rillenkugellager

- mittlere radiale und axiale Kräfte
- höhere Drehzahlen (wg. Flächenträgheitsmoment)
- billiger

### Zylinderrollenlager

- größere Kräfte möglich

### Pendelrollenlager

### Toroidalrollenlager

Wälzkörper sind ähnlich länglichen Tonnen

### Auswahlkriterien

Platzverhältnisse, Belastung, Schiefstellung, Genauigkeit, Drehzahl, Geräuscharmer Lauf, Steifigkeit, axiale Verschiebbarkeit, Ein- und Ausbau, Abdichtung

### Vertiefung

### Schmierung

Fett (häufig auf Lebensdauer) schützt gegen Schmutz  
Öl (-bad, -umlauf, -nebel)

### Ein- und Ausbau

schrumpfen  
pressen  
schmutzempfindlich

### Lageranordnung

Jede Lagerung benötigt genau ein Festlager, das axiales Verschieben verhindert (axiale Kräfte aufnimmt). Alle anderen Lager müssen Loslager sein, damit die Lagerung nicht verkleben kann.

### Sonstiges

### Vertiefung

### AM mitlaufende Zentrierspitze

- 1 Welches Bauteil (Reitstockspitze, Körnerspitze, Pinole)
- 2 Welche Kräfte muss das Teil aufnehmen und wohin werden sie geleitet  
hohe radiale Kräfte durch Gewicht des Werkstückes und Zerspankräfte; hohe axiale Einspannkräfte drücken auf die Zentrierspitze; geringe axiale Kräfte durch Eigengewicht und beim Ausspannen sollen über den Werkzeugkegel in den Reitstock
- 3 Zentrierspitze muss drehbar gelagert werden. Wie ist sie gelagert?  
Wälzlager, der Begriff fasst Kugellager und Rollenlager zusammen.
- 4 Warum verwendet man keine Gleitlager  
Gleitlager benötigen hohe Drehzahlen, haben hohes Anlaufmoment und Verschleiß beim Anlaufen, beim Drehen gibt es häufig niedrige Drehzahlen und Anlaufen.

### AM verschiedene Wälzlager, Perla aufgeklappt

- 5 Welche Teile haben alle Wälzlager gemeinsam?
- 6 Aufgaben des Lagerkäfigs  
Wälzkörper gleichmäßig auf Umfang verteilen  
verhindert bei zerlegbaren Lagern das Auseinanderfallen der Wälzkörper
- 7 Eigenschaften und Werkstoffe für Lagerkäfig und Lauffläche?  
Lauffläche: gehärteter, geschliffener, polierter Stahl für geringen Verschleiß  
Käfig aus weichem Messing, siehe Werkstoffe für Gleitlager
- 8 Aufbau eines Wälzlagers beschriften  
AB Wälzlager
- 9 Welcher nicht zum Lager gehörende Stoff ist unverzichtbar: Schmierstoff
- 9 Tragen Sie die Kräfte ein, die auf die Zentrierspitze wirken.
- 10 Wie nennt man Kräfte, die in Richtung Drehachse / Radius wirken?
- 11 Wählen Sie geeignete Lager aus der Übersicht aus?  
- Kriterien: Aufnahme der Kräfte, Einbaumaße: Nadeln nach Abmaßen; Axiallager wegen der großen axialen Kraft; Kerola, Schrörola oder Rikula für kleine axiale Kraft  
Veranschaulichung der größeren Auflagefläche  
Versuch Wälzkörper (Rolle, Kugel) auf Folie stempeln

Eigenschaften laut [SKF 2008] S.34  
- für mittlere Radiallasten und Axiallasten  
- geringe Reibung  
- sehr hohe Genauigkeit möglich  
- geräuscharm möglich

### AB Wälzlager Aufgabe 4

### AM zerlegte Zentrierspitze

Enthält Radial-Rikula (Lager billig, genau, mittlere axiale Kräfte möglich, nicht nachstellbar).

Eigenschaften laut [SKF 2008] S.34

- sehr hoch belastbar
- winkelbeweglich

Eigenschaften laut [SKF 2008] S.780: „CARB Toroidalroller sind einreihige Lager mit langen, leicht balligen Rollen. Die Laufbahnen im Innen- und Außenring sind konkav ausgeführt und liegen zentrisch zur Lagermitte. Die optimal aufeinander abgestimmten Laufbahnprofile stellen eine vorteilhafte Spannungsverteilung im Lager und reibungsarmen Lauf sicher.

- winkelbeweglich
- axial beweglich
- sehr hohe Tragfähigkeit

[Steinhilper 2007 II] S.140

### Ähnliche Maschinenelemente

### Linearwälzlager, Kugelumlaufführung

Bild Linearwälzlager → [Steinhilper 2007 II] S.147

### tgtm NP2009/10-3 Seilwinde

### tgtm HP2007/08-3 Rollenhalterung

Schrumpfen mit Trockeneis bei -50°C oder im Ölbad bei 80-100°C.

Ein- oder auspressen mit Abziehvorrichtung oder Montagehülse, damit die Kraft nicht über die Wälzkörper geleitet wird.

