

# Meisterkurs Teil II Kfz- Mechaniker Handwerk



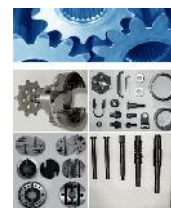
## Mechanik

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

### Mechanik im Kraftfahrzeug

#### Themenumfang

Kühlung  
Schmierung  
Motormechanik  
Kupplung  
Getriebemechanik  
Antriebsstrang  
Aufbau  
Fahrwerk



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Mechanik

## Mechanik im Kraftfahrzeug

## Themenumfang

## Kühlung

Schmierung  
 Motormechanik  
 Kupplung  
 Getriebemechanik  
 Antriebsstrang  
 Aufbau  
 Fahrwerk



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Kühlung

Kühlanlagen im Kraftfahrzeug		
nur Luft	Kühl- / Kältemittel	Luft oder Kühlmittel
Bremsanlage	Motor	Motoröl
Getriebe	Automatik	Kraftstoff
Achsantrieb	Klimaanlage	Ladeluft
Servolenkung	Generator	Abgas
	Retarder	

Kühlung zum Zweck der Energieabfuhr

Kühlung zum Zweck der Wirkungsgraderhöhung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Kühlung

## Aufgabe(n)

Ausreichende Kühlung in allen Betriebspunkten

Einhaltung von Grenztemperaturen

Wasser 115-120 °C

Öl 150 °C

Gradienten für Fluide und Bauteile ( $\Delta T/cm$ , je nach Material)

## Weitere Anforderungen

ausreichender Wärmetransport zur Beheizung des Innenraums

schnelles Erreichen der Betriebstemperatur (Verbrauch, Emissionen,..)

Sicherheit gegen Leckage und Einfrieren

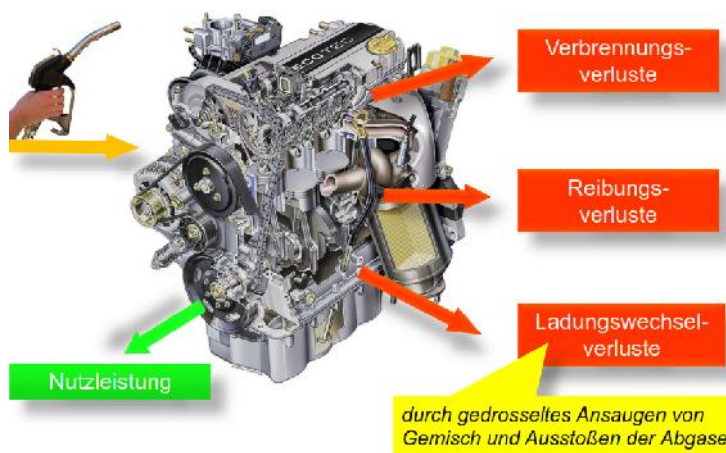
gleichmäßige Kühlleistung (Mehrzylindermotor)

niedriger Leistungsbedarf (Pumpe)

## „Verluste“ beim Motorbetrieb

## Kühlung

## Energieabfuhr



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Kühlung Energieabfuhr

In seiner Gesamtheit ist das KFZ ein System zur Umformung von Energie.

Wie bei jeder Energieumformung entstehen neben der gewünschten Energieform (Nutzenergie) andere, nicht gewünschte oder gar schädliche Energieformen (Verlustenergie).

Thermische Energie (Wärme) ist dabei die häufigste und meist anteilig höchste Energieform.

Der Quotient aus Nutzenergie und Verlustenergie bezeichnet den Wirkungsgrad.

Zugeführte Energie

$P_{zu}$

$P_n$

$P_{eff}$

$P_v$

Abgase

Kühlung

Innenreibung

Reibung im Antriebsstrang

Nutzenergie

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Kühlung Energieabfuhr Motor

Ein Rechenbeispiel

Ein PKW mit 100 kW Leistung fährt 1h unterVollast (gleichförmig)  
**Angewendte Energie = 100 kWh**

Dabei legt er 210 km zurück, der Benzinverbrauch soll 16,5 Ltr./100 km betragen  
 Gesamtverbrauch  $16,5 * 210 / 100 = 34,65$  Ltr.  
 Energieinhalt Benzin = 47 MJ/Kg  $\sim 9,8$  kWh/Ltr.

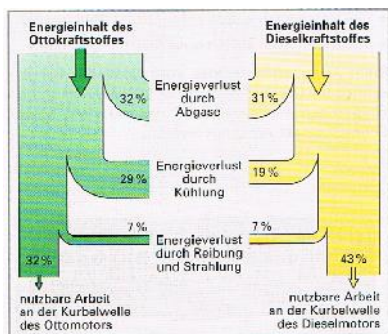
**Eingesetzte Energie =  $34,65 * 9,8 = 339,57$  kWh**

Wirkungsgrad =  $Q_{nutz}/Q_{zu} = 100/339,57 = 29,44$  %  
 „Verlust“-Energie =  $Q_{zu} - Q_{nutz} = 339,57 - 100 = 239,57$  kWh

Davon  $\sim 40$  % durch Kühlsystem abzutragen  $\sim 96$  kW

Als Vergleich:  
 Ein energetisch modernes EFH weist eine Heizlast  $< 10$  kW auf !

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



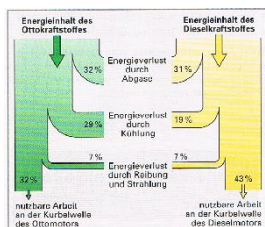
## Kühlung

### Energieabfuhr

Thermische Energie muss abgeführt werden, um eine übermäßige Temperaturerhöhung, die die Eigenschaften der beteiligten Bauteile, ggf. bis zum Funktionsausfall, verändert, zu vermeiden.

Abfuhr thermischer Energie = Kühlung

Kühlung unregelt → freie Kühlung durch umströmende Luft  
 geregelt → Kühlsysteme mit Kühlmedium



## Kühlung

### Energieabfuhr

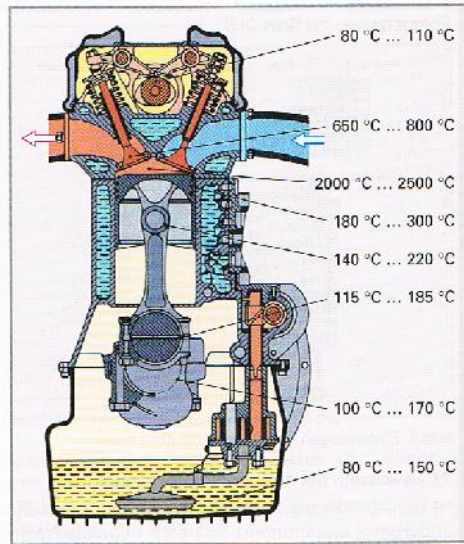
### Warum verbraucht der Ottomotor mehr als der Dieselmotor ?