### Korrosionsschutzmittel nie entfernen als Schutz gegen Schmutz

- 1) Wie viel Spiel soll die Spindel haben?  
Das Lagerspiel soll gering sein und ist mit einem Hakenschlüssel über die Mutter einstellbar. Die Mutter soll auch gegen Schmutz von außen und Fett von innen dichten. Lager mit einstellbarem Spiel sind einreihige SchröKuLa, KeRoLa (Roloff/Matek).
- 2) Wie verändert sich die Spindel beim Dauereinsatz?  
Reibung, Wärme, Temperaturerhöhung, Längenausdehnung, Verspannen, Klemmen.
- 3) Rechenbeispiel  
Stahl, l=100mm, Dt=10K, Dl=0,01mm; Rikula, Normalklasse, Bohrung  $\varnothing$  30mm, Lagerluft (radial l) = 2...20  $\mu$ m (SKF Hauptkatalog 1984 S113)  
Bilder von Wälzlagerschäden → [Steinhilper 2007 II] S.188ff

### FO verschiedene Lagerungen

### FO Kreissägenwelle o.ä.

Ültg können Rikula als Loslager eingesetzt werden?

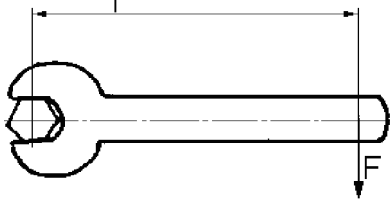
Ja, bei geeigneter Auswahl der Passungen → TabB



Mathematik

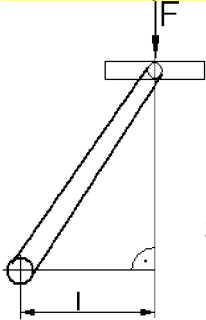
Drehmoment, Hebel

z.B. Schraubenschlüssel



**(Dreh-)Moment**  $M = F \times l$  [in Nm]  
Kraft x Hebelarm

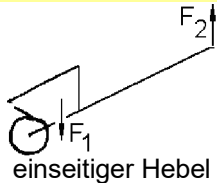
z.B. Fahrradpedal



Hebelarm senkrecht zur Kraftlinie  
oder  
Der Hebelarm ist der kürzeste Abstand  
zwischen Drehpunkt und Kraftlinie

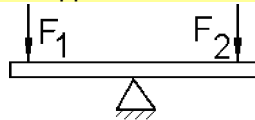
Gleichgewichtsbedingungen  
bei mehreren Momenten

z.B. Schubkarre



einseitiger Hebel  
 $\Sigma M = 0$  (Summe aller Momente)  
 $\Sigma F = 0$  (Summe aller Kräfte)

z.B. Wippe



zweiseitiger Hebel

oder  $\Sigma M_{li} = \Sigma M_{re}$   
Summe der links drehenden Momente = Summe der rechts drehenden Momente

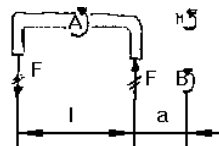
Kräftepaare

bestehen aus zwei gleich großen, parallelen, entgegengesetzt wirkenden Kräften. Sie drehen einen freibeweglichen Körper ohne ihn zu verschieben.

z.B. Fahrradlenker

A:  $M = F \cdot \frac{l}{2} + F \cdot \frac{l}{2} = F \cdot l$

B:  $M = F \cdot (l + a) - F \cdot a = F \cdot l$



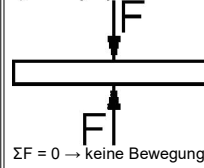
Vertiefung

FTM, MVK: ca. 90' Zeitbedarf (ca. 45' ohne Übungen)

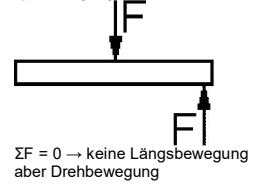
TG: entfällt

1) Ein: Bleistift o.ä. auf dem OH-Projektor anschieben

2) Kräfte fluchten



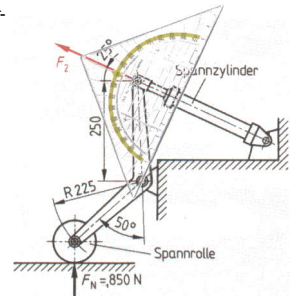
3) Kräfte fluchten nicht



4) Wie erfasst man „Drehkräfte“ ?

Merke: Einheit Nm = J gilt auch für die Arbeit und darf dennoch nicht verwechselt werden  
 $W = F \times s$   $F \parallel s$  parallel  
 $M = F \times l$   $F \perp l$  rechtwinklig

Der Hebelarm kann mit dem Geodreieck ermittelt werden: Kraft auf die 90°-Linie, Hypotenuse durch den Drehpunkt, Hebelarm an der Skale ablesen:  
Quelle des Bilduntergrundes: [EuroRBM]



1) Wie Verhältnisse, wenn mehrere Momente auftreten

Erinnere: Gleichgewichtsbedingung bei Kräften

→ Gleichgewichtsbedingung bei Drehmomenten

Zwar mit  $\Sigma F = 0$  beginnen, dies zunächst eine Zeile frei lassen und dann  $\Sigma M = 0$  darüber schreiben, weil man bei der Berechnung damit anfangen sollte.

gebogene Pfeile ergänzen

Ültg: Schüler sollen einen Gegenstand mit einer Kraft drehen.

Geht nicht, immer ist Reibung, Gravitation, Trägheit oä. im Spiel.

1. Einzelkräfte gibt es nicht und 2. sie würden sie keine Drehung bewirken. Ohne Reibung, Lager, Trägheit o.ä. gäbe es nur eine Verschiebung.

Wird durch je zwei kurze Striche gekennzeichnet (wie parallele Linien)

Für das Moment am Lenker spielt es keine Rolle, ob man es im Punkt A oder im Punkt B berechnet: Die Differenz der Hebelarme ist an jedem Punkt gleich, deshalb ist das Drehmoment an jedem Punkt gleich. Da die Kräfte sich ansonsten aufheben, kann dieses Kräftepaar durch jedes andere mit gleichem Drehmoment ersetzt werden.

Am Faden aufgehängtes Lineal einführen

FTM: [Böge Aufg.] Aufgabe 1..8

MVK: [EuroRBM]



## Drehmoment – Leistung – Drehzahl

- 1) Drei durchtrainierte Sportler machen mit beim Wettbewerb: „Wer zieht des schwersten Lkw“. Es sind:
- ein Weitspringer, der die größte Höchstgeschwindigkeit erreicht
  - ein Radfahrer / Fußballer / Zehnkämpfer, der die größte Dauerleistung schafft
  - ein Gewichtheber, der am meisten Kraft hat
- Wer wird den Wettbewerb voraussichtlich gewinnen und warum ?  
 Der Kraftsportler, weil zum Anfahren Kraft benötigt wird.
- 2) Ein Rad-/Pkw-Fahrer fährt mit Höchstleistung auf einen steilen und langen Berg zu. Wie muss er sich verhalten, um fahrend über den Berg zu kommen ?  
 Zurückschalten, damit am Antriebsrad mehr Kraft verfügbar wird. Allerdings geht dies auf Kosten der Geschwindigkeit.

## Kraft

Zum Fahren (Anfahren, Steigungen, Beschleunigen, Fahrwiderstand) benötigt man vor allem Antriebskraft.

## Drehmoment und Drehzahl

### Bild Versuch mit dem Lineal

Bei drehenden Teilen sind Kraft und Geschwindigkeit nicht einheitlich. Deshalb gibt man bei Motoren an:

**Drehmoment M statt Kraft F**

**Drehzahl n statt Geschwindigkeit v.**

**Bild Motor – Kupplung – Getriebe – Antriebsstang – Differential – Rad**

Eintragen: Moment, Drehzahl, Geschwindigkeit v, Antriebskraft F

## Getriebe

Im Getriebe können Drehmoment und Drehzahl gegeneinander eingetauscht werden, zB.  
 bergauf braucht man Drehmoment, muss zurück schalten und verliert Drehzahl  
 bergab braucht man weniger Drehmoment, kann hoch schalten und gewinnt Drehzahl  
 Schalten muss man wegen des Drehmomentes

## Leistung

Hohe Leistung heißt, dass das ein großes Drehmoment auch bei hohen Drehzahlen möglich ist. Damit kann man den Fahrwiderstand auch bei hohen Geschwindigkeiten überwinden.  
 Mit niedriger Leistung kann man dennoch jede Arbeit verrichten, allerdings nur langsam.

## Berechnungen

## Raddrehzahl

möglicher Lösungsweg:  
 Kfz-Schein: Reifen (20, 21) und Höchstgeschwindigkeit  
 TabB: dynamischer Halbmesser  
 Umfang des Reifens berechnen  
 Anzahl der Umdrehungen per Dreisatz.

## Leistungsverlauf

## Vertiefung

Datenblätter von Pkws mit Otto- und Dieselmotoren mit vergleichbarer Leistung, zB. aus mot

- 3) Im Vergleich von Pkws mit Diesel- und Otto-Motoren vergleichbarer Leistung stellt man fest, dass die mit Dieselmotor meist schneller von 0 auf 100 km/h beschleunigen. Warum?  
 Dieselmotoren haben ein höheres Drehmoment (=Antriebskraft), das man zum Beschleunigen braucht. (Einschränkung s.u.)
- 4) Bei manchen Fahrzeugen ist der 5. Gang so lang übersetzt, dass sie ihre Höchstgeschwindigkeit im 4. Gang erreichen. Wie kann es dazu kommen, und warum wird der letzte Gang so stark übersetzt ?  
 Mit höherem Gang wird die Rad-Drehzahl erhöht, aber das Drehmoment am Antriebsrad (=Antriebskraft) gesenkt. Wenn der höchste Gang zu lang übersetzt ist, reicht die Kraft nicht mehr aus, um den Fahrwiderstand bei Höchstgeschwindigkeit zu überwinden. Ähnlich geht es bei einem Pkw-/Radfahrer, wenn er am Berg einen zu hohen Gang wählt: dann kann er langsamer werden als im niedrigen Gang.

## FO Truck Pulling

- II) 1) Wenn die Antriebskraft so wichtig ist, wo steht sie im Kfz-Schein ?  
 Gar nicht: Kfz-Schein enthält rechtlich bzw. steuerlich wichtige Angaben.
- 2) Autozeitschriften sind kundenfreundlicher. Wo steht dort die A-Kraft ?  
 Für Motoren wird nur Drehmoment angegeben
- 3) Warum gibt man bei Motoren Drehmoment statt Kraft an ?  
**Versuch: Drehmoment mit dem Tafellineal (oder einer Türe)**  
 Ein Tafellineal wird in der Öse drehbar eingehängt. Der Lehrer drückt bei 50cm, ein Schüler soll dagegen halten. Erkenntnis: Die Gegenkraft, die der Schüler aufbringen muss, hängt davon ab, wo er dagegen hält. Je näher am Drehpunkt er eingreift, desto mehr Kraft muss er aufbringen.  
 Außen braucht man wenig Kraft, erreicht aber eine große Geschwindigkeit. Anwendung: Schnellzugdampflok mit großen Rädern ersparen Getriebe.  
 Innen braucht man viel Kraft, bzw. kann der Widerstand leicht überwunden werden. Anwendung: Lager mit kleinem Radius haben weniger Widerstandsmoment; Kuhfuß; Brechstange; Kapselheber; Schallhebel; Bremspedal;
- 4) Auch die Geschwindigkeit hängt vom Radius ab:  
**Versuch: Schülerreihe um einen Drehpunkt schwenken**  
 Eine Gruppe Schüler stellt sich nebeneinander und schwenkt um den äußersten linken Schüler. Alle Zweifler stehen rechts in der Reihe, sie müssen sehr schnell laufen, um nebeneinander zu bleiben.
- III) 1) Diesel haben hohes Drehmoment und niedrige Drehzahl, Otto umgekehrt, trotzdem sind Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit fast gleich ? Wie ist das möglich ?
- 2) Jan Ullrich fährt mit viel Kraft und langsamem Tritt, Lance Armstrong schnell mit weniger Kraft, auch sie sind (fast) gleich schnell.
- IV) 1) Wo bleibt die Leistung ? Was sagt sie aus ?
- 1) Ein alter Traktor / Bulldog mit 13 PS kann einen schweren Anhänger einen steilen Berg hoch ziehen. Ein modernes Auto mit 100 PS tut sich damit schwer. Warum ?  
 Der Traktor macht es sehr langsam. Das Auto kann es nicht, weil es mit seinem Getriebe gar nicht so langsam kann, dass genügend Drehmoment da ist.