- Energieinhalt pro Liter des Dieselkraftstoffs ist größer: 10 ... 12 %
- Drosselverluste in der Teillast
- Kalorische Werte des Arbeitsgases (Betrieb mit stöchiometrischem Kraftstoff-Luft-Gemisch)

Kühlung

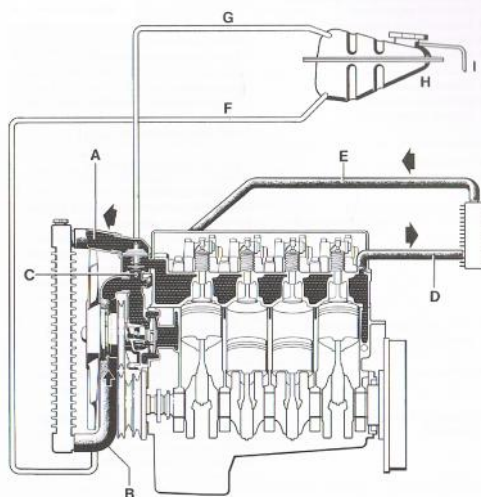
Energieabfuhr Motor



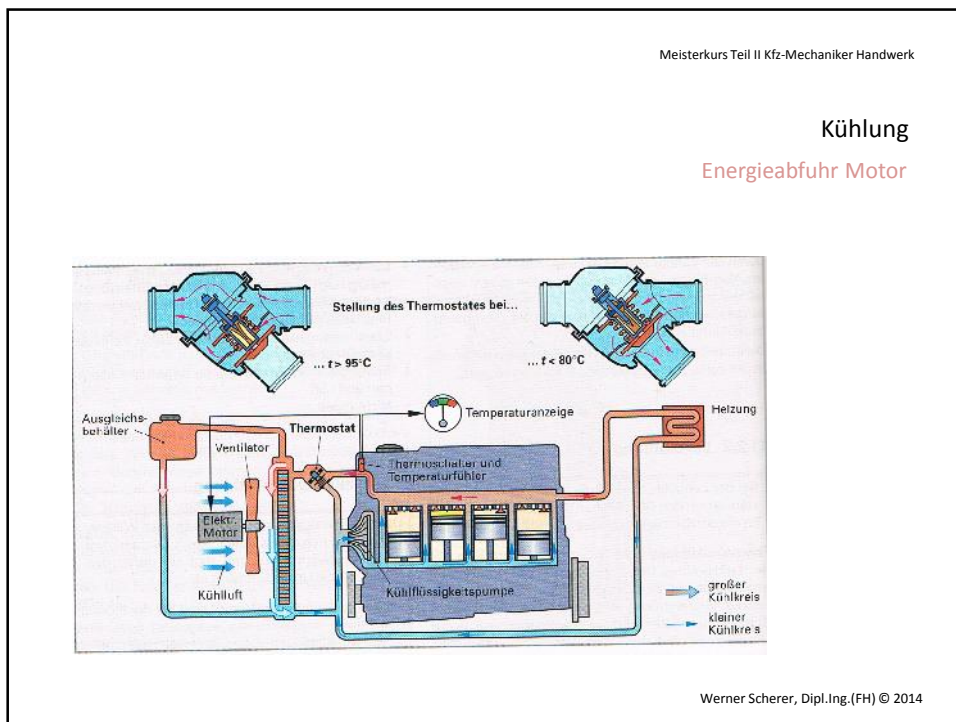
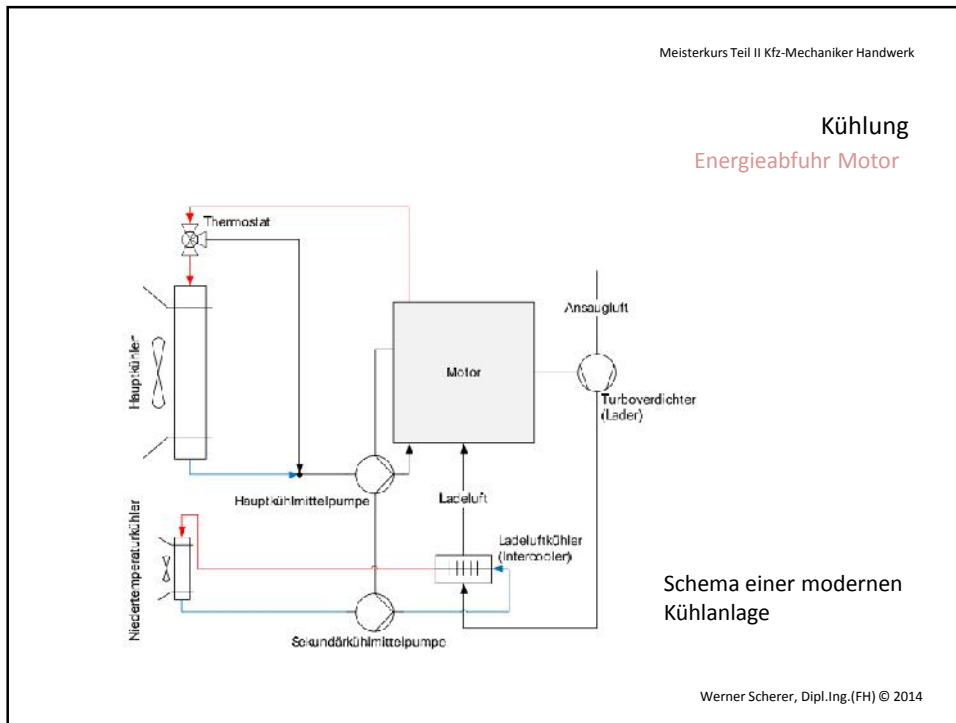
Bauteiltemperaturen im Motor

Kühlung


Energieabfuhr Motor




- A – Vom Kühlmittelregler zum Kühler
- B – Vom Kühler zur Kühlmittelpumpe
- C – Verbindung Thermostatgehäuse/Kühlmittelpumpe (kleiner Kreislauf)
- D – Zum Wärmetauscher
- E – Vom Wärmetauscher zur Kühlmittelpumpe
- F – Vom Ausgleichbehälter zur Kühlmittelpumpe
- G – Entlüftungsleitung des Kühlmitteleislaufs zum Ausgleichbehälter
- H – Kühlmittel-Ausgleichbehälter
- I – Überlaufschlauch




Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk



Gegenstrom



Gleichstrom



Kreuzstrom

Übertragungsleistung

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta\theta$$

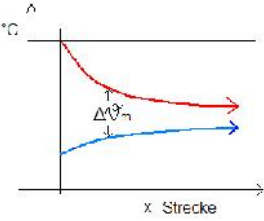
A = Austauschfläche m<sup>2</sup>  
K = Wärmedurchgang W/m<sup>2</sup>K