Interview mit Mario Illien, DER SPIEGEL 07/2003

Mögliche Fortsetzung:

- Drehmomentverlauf, Leistungsberechnung, Leistungsverlauf
- Drehzahlberechnungen
- Übersetzungen

- 1) Wie groß ist die Raddrehzahl bei Höchstgeschwindigkeit ?
- 2) Vorgehensweise  
 Lösung in Kleingruppen erarbeiten lassen  
 Eine Gruppe trägt vor, Diskussion  
 Lehrer stellt den Lösungsweg übersichtlich dar  
 Anschließend Zettelarbeit mit neuer Aufgabe
- 3) Ziel  
 Lösung selbstständig finden bzw. austauschen.

- 1) Drehmoment, Leistungsschaubild vorgeben. Drehmomentverlauf kann der Konstrukteur festlegen. Wie kommt man auf die Leistungskurve ?
- 2) Vorgehensweise

Lehrer  $P = F \cdot v$ ;  $v$  aus Dreisatz,  $M$  aus dem Linealbild, einsetzen;  $P = 2\pi \cdot n \cdot M$   
**AB Drehmoment\_Leistung\_Verlauf**

mot 09/2009



## Dichte

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ dm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{1000 \text{ g}}{1000 \text{ cm}^3} = 1 \frac{0,001 \text{ t}}{0,001 \text{ m}^3}$$

## 1001 Stahlkugeln → m (V, ρ)

Geg: a) b)  
n = 1000 Stahlkugeln n = 1 Styroporkugel  
d = 1mm Ø d = 1m Ø

Ges: Masse m in kg  
Weg: Durchmesser Ø, Stückzahl n ⇒ Volumen  
Volumen V, Dichte ρ ⇒ Masse m

Lsg: a)  $V_{\text{Kugel}} = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{\pi \cdot (1 \text{ cm})^3}{6} = 0,5236 \text{ cm}^3$

V1 = m

$$V = 1000 \cdot 0,524 \text{ mm}^3$$

$$\rho_{\text{Stahl}} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$$

$$m = 4,1 \text{ g}$$

b)  $V = 0,524 \text{ m}^3 = 524 \text{ dm}^3$

$$\rho_{\text{Styropor}} \approx 0,2 \text{ kg/dm}^3$$

$$V \cdot \rho = m$$

$$m = 104,7 \text{ kg}$$

## Kupferkabel → Aluminium

Geg: Kupferkabel Ø1,5mm x 1m  
Aluminiumkabel Ø1,75mm x 1m

a) Gewicht Kupferkabel ?

$$V_{\text{Cu}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot (1,5 \text{ mm})^2}{4} \cdot 1 \text{ m} = 1767,1 \text{ mm}^3$$

$$m_{\text{Cu}} = V_{\text{Cu}} \cdot \rho_{\text{Cu}} = 1767,1 \text{ mm}^3 \cdot 8,96 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3} = 15,8 \text{ g}$$

b) Gewicht Aluminiumkabel ?

$$V_{\text{Al}} = \dots = \frac{\pi \cdot (1,75 \text{ mm})^2}{4} \cdot 1 \text{ m} = 2405,3 \text{ mm}^3$$

$$m_{\text{Al}} = V_{\text{Al}} \cdot \rho_{\text{Al}} = 2405,3 \text{ mm}^3 \cdot 2,7 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3} = 6,5 \text{ g}$$

c) Gewichtersparnis in Prozent ?

$$m_{\text{Spar}} = m_{\text{Cu}} - m_{\text{Al}} = 15,8 \text{ g} - 6,5 \text{ g} = 9,3 \text{ g}$$

$$\%_{\text{Spar}} = \frac{m_{\text{Spar}}}{m_{\text{Cu}}} = \frac{9,3 \text{ g}}{15,8 \text{ g}} = 58,98 \%$$

## Goldraub → m (V, ρ)

a) Geg: 5'000'000 € in Gold Ges: Masse m  
Preis ca 10000€ / kg

Weg: Wert, Preis → Masse m  
Masse m, Dichte ρ → Volumen V  
Dreisatz, Formel

Lsg: ca. 500kg

b) Geg: 500kg Gold Ges: Volumen V

Lsg:  $\rho_{\text{Gold}} = 19,3 \text{ kg/dm}^3$  aus TabB

aus Dreisatz entwickeln, siehe rechts

$$V = 25,9 \text{ l} (\cong 2 \text{ Paletten Tütenmilch} \cong 25 \text{ DM})$$

## Goldraub 2 → m (V, ρ)

Geg: a) Aktenkoffer voll 500€-Scheinen  
b) Aktenkoffer voll Gold

Ges: Welchen Koffer bevorzugen Sie ?

Lsg Goldkoffer bringt ca. 10 Mio, wiegt 365 kg  
Geldkoffer bringt knapp 20 Mio €.

## Gold 3

Geg: Weltweiter Goldbestand beträgt ca. 170'000 t  
Ges: Welche Kantenlänge hätte die Menge als Würfel.

## Einarbeiten: Eine Senftüte in einer mit Wasser gefüllten Plastikflasche steigt und sinkt mit dem Druck auf die Flasche.

[Schneider21] Bautabellen S.3.15 verwendet den Begriff 'Wichte' [kN/m³] statt 'Dichte' [t/m³].

## Variante 1

Ein:

1) Gegeben: 1001 Stahlkugeln, welche räumt ihr lieber auf? Jeden Schü -  
ler schätzen lassen und an der Tafel notieren, anschließend berechnen.

2) Lösungsweg festlegen

2) Volumen (a) berechnen lassen

2) Dichte von Stahl (a) aus dem Tabellenbuch

2) Ermittlung der Masse durch den Dreisatz anschreiben

Dichte = 7,85kg/m³ bedeutet:

$$7,85 \text{ kg} \cong 1 \text{ dm}^3$$

$$525 \times 7,85 \text{ kg} \cong 525 \text{ dm}^3$$

2) Dichte von Styropor (b) aus der Eindringtiefe in Wasser abschätzen

2) Welchen gegebenen und gesuchten Größen entspricht diese Rechnung  
(linke Seite)?

Wie kann man sie zur Gleichung ergänzen?

Ggfs: Lehrer ergänzt die Einheiten :

$$m = V \cdot \rho = 525 \text{ dm}^3 \cdot 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 4121 \text{ kg}$$

## Spezifische Leitwerte einbeziehen

3) Eine Goldräuber möchte mit dem letzten Coup ausgesorgt haben und  
beschließt, für 2Mio DM Gold zu rauben. Passt es in seinen Koffer -  
raum?

4) Lösungsweg festlegen

5) Masse per Dreisatz errechnen lassen

6) Ermittlung des Volumens durch den Dreisatz anschreiben

Dichte = 19,3kg/m³ bedeutet:

$$19,3 \text{ kg} \cong 1 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ kg} \cong 1 \text{ dm}^3 / 19,3$$

$$500 \text{ kg} \cong 500 \times 1 \text{ dm}^3 / 19,3$$

7) Welchen gegebenen und gesuchten Größen entspricht diese Rechnung  
(linke Seite)? Wie kann man sie zur Gleichung ergänzen?

8) Volumen des Aktenkoffers an Hand einer Schülertasche schätzen.  
 $V \approx 12 \times 45 \times 35 \text{ cm}^3 \approx 19 \text{ l}$

9) Volumen der gepackten Tausender an Hand eines Buches schätzen  
TabB hat ca. 350 Seiten à 3 Scheine = 1Mio DM  $\cong 0,5 \text{ l}$

Die Erdkruste enthält durchschnittlich ca 4g Au / 1000 t, örtlich bis mehrere g Au / t.  
Gold als Lebensmittelzusatz hat die Nr. E175.





## Wo tanken ?

## Welche Größen spielen eine Rolle?

Umweg = 2 x Entfernung	→ App
Preis pro Liter	→ App
Zu tanken	40 l
Spritverbrauch	10l/100km

## Beispielrechnung

Tankstelle 1 (weiter und billiger):

Daten:	1,380 €/l; 18,0 km Entfernung
Umwegverbrauch:	$2 \cdot 18,0 \text{ km} \cdot \frac{10 \text{ l}}{100 \text{ km}} = 3,60 \text{ l}$
insgesamt zu tanken:	$40 \text{ l} + 3,60 \text{ l} = 43,60 \text{ l}$
kostet:	$43,60 \text{ l} \cdot 1,380 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 60,17 \text{ €}$

## Einfluss des Tankmenge

## Berechnung mit Tankmenge 60l

<u>Tankstelle 1:</u>	
insgesamt zu tanken:	$60 \text{ l} + 3,60 \text{ l} = 63,60 \text{ l}$
kostet:	$63,60 \text{ l} \cdot 1,380 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 87,77 \text{ €}$

## Einfluss des Verbrauches

## Berechnung mit Verbrauch 6l/100km

<u>Tankstelle 1:</u>	
Umwegverbrauch:	$2 \cdot 18,0 \text{ km} \cdot \frac{6 \text{ l}}{100 \text{ km}} = 2,16 \text{ l}$
insgesamt zu tanken:	$40 \text{ l} + 2,16 \text{ l} = 42,16 \text{ l}$
kostet:	$42,16 \text{ l} \cdot 1,380 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 58,18 \text{ €}$

## Ergebnisse

Je mehr man tanken muss und je weniger das eigene Auto verbraucht, desto längere Tankfahrten rechnen sich  
**4km Entfernung rechnet sich für 1Ct/l nicht!**  
 Außer, man will die Tankstelle erziehen

## Vertiefung

Benzinpreis-App, die Spritpreise und Entfernung zu umliegenden Tankstellen anzeigt

1) Ein: Wo tankt man am günstigsten?

## Screenshot BenzinpreisApp

- 2) Zunächst Schüler eigene Lösung finden lassen  
 3) Annahme: Zur Vereinfachung nehmen wir an, dass wir die Tankmenge bezahlen müssen plus den Sprit, den man für den Umweg braucht.