Mittlere Temperaturdifferenz

$$\Delta\theta = \frac{T_1 - T_2}{\ln(T_1/T_2)}$$

**Kühlung**

Energieabfuhr Motor  
Kühler/Wärmetauscher



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk



**Kühlung**

Energieabfuhr Motor  
Kühler/Wärmetauscher



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

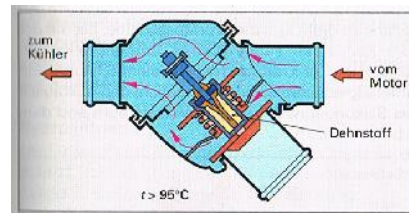
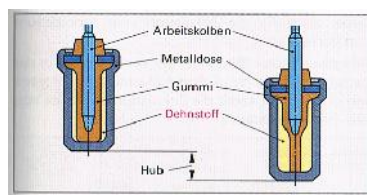


Kühlung

Energieabfuhr Motor

Die Regelung der Temperatur erfolgt in Standardkühlsystemen mittels Thermostat“

Die Regelgenauigkeit ist aufgrund des Funktionsprinzips nicht „überragend“

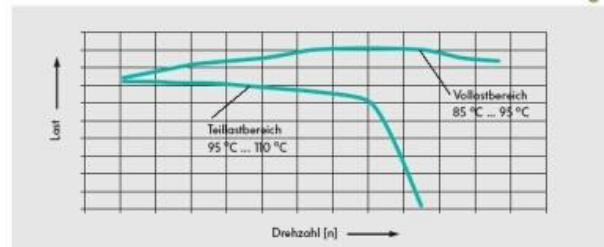


Kühlung

Energieabfuhr Motor

Moderne Fahrzeuge besitzen eine kennfeldgeregelte Kühlung  
 Hohe Temperaturen im Teillastbereich → höhere Leistung  
 Niedrige Temperatur im Volllastbereich → Materialschonung, geringere Gemischtemperatur

Die Kühlmittel bewegen sich im Bereich von 95 – 110 °C im Teillastbereich, im Volllastbereich 85 – 95 °C



Kühlmittel-Temperaturniveau in Abhängigkeit von der Motorlast bei Kennfeldkühlung

## Kühlung

### Energieabfuhr Motor

Die Kühlmittel bewegen sich im Bereich von 95 – 110 °C im Teillastbereich, im Vollastbereich 85 – 95 °C

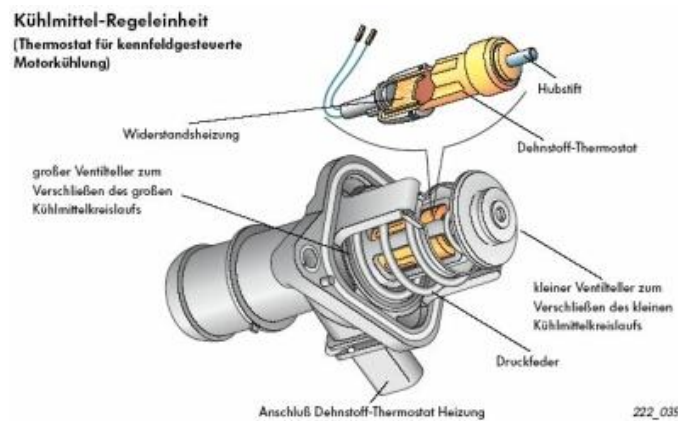
Verkürzung der Warmlaufzeit durch Verringerung (konstruktiv) des Volumens des kleinen Kreislaufes

Erhöhung der „Betriebstemperatur“ im Teillastbereich, pro 10 ° ~ 1,5% Wirkungsgradverbesserung

Absenkung bei Vollast zur Vermeidung von Bauteilüberhitzungen und zur Füllgradverbesserung

## Kühlung

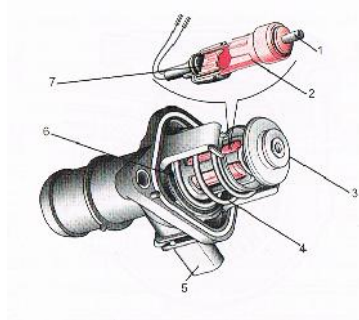
### Energieabfuhr Motor



Kühlung

Energieabfuhr Motor

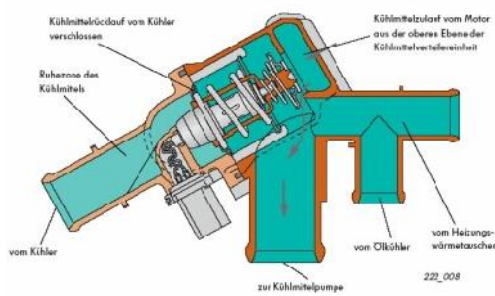
- 1 Hubstift
- 2 Dehnstoffthermostat
- 3 Kleiner Ventilteller
- 4 Druckfeder
- 5 Anschluss Heizung
- 6 Grosser Ventilteller
- 7 Heizelement (elektr.)



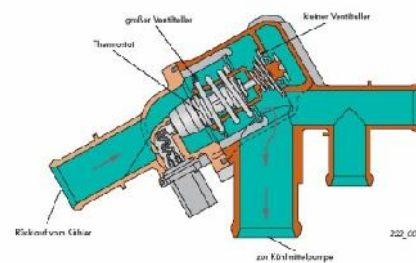
Kühlung

Energieabfuhr Motor

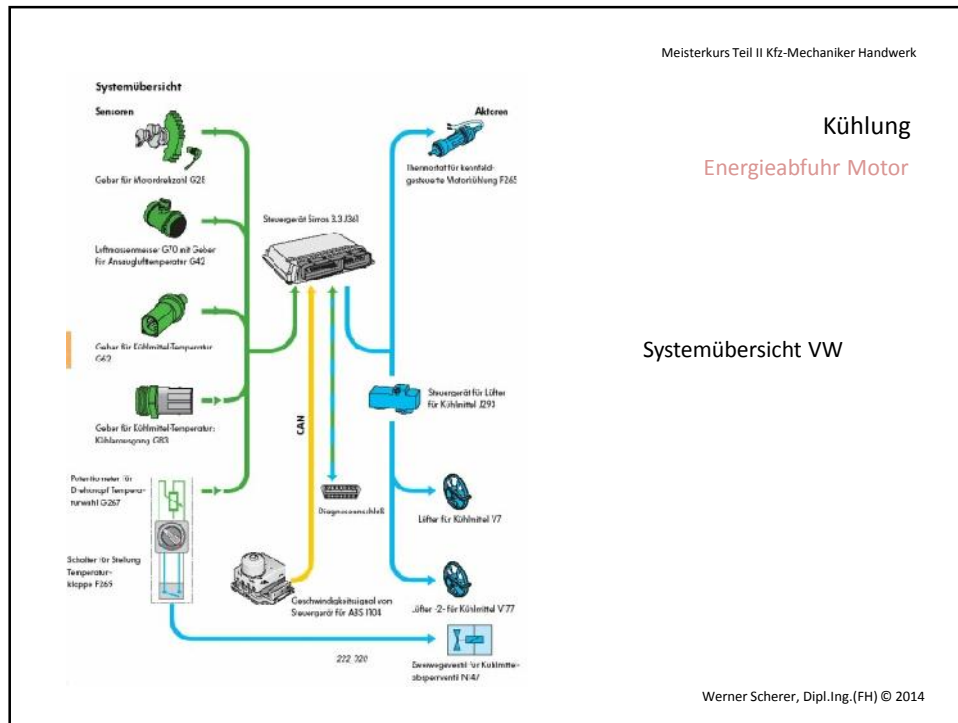
Funktionsstellung kleiner Kühlkreislauf



Funktionsstellung großer Kühlkreislauf



Öffnen des großen Kühlkreislaufes durch das Thermostat nach ca. 110°C oder je nach Last durch Wert aus Kennfeld.  
Der Kühler wird in den Kühlmittelumlauf einbezogen.  
Unterstützung durch Elektrolüfter nach Bedarf



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Kühlung

Energieabfuhr Motor  
Kühlflüssigkeit

Wasser ist ein gebräuchliches Mittel um „Verlustenergie“ abzutragen. Seine hohe spezifische Wärme und der geringe Preis machen es überaus geeignet zum Einsatz als Kühlflüssigkeit im KFZ.