Tankstelle 2 (näher und teurer):

Daten:	1,429 €/l; 3,0 km Entfernung
Umwegverbrauch:	$2 \cdot 3,0 \text{ km} \cdot \frac{10 \text{ l}}{100 \text{ km}} = 0,60 \text{ l}$
insgesamt zu tanken:	$40 \text{ l} + 0,60 \text{ l} = 40,60 \text{ l}$
kostet:	$40,60 \text{ l} \cdot 1,429 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 58,07 \text{ €}$

→ Tankstelle 2 verursacht kurzfristig weniger Kosten

4) Wie sieht es aus, wenn man mehr oder weniger tanken möchte?

Wenn man weniger tankt, verringert es die Ersparnis und weite Fahrten lohnen sich noch weniger. Also muss man nur für größere Tankmenge rechnen.

Tankstelle 2:

insgesamt zu tanken:	$60 \text{ l} + 0,60 \text{ l} = 60,60 \text{ l}$
kostet:	$60,60 \text{ l} \cdot 1,429 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 86,60 \text{ €}$

→ Vorsprung der näheren Tankstelle verringert sich

5) Wie sieht es aus, wenn man mehr oder weniger verbraucht?

Mit höherem Verbrauch, muss man bei weiteren Fahrten noch mehr bezahlen. Hier lohnt es also nur, für geringeren Verbrauch zu rechnen.

Tankstelle 2:

Umwegverbrauch:	$2 \cdot 3,0 \text{ km} \cdot \frac{6 \text{ l}}{100 \text{ km}} = 0,36 \text{ l}$
insgesamt zu tanken:	$40 \text{ l} + 0,36 \text{ l} = 40,36 \text{ l}$
kostet:	$40,36 \text{ l} \cdot 1,429 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 57,67 \text{ €}$

→ Vorsprung der näheren Tankstelle verringert sich

6) Rechne für eine andere Kraftstoffsorte, z.B. Diesel, Erdgas.

Mathe\_TA\_wo-tanken.odt





## Rechtliche Grundlagen

### Produkthaftungsgesetz

#### Wofür haftet

- Personenschäden
- Sachschäden (nur andere Sachen, die für privaten Gebrauch bestimmt sind)

#### Nachweispflicht

#### Geschädigter muss nachweisen

- Schaden
- ursächlichen Zusammenhang zum Produkt

#### Wer haftet

- Hersteller haftet **verschuldensunabhängig!**
- Hersteller ist,
  - wer Endprodukt, Teilprodukt oder Grundstoff dafür herstellt §4(1)
  - wer sich als Hersteller ausgibt durch Anbringen seines Namens o.ä. §4(1)
  - wer ein Produkt in die EU einführt und mit wirtschaftlichem Zweck vertreibt §4(2)
  - Lässt sich der Hersteller i.S.d.G. nicht feststellen, haftet der Lieferant §4
- Befreiung von der Haftung nur, wenn
  - §1 (2) 1: Der Hersteller das Produkt nicht in Handel brachte (z.B. weil es ihm gestohlen wurde)
  - §1 (2) 2: Transport- oder Lagerschaden (z.B. nach Übergabe an ...)
  - §1 (2) 3: Wenn es ein Hobbybastler für sich oder als Geschenk herstellte
  - §1 (2) 4: Analog: Airbag, Impfstoffe .. (verursachen gelegentlich Schäden)
  - §1 (2) 5: Wenn der Fehler nach Stand der Technik nicht erkannt werden konnte (z.B. Blutkonserven vor der Entdeckung von Aids)
  - §1 (3) : Wenn der Hersteller des Fahrrades den Fehler dem Hersteller der Schraube zuweisen kann

**ProdHaftG ist ein Gesetz für Endkunden, die vorher am kürzeren Hebel saßen, nicht für Geschäftskunden**

#### Dauer der Haftung

- 10 Jahre nach Inverkehrbringen des Produktes
- Ansprüche verjähren 3 Jahre nach Bekanntwerden des Schadens, des Fehlers und des Ersatzpflichtigen

### Gewährleistung nach BGB

<http://www.2sound.de/magazin/unterschied-zwischen-garantie-und-gewaehrleistung.html>  
„Der hauptsächlichste Unterschied zur Garantie besteht darin, dass die Gewährleistung in deutschen Ländern gesetzlich geregelt ist. Die Dauer ist auf 2 Jahre festgelegt. Sie geht auch nicht vom Hersteller aus, sondern besteht immer zwischen Verkäufer bzw. Händler - das kann natürlich auch der Hersteller selbst sein - und Endkunden. Wer zum Beispiel hauptberuflich ein Tonstudio betreibt und auch ein entsprechendes Gewerbe angemeldet hat, hat kein Recht auf Gewährleistung von Seiten eines Händlers, da es sich hier um ein sogenanntes B2B-Geschäft (B2B = Business to Business) handelt. Gewährleistung tritt also immer in Kraft wenn irgendeine Ware zwischen einer Privatperson (Endverbraucher) und einem Gewerbetreibenden den Besitzer wechselt - also auch wenn eine Band die als GbR angemeldet ist den gewerbliche genutzten Bandbus verkauft!  
Desweiteren kann der Händler auch nicht festlegen was die Gewährleistung alles beinhaltet, denn auch dies ist vom Gesetzgeber geregelt. Letztlich geht es darum, dass die Ware bei **Auslieferung** (man spricht hier im rechtlichen Fach-Chinesisch von **Gefahrenübergang**) in einwandfreiem Zustand ist. Im Gewährleistungsfall muss also bei Meinungsverschiedenheiten nachgewiesen werden, dass ein eventueller Defekt schon VOR dem Kauf bestanden hat - und hier fängt der Spaß erst richtig an...  
Die Sache mit der Beweislast  
In den ersten 6 Monaten hat der Händler die Beweislast. D.h., dass er im Zweifelsfall nachweisen muss, dass ein Defekt schon VOR dem Kauf bestanden hat. Dies ist sehr oft nahezu unmöglich oder zumindestens sehr teuer, da es ein aufwändiges Gutachten erfordert. Das Problem ist aber, dass sich diese Beweislast nach den ersten 6 Monaten umkehrt. D.h., dass hier der Käufer nachweisen muss, dass der Defekt beim Verkauf schon vorhanden war. Einer Privatperson dürfte dieser Nachweis aber noch weitaus schwerer fallen als dem Händler. Dadurch verringert sich die Gewährleistung defakto auf 6 Monate - hier kommt es natürlich immer auf den Wert an. Bei einem Auto dürfte sich ein Gutachten eher lohnen - bei einem defekten Billig-Stimmgerät aus der Grabbelkiste sieht das ganze aber nicht mehr so rosig aus.