Stoff	$c$ in $\frac{J}{g \cdot ^\circ C}$	$c$ in $\frac{J}{mol \cdot ^\circ C}$
Wasser $H_2O(l)$	4,1826	75,3
Luft	1,005	29,1
Sonnenblumenöl	1,88	1654 <sup>4)</sup>
Erdöl	1,884	5)
Diethylether $C_2H_5OC_2H_5$	2,269	104,4
Glycerin $C_3H_5(OH)_3$	2,39	220,1

Mit Zusätzen kann Wasser leicht „frostsicher“ gemacht werden

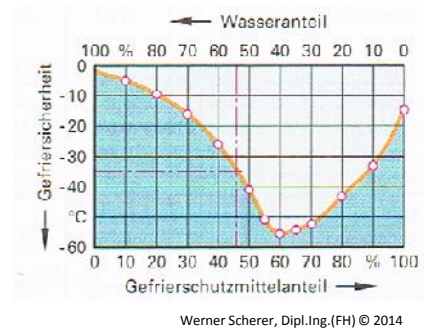
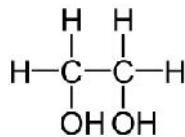
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Kühlung

Energieabfuhr Motor  
Kühflüssigkeit

Zusatz von Ethylenglykol als Frostschutz und Korrosionsschutzmittel

! Keine Mischung von silikathaltigen mit silikatfreien Zusätzen!  
(silikathaltig als Aluminiumschutz)



Kühlung

Energieabfuhr Bremsen

Energieabfuhr durch freie und erzwungenen Konvektion

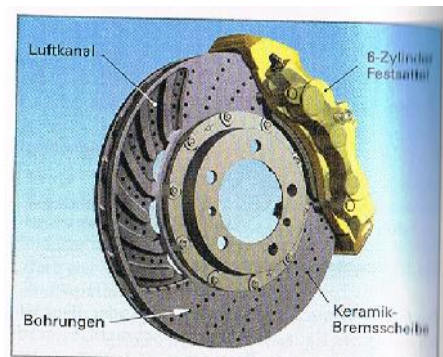
Innenbelüftete Bremsen zur Durchströmung der Bremsscheibe mit Luft

Abzuführende Energiemenge

$$E = m \cdot v^2 / 2 \quad (\text{Nm})$$

Energie	J / Ws / Nm	kWh	kcal
1 J = 1 Ws = 1 Nm	1	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$
1 kWh	$3,6 \cdot 10^6$	1	850
1 kcal	$4 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1

PKW, 2 to, aus 100 Km/h auf 0 km/h  
~ 0,16 kWh

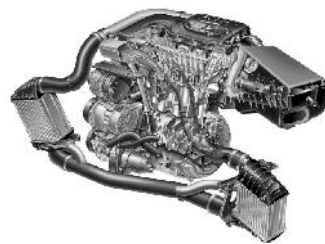


## Kühlung

### Ladeluftkühlung

Ziel ist die Erhöhung von Leistung und Wirkungsgrad des Motors. Durch die Verringerung der Temperatur der zugeführten Luft ist im gleichen Volumen eine größere Luftmenge enthalten. Dadurch kann proportional mehr Kraftstoff verbrannt werden; der Ladeluftkühler kann somit die mögliche Abgabeleistung erhöhen.

Einsatz bei aufgeladenen Motoren. Die Verdichtung erzeugt eine höhere Temperatur.  
( $P \cdot V \cdot R \cdot T = \text{constant}$ )



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Mechanik

### Mechanik im Kraftfahrzeug

#### Themenumfang

Kühlung  
**Schmierung**  
 Motormechanik  
 Kupplung  
 Getriebemechanik  
 Antriebsstrang  
 Aufbau  
 Fahrwerk



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierung

**Themenumfang**

- etwas Physik
- etwas Chemie
- Schmierstoffe
- Mechanische Anordnung im Motor



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierung

**Schmieren und salben,  
hilft allenthalben !**

Zusatz unbenannter Mitarbeiter Fa. Porsche AG, Stuttgart 1970

**Hilft bei Herrn, hilft bei Kärrn**



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierung  
etwas Physik

**Warum Schmierung ?**

Hauptaufgaben(n) :

- Reibungsreduktion

Nebenaufgabe(n)

- Korrosionsverhinderung
- Wärmeabfuhr
- Feststoffbindung/abfuhr
- Abdichten



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierung  
etwas Physik

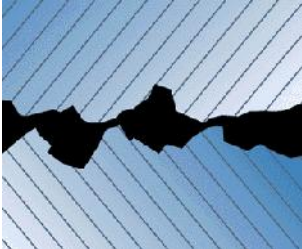
Reibungsreduktion

Festkörperreibung

Materialoberflächen reiben ohne Schmierfilm aufeinander

Reibungswiderstand und Verschleiß sehr hoch

Örtliche Temperaturerhöhung (Gefahr des „Fressens“)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Schmierung**  
etwas Physik

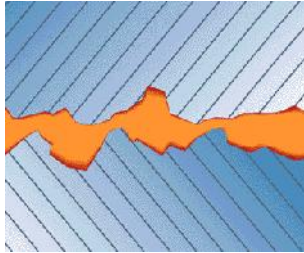
**Reibungsreduktion**

**Mischreibung**

Zwischen Materialoberflächen ist kein zusammenhängender Schmierfilm vorhanden

Einzelne Rauigkeitsspitzen können sich berühren

Typischer Schmierzustand bei  $\Delta v=0$ .  
(An-/Auslauf von Lagern, Kolben bei OT/UT, Ventiltrieb,.....)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Schmierung**  
etwas Physik

**Reibungsreduktion**

**Fluidreibung**

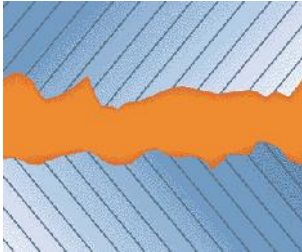
Materialoberflächen durch Schmierfilm vollständig getrennt

Reibung und Verschleiß sehr gering

Voraussetzung(en) :

- enger Schmierspalt
- spezifische Relativgeschwindigkeit
- adaptierte Viskosität

Schmierschichtdruck mehrere 100 bar (Förderpumpendruck ist „nur“ Transportdruck)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Schmierung

etwas Physik

### Reibbeiwerte verschiedener Reibungsarten

**Tabelle 1.** Reibungszahlen bei unterschiedlichen Reibungsarten und -zuständen

Reibungsart	Reibungszustand	Reibungszahl
Gleitreibung	Festkörperreibung	0,1 ... 1
	Grenzreibung	0,1 ... 0,2
	Mischreibung	0,01 ... 0,1
	Flüssigkeitsreibung	0,001 ... 0,01
	Gasreibung	0,0001
Rollreibung	(Fettschmierung)	0,001 ... 0,005

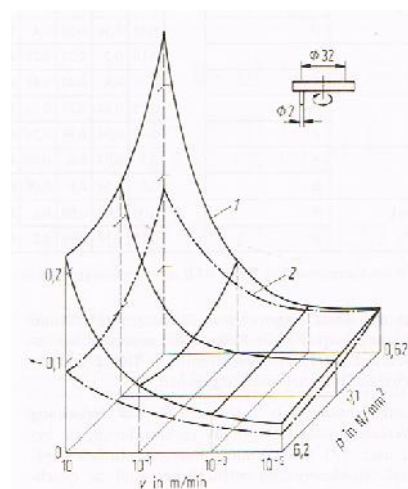
## Schmierung

etwas Physik

Reibung ist abhängig von

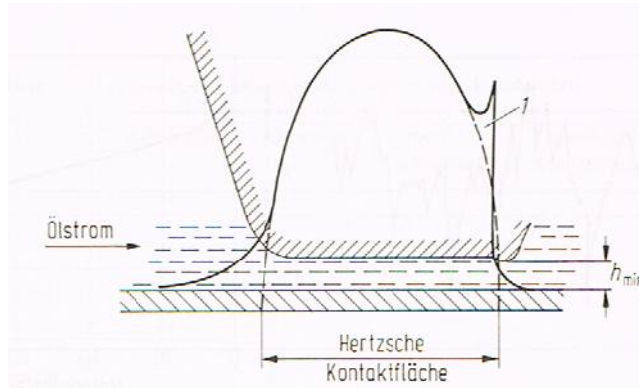
- der Werkstoffpaarung
- Eigenschaften aller am Reibvorgang beteiligten Werkstoffe
- Flächenpressung
- Relativgeschwindigkeit
- Temperatur

Beispiel PTFE-Stahl  
1 → 23°C, 2 → 70°C



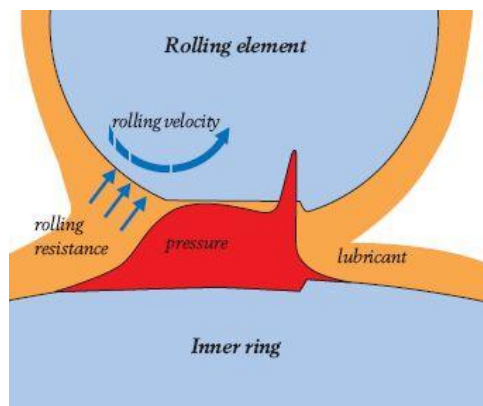
**Schmierfilm**

Schmierung  
etwas Physik

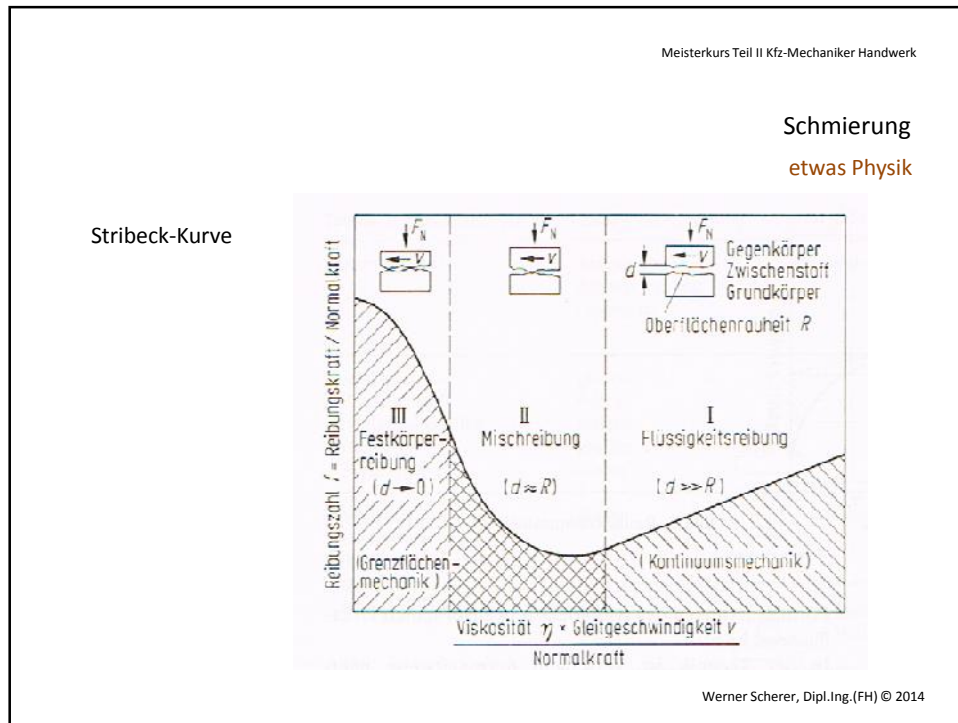


Schematische Darstellung der Schmierfilmdicke in einem **elastohydrodynamischen** Kontakt. Beachte Druckspitze an der Austrittsseite

Schmierung  
etwas Physik



$$H_{sch} = (3,63 \cdot \eta_0 \cdot (u_1 + u_2) / (2 \cdot E \cdot R_1))^{0,68} \cdot \alpha \cdot E^{0,49} \cdot F / (E \cdot R_2)^{-0,073} \cdot (1 - e^{-0,68})$$



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Schmierung**  
etwas Physik

**Schmierstoffe**

Flüssige Schmierstoffe

- ☀ Öle, Kühlschmierstoffe, Wasser,.....

Gasförmige Schmierstoffe

- Luft,.....

pastöse Schmierstoffe

- ☀ Fette, Seifen,.....

Feste Schmierstoffe

- ☀ Graphit, PTFE, MoS<sub>2</sub>,.....