### Garantie

<http://www.2sound.de/magazin/unterschied-zwischen-garantie-und-gewaehrleistung.html>  
„Garantie ist - zumindest in Deutschland - eine freiwillige Leistung, die in aller Regel die Hersteller, in sehr(!) seltenen Fällen auch Händler oder Distributoren, eines Produktes erbringen. Aber Garantie ist nicht nur freiwillig, sondern der Hersteller kann auch die Bedingungen und vor allem die Dauer selbst festlegen und ist dabei an keinerlei Pflichten gebunden - der Gesetzgeber hat hiermit nichts zu tun.  
Wenn Ihr Euch also eine Gitarre kauft, kann der Hersteller zum Beispiel auf die Mechaniken 3 Jahre und auf den Rest 10 Jahre Garantie geben. Er kann auch bestimmen, dass die Garantie nur unter bestimmten Bedingungen gilt.

### AB Produkthaftungsgesetz

ProdHaftG (und das US-Pendant *punitive damages*) wurden eingeführt, nachdem Firmen Schäden an ihren Kunden in Kauf nahmen, für die sie nach damaligem Recht praktisch nicht haftbar gemacht werden konnten. Fälle in Deutschland

- Contergan (Fa. Grünenthal, bis zu 10000 schwer missgebildete Kinder)
- Xyladecor mit PCP und Lindan (Holzschutzmittel der Fa. Bayer, wurde in den 1970er für Innenräume verkauft und bewirkt heute noch Erkrankungen bzw. Spätfolgen)
- Lederschutzmittel, die zu einer Änderung des Haftungsrechtes führten.
- Brandgefährliche Limousinen von BMW, siehe Artikel *Brandsatz im Tiefflug*, Spiegel ??/94
- Lipobay (Lipidsenker der Fa. Bayer, 1998-2001, 52 Tote).
- Flaschen für CO<sub>2</sub>-haltige Getränke, die früher oft explodierten und Augen kosteten. Seit ProdHaftG werden die Flaschen sorgfältiger kontrolliert, bzw. Plastikflaschen verwendet.
- Japanische Autohersteller haben 1990 bei Crashtests, die *ADAC* und *Auto, Motor, Sport* durchgeführt wurden, sehr schlecht abgeschnitten. Sie haben zwar sehr darauf geachtet, ihre Kunden zufrieden zu stellen, aber scheinbar dort gespart, wo der Kunde nicht hinschaute.

[BadZtg] 22.10.2012 „Geheimsache Nebenwirkung“:

- Avandia von Glaxo Smith Kline, Jahresumsatz 3,3 Mrd. €, Medikament gegen Diabetes Typ 2; Zulassung erteilt 2000 in D, entzogen 2010. Spätestens seit 2001 wusste GSK von Nebenwirkungen: ca. 300 Todesfälle und 500 Herzanfälle pro Monat (in 2010).
- Vioxx von MSD Sharp&Dohme; in Deutschland von Merck, Zulassung entzogen 2004: Ca. 1,3 Mio Schlaganfälle oder Herzattacken
- Tamiflu von Roche, Wikipedia 29.10.2012: *„arznei-telegramm 4/2007: „Angesichts des marginalen Nutzens bei gesunden .. und des fehlenden Nachweises einer Wirksamkeit .. raten wir von Oseltamivir bei Virusgrippe ab.“ Oseltamivir = Wirkstoff von Tamiflu*

[BadZtg] 10.12.2015 „Die Nebenwirkung“

- Frau R. aus Waldshut erleidet 2009 eine Thrombose bis hin zum klinischen Tod (wird mit viel Glück reanimiert), ausgelöst durch eine Pille der 4ten Generation (Yasminelle, Wirkstoff Drospiron), die das doppelte Thrombosensisiko ggü. der Vorgänger hat. Hersteller Bayer weist alle Vorwürfe zurück, R. kann 478 ähnliche Fälle in Europa dokumentieren, darunter Schwerstbehinderungen und 16 Tote. In USA hat Bayer 10000 Frauen außergerichtlich mit 1,9 Mrd. € abgefunden. 2015 bringt Drospiron 800 Mio. Jahresumsatz, inzwischen wird das Thrombosensisiko auf dem Beipackzettel erwähnt.

Der nächste Fall?