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Schmierstoffe**

Flüssige Schmierstoffe

Mineralöle  
Synthetische Öle  
Reraffinate

Schmierung  
Schmierstoffe



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

**Schmierstoffe**

Mineralöle

Durch Destillation des Rohöls werden „Grundöle“ gewonnen

Zur „Schonung“ der langen Molekülketten meist im Vakuum-Destillationsverfahren

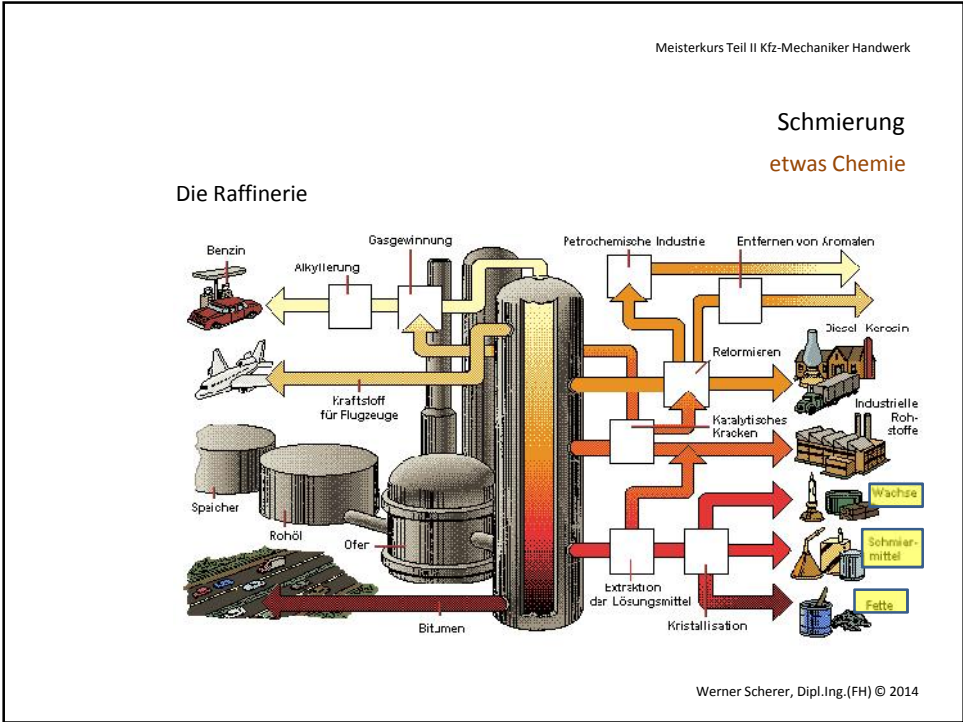
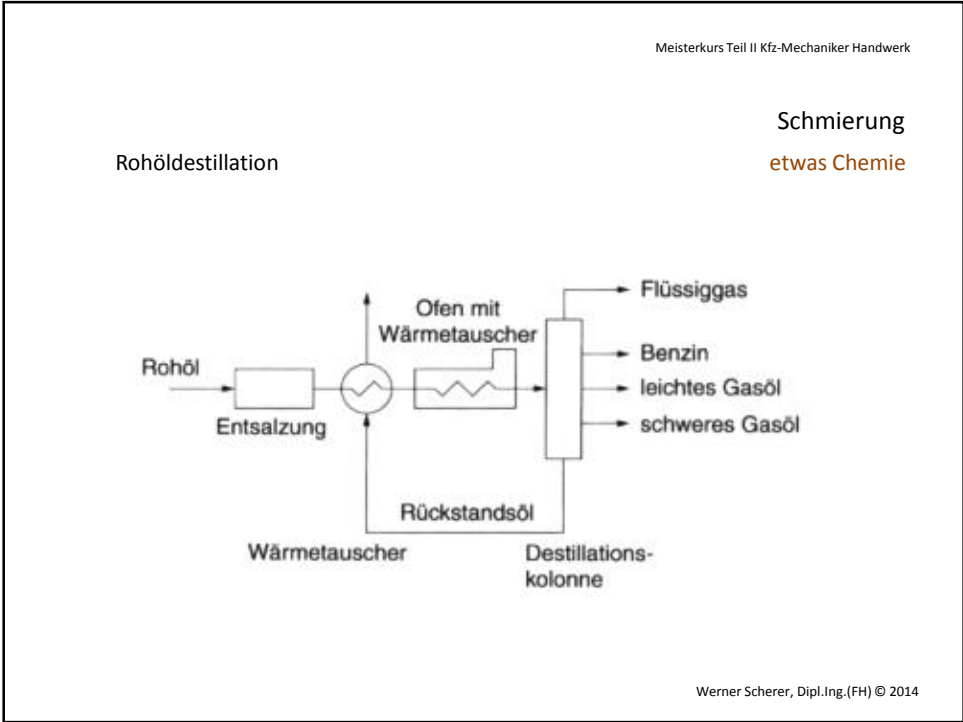
Entwachsung  
Entschwefelung  
Entaromatisierung

Zugabe von Additiven

Schmierung  
Schmierstoffe



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



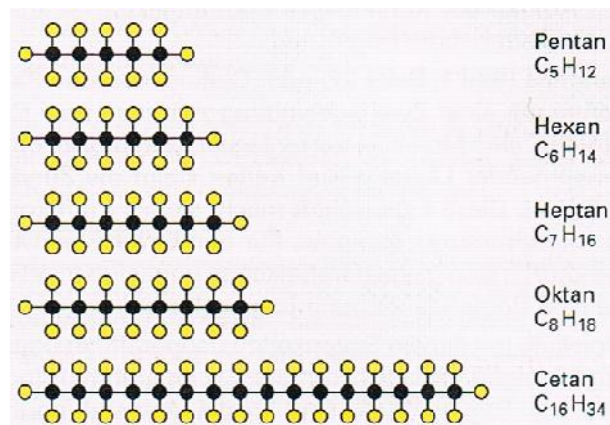
Schmierung  
etwas Chemie

Gasförmige HC



Schmierung  
etwas Chemie

Flüssige HC



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierung  
etwas Chemie

Aromaten

Reinbenzol  
 $C_6H_6$

Toluol  
 $C_7H_8$

Ringförmiger Bestandteil des Benzins

Cyclohexan  
 $C_6H_{12}$

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schmierstoffe  
Schmierstoffe

Flüssige Schmierstoffe

Synthetische Öle

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



## Schmierstoffe

### Schmierung Schmierstoffe



Synthetische Öle

Ausgangsprodukt Rohbenzin\*

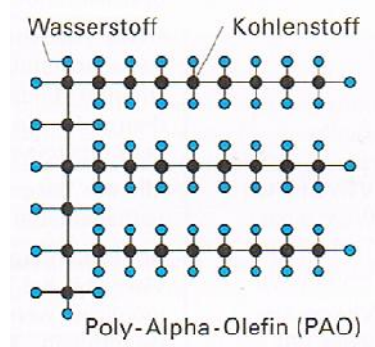
Polymerisation → z.B.: Polyalphaolefin (PAO)  
Polyalkylenglykolen (PAG)

Kondensation → Ester  
(Fette, fette Öle, Wachs)

Zugabe von Additiven

\*(früher auch Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Synthese, 1944 6,5 Mio Tonnen in D)

### Schmierung etwas Chemie



typisches synthetisches Öl

## Schmierung

### etwas Chemie

#### Kenndaten von Kohlenwasserstoffen

	Molekülgröße	Molekulargewicht	Siedebereich °C	Flammpunkt °C	Dichte g/cm <sup>3</sup>
Ottokraftstoffe	C <sub>5</sub> ... C <sub>12</sub>	72 ... 170	25 ... 215	bis - 50	0,72 ... 0,79
Diesekraftstoffe	C <sub>10</sub> ... C <sub>22</sub>	142 ... 310	200 ... 360	58 ... 65	0,82 ... 0,86
Schmierstoffe	C <sub>20</sub> ... C <sub>35</sub>	280 ... 455	210 ... 600	100 ... 260	0,84 ... 0,91

## Schmierung

### Schmieröle

Motoröle  
Getriebeöle  
Öle für automatische Getriebe



## Schmierung

etwas Physik

**Motoröl**

gewünschte Eigenschaften

Dezidierte Viskosität  
 Alterungsbeständigkeit  
 Dispergierend  
 Korrosionsschützend  
 Reibungsreduzierend  
 V=0 reibungsreduzierend  
 Nichtschäumend

dynamische, kinematische, HTHS

„Umhüllung“ von Verunreinigungen

Aufbau von gleitfähigen Schichten

Grundöle können diese Anforderungen nicht erfüllen, deshalb bedarf es der Zugabe von Additiven.

## Schmierung

etwas Physik

**Motoröle**

Unerwünschte Effekte

**Alterung**

Durch Oxidation entstehen dickflüssige Stoffe (HCO<sub>n</sub>), die Schmierfähigkeit wird reduziert, es bilden sich Schlämme

**Verdünnung**

Schlupf von schwersiedenden Kraftstoffbestandteilen aus überfetteten Gemischen (Startanreicherung), mechanischen Fehlern, etc.

**Verschlammung**

Kondenswasser, Metallabrieb, Ruß, Staub werden im Öl gebunden

**Verseifung**

Saure, wasserhaltige Substanzen bilden seifenähnliche Derivate



## Schmierung

## etwas Physik

**Motoröle**

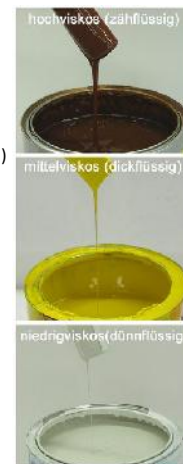
## Physikalische Eigenschaften

**Stockpunkt** nicht Pourpoint !

Temperatur am Fließ-Ende des Öls (genormte Bedingungen ISO 3016 oder ASTM D5985)

**Viskosität, kinematische**Fließfähigkeit, Einheit mm<sup>2</sup>/sec**Viskosität, dynamische**

Fließfähigkeit, Einheit Pas

**Viskosität, HTHS** (high temperature, high shear)Fließfähigkeit bei 150°C, Schergefälle von 10<sup>-6</sup> sec.

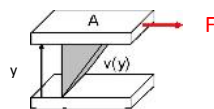
Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

**Hydraulik**

## Druckflüssigkeit dynamische Viskosität

Flüssigkeiten weisen eine innere Reibung auf

Ein einfaches Experiment:



Zwischen zwei Platten der Fläche „A“ befindet sich eine Flüssigkeit der Dicke „y“. Um die obere Platte gegenüber der feststehenden unteren Platte mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu bewegen, muss man eine definierte Kraft „F“ aufbringen.

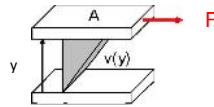
Diese errechnet sich zu  $F = \eta \cdot v \cdot A / y$

Neben der Fläche „A“ und dem Abstand „y“ beschreibt die Kraft „F“ und die Geschwindigkeit „v“ die dynamische Viskosität

$$\eta = F / v$$

## Hydraulik

### Druckflüssigkeit dynamische Viskosität



Je größer die aufzuwendende Kraft, desto größer die dynamische Viskosität

Die Viskosität ist ein Maß für die innere Reibung der Flüssigkeit. Sie sagt aus, wie zähflüssig ein Medium ist.

Die Einheit der Viskosität ist wie folgt

$$\eta = F \cdot y / (A \cdot v) = \text{N} \cdot \text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{m} / \text{s}) = \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s} \text{ (pascalsekunde)}$$

## Hydraulik

### Druckflüssigkeit kinematische Viskosität

Bei der Berechnung von Strömungseffekten ist die kinematische Viskosität von Interesse

Dabei wird die Masse der Flüssigkeit berücksichtigt

$$\nu = \eta / \rho \quad \text{Einheit} = \text{m}^2/\text{s}$$

Sie erlaubt in der Berechnung von Hydraulikkreisen die Massenträgheit des Fluids zu berücksichtigen

## Schmierung

## etwas Physik

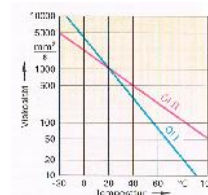
**Motoröle**

## Physikalische Eigenschaften

**VI Index** (Viskositätsindex)

Messung der Viskosität bei 40°C und 100°C,

Viskosität nimmt bei steigender Temperatur ab und vice versa

**Schergefälle**

Relativgeschwindigkeit der bewegten Teile / Schmierfilmdicke

**Verdampfungsverlust**

Diese Kenngröße lässt Rückschlüsse auf das Verdampfungsverhalten des Öles zu.

Kurzkettenige Öle haben eine geringere Siedetemperatur und damit höhere Verdampfungsverluste.

**Flammpunkt**

Der Flammpunkt kennzeichnet die niedrigste Temperatur eines Öles, bei der erstmalig entzündungsfähige Dampf-Luftgemische entstehen.

## Schmierung

## etwas Physik

**Motoröle**

## Physikalische Eigenschaften

**Spezifische Wärmemenge**

Ist die Energiemenge (Wärme) die ein Motoröl bezogen auf die Masse und die Temperaturdifferenz „aufnehmen“ kann. Relevant bei gezielter Kühlung von Aggregatteilen (z.B.: Kolbenboden)

Beispiel: Motorenöl SAE 30 → ~ 1850 J/kgK

**Flammpunkt**

Der Flammpunkt kennzeichnet die niedrigste Temperatur eines Öles, bei der erstmalig entzündungsfähige Dampf-Luftgemische entstehen.

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Motoröle

**Additive**

- VI-Verbesserer
- Antioxidantien
- Dispergenzen
- Korrosionsverhinderer
- Reibungsreduzierer
- Hochdruckzusätze
- Schaumverhinderer

## Schmierung

### Schmierstoffe

Verbesserung Viskosität-Temperaturverhalten und Stockpunkt-Absenkung

Verminderung der Alterung

Umhüllung von Verunreinigungen

Rostschutzmittel

Schmierfähigkeitsverbesserer, Festigkeit Schmierfilm

gleitfähige Schichten

Verhütung der Schaumbildung

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Motoröle

**Additive**

Additiv	Aufgabe	Wirkstoffe	Wirkungsweise
Viskositätsindexverbesserer (VI-Verbesserer)	Verringerung der Viskositätsabnahme mit steigender Temperatur	polymerisierte Olefine und Isolefine, Polymethacrylate, Polyalakrylate u.a.	Streckung von verketteten Molekülen mit steigender Temperatur
Stockpunktminderer (Pourpointminderer)	Verhinderung des Stockens (Nichtfließen bei niedriger Temp.)	Kondensationsprodukte von chlorierten Paraffin und Naphthalin, Polymethacrylate u.a.	Adsorption an den Oberflächen der Paraffinkristalle, Behinderung des Wachstums von Paraffinkristallen
Hochdruckzusätze (EP-Additive, Antiverschleiß-Additive)	Verhinderung des Pressens bzw. des adhäsiven Verschleißes bei hohen Belastungen	organische Schwefel-, Phosphor- und Chlorverbindungen und deren Kombinationen u.a.	Bildung von Reaktionsschichten auf den tribologisch beanspruchten Oberflächen
Reibungsminderer	Verminderung der Gleitreibungszahl	Fettsäuren, Fettsäureester, Fettsäureamide, Fettsäureoxalate u.a.	Bildung von Adsorptions- und Reaktionsschichten auf den tribologisch beanspruchten Oberflächen
Korrosionsinhibitoren	Einschränkung der Korrosion metallischer Werkstoffe	Fettsäuren, Stickstoff-, Phosphor-, Schwefelverbindungen u.a.	Bildung von Schutzschichten, welche den Zutritt von Sauerstoff und Wasser zur Metalloberfläche beeinträchtigen
Oxidationsinhibitoren	Verminderung der Oxidation von Schmierölen	Schwefel- und Phosphorverbindungen, Phenolderivate, Amine u.a.	Unterbrecher des Radikalkettenmechanismus der Oxidation
Detergentica	Verhinderung von Ablagerungen auf Werkstoffoberflächen	metalloorganische Verbindungen wie Phenolate, Sulphonate, Phosphate, Naphionate u.a.	Verhinderung der Koagulation von Oxidationsprodukten
Dispersants	Verhinderung der Kalkschlammbildung	Amide, Imide von mehrbasischen, organischen Säuren	Peptisierung von unlöslichen Oxidationsprodukten
Demulgatoren	Trennung von Öl und Wasser	polare, grenzflächenaktive Verbindungen	Erhöhung der Grenzflächenspannung zwischen Öl und Wasser
Emulgatoren	Bildung von Emulsionen (für Kühlschmierstoffe)	Alkalisalze von Carbonsäuren u.a.	Herabsetzung der Grenzflächenspannung zwischen Wasser und Öl
Schaumverhütungsmittel	Verhinderung der Bildung von Schaum	Silicopolymere u.a.	Zerstörung von Ölkügelchen, welche die Luftbläschen umgeben

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Motoröle

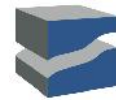
## Schmierung Schmierstoffe

Klassifikationen, Spezifikationen, Normen

SAE - Society of Automotiv Engineers

API - American Petroleum Institute

ACEA - Association des Constructeurs Europeens de l' Automobile



ACEA

Und weitere, z.B. MIL (militärische (NATO))

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Motoröle

## Schmierung Schmierstoffe

SAE - Society of Automotiv Engineers



SAE teilt Motoröle in Viskositätsklassen ein. Einteilung nach DIN 54511 oder SAE J 300.

SAE-Viskositätsklasse	Kälteviskosität in mPa · s	Maximale Grenzump-temperatur	Kinematische Viskosität bei 100 °C min.	Kinematische Viskosität bei 100 °C in mm <sup>2</sup> /s bei max.
0 W	6 200 bei -35 °C	-40 °C	3,8	
5 W	6 600 bei -30 °C	-35 °C	3,8	
10 W	7 000 bei -25 °C	-30 °C	4,1	
15 W	7 000 bei -20 °C	-25 °C	5,6	
20 W	9 500 bei -15 °C	-20 °C	5,6	
30			9,3	unter 12,5
40			12,5	unter 16,3
50			16,3	unter 21,9

W steht für winter-  
taugliches Motoröl

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014



## Motoröle

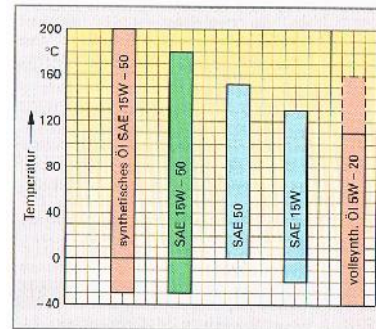
## Schmierung Schmierstoffe



SAE - Society of Automotiv Engineers

Mehrbereichöle  
decken mehrere Viskositätsbereiche ab

HD - Öle  
Heavy Duty Öle enthalten Dispergenzien  
(heute in allen Motorölen enthalten)



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Motoröle

## Schmierung Schmierstoffe



API - American Petroleum Institute

S-Klassen → Ottomotoren  
C-Klassen → Dieselmotoren

Ottomotoren	
SI	Diese Norm berücksichtigt neuere Erkenntnisse der Katalysatorkonzeption und verbesserte Anordnungen hinsichtlich der Katalysatorkonzeption. Der Phosphoranteil ist wegen der besseren Katalysatorkonzeption auf 0,1 % begrenzt.
SI	Im Vergleich zu SI verschärfte Anforderungen bezüglich Ölverbrauch, Motorsauberkeit und Zündungsverhalten. Gültig seit 05/2001.
SM	Übernimmt die Qualitätsanforderungen von API-S-Motoren. Verfügbar: Ölwechselintervalle sind möglich. HTHS > 3,0 mPa·s. Die Anteile an Sulfate, Phosphor und Schwefel sind reduziert, das Öl für Fahrzeugmotoren mit NO <sub>x</sub> -Katalysator geeignet. Gültig seit 2004.
Dieselmotoren	
CG-4	Für emissionsarme Abgasmotoren im Langzeiterbetrieb geeignet. Kann anstatt von AP, CD, CC und C-4 Motorölen verwendet werden.
CH-4	Für solche lange Ölwechselintervalle, erhöhter Verschleißschutz gegen den Einfluss von Ruß.
CJ-4	Für schnelllaufende Dieselmotoren mit Abgasrückführung geeignet.
CJ-4	Für schnelllaufende Dieselmotoren mit Partikelfiltern (DF) mit ca. ab 2007 geforderten Abgasgrenzwerten geeignet.

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Motoröle

ACEA - Association des Constructeurs Europeens de l' Automobile

Schmierung  
Schmierstoffe

Klasse	Anforderungen	Verwendung
A1 B1	Weniger strenge Anforderungen hinsichtlich Scherstabilität und Verdampfungsneigung.	Öle mit einem hohen Potenzial zur Kraftstoffersparnis (- 2,5 %). Wegen der niedrigen IITIG-Viskosität dürfen diese Öle nur in den dafür freigegebenen Motoren verwendet werden.
A3 B3 B4	Besonders scherstabile Öle mit geringer Verdampfungsneigung.	Öle mit sehr hohem