- Die hemmungslose Vermarktung von Vitaminen, von denen nicht nur Nutzen, sondern auch die Unschädlichkeit sehr zweifelhaft sind [Bartens 2008] S.72ff

Sollte der Händler also nach 6 Monaten die Gewährleistung verweigern und einen Nachweis verlangen, dass der Defekt schon beim Kauf bestanden hat, ist er grundsätzlich erst einmal im Recht. Viele seriöse Händler übernehmen aber (z.B. aufgrund von Serviceverträgen mit den Herstellern) oft trotzdem die Kosten - allerdings geschieht das nur aus Kulanz.  
Gebrauchtware  
Von vielen Gewerbetreibenden wird es als sehr problematisch angesehen, dass man auch für Gebrauchtware Gewährleistung geben muss (siehe obiges Beispiel mit dem Bandbus). Daher ist es um so wichtiger, dass man bei Verkäufen eine ausführliche Beschreibung des Equipments macht. Wenn man eben als Gewerbetreibender (was bei Musikern oft der Fall ist) die Defekte beim Ebay-Verkauf gewissenlich unter den Tisch fallen lässt, kann man damit ziemlich **Probleme** bekommen. Ein einfaches "Gekauft wie gesehen" ist da nicht immer ausreichend. Ist aber zum Beispiel im Kaufvertrag (bzw. in der Auktionsbeschreibung) genau angegeben, dass bei der Fender Strat die Mechanik der G-Saite nicht funktioniert, ist man aus dem Schneider.  
Wichtig: Erst Gewährleistung, dann Garantie  
Ein ganz anderes Problem kann einem daraus entstehen, dass der Händler nur für das Produkt gewährleisten muss, das er verkauft hat.  
Wenn Ihr Euch also eine Gitarre mit der Seriennummer 4711 kauft, muss der Händler logischerweise auch nur für DIESE eine Gitarre Gewährleistung geben. Das ist insofern problematisch, als ja in der Regel beides existiert: Garantie UND Gewährleistung. Die Garantie-Abwicklung beim Hersteller ist zwar oft etwas einfacher als die Gewährleistung beim Händler, allerdings ist es bei sehr vielen Herstellern üblich, bei einem Garantiefall das Gerät einfach auszutauschen. Dann hat man jedoch plötzlich nicht mehr die Gitarre mit der Seriennummer 4711, sondern die Gitarre mit der Nummer 4812 und für DIE muss der Händler wie gesagt keine Gewährleistung geben.  
Deswegen: Bei Problemen IMMER zuerst an den Händler wenden, insbesondere wenn die ersten sechs Monate der Gewährleistung noch nicht um sind.

So kann er beispielsweise bei einem Keyboard die Garantie verweigern, wenn das Gehäuse bereits geöffnet wurde (weswegen es in der Regel entsprechende sichtbare und unsichtbare Gehäuseeigenheiten gibt). Auch ein Druckerhersteller kann problemlos die Garantie verweigern, wenn Tintenpatronen von Drittanbietern verwendet wurden - auch wenn es sich unfair anhört. Hersteller können sogar Gebühren für **Versand** oder andere mit der Garantieabwicklung verbundene Leistungen verlangen oder Teile ganz von der Garantie ausschließen (geschieht in der Regel bei Verschleißteilen). Der Phantasie der Firmen sind hier eigentlich keine Grenzen gesetzt. Bevor man sich deshalb von Slogans wie "10 Jahre Garantie" blenden lässt, sollte man erstmal das Kleingedruckte lesen."

QM\_TA\_Recht.odt



## fehlt noch

Fertigungstechnik	Drehmoment
Kleben	
Schweißen	Entsorgung von Kunststoffen
Löten	
Kräfte zeichnerisch	
Statik I	
Fundstellen	
Wälzlager, Zahnriemen: mot 02/2010	
Zahnriemenwechsel: mot 21/2009	
Zahnriemen: mot 20/2009	

## Literaturverzeichnis

- BadZtg: , Badische Zeitung,  
Bartens 2008: Werner Bartens, Vorsicht Vorsorge!, Suhrkamp,2008  
Böge Aufg.: Alfred Böge ua., Aufgabensammlung Technische Mechanik, Vieweg,1999  
Bosch 21: Ulrich Adler ua., Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, Robert Bosch GmbH,1991  
Decker 2009: Decker et al., Maschinenelemente, Carl Hanser Verlag,2009  
Dutschke 1996: Wolfgang Dutschke, Fertigungsmesstechnik, B.G.Teubner,1996  
EuroM56: Ulrich Fischer ua., Fachkunde Metall 56.Auflage, Europa-Lehrmittel,2010  
EuroRBM: , Europa Rechenbuch Metall, Europa,  
EuroTabM: diverse, Tabellenbuch Metall, Europa-Lehrmittel,  
EuroTabM46: Roland Gommeringer ua., Tabellenbuch Metall 46.Auflage, Europa-Lehrmittel,2014  
EuroWzm: Roland Kilgus ua., Der Werkzeugbau, Nourney,1997  
HJTabKfz: Elbl, Föll, Schüler, Tabellenbuch Fahrzeugtechnik, Holland+Josenhans,  
Klingelnberg 1967: G. Brüheim u.a., Klingelnberg - Technisches Hilfsbuch, Springer-Verlag,1967  
Roloff/Matek 1995: Matek et al., Maschinenelemente, Friedr. Vieweg & Sohn,1995  
Schneider21: Andrej Albert ua., Bautabellen für Ingenieure, 21.Auflage,, Bundesanzeiger Verlag,2014  
SKF 2008: n.n., SKF Hauptkatalog - Das Wälzlagerhandbuch für Studenten, o.A.,2008  
Steinhilper 2007 I: Albers u.a., Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1, Springer-Verlag,2007  
Steinhilper 2007 II: Albers u.a., Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2, Springer-Verlag,2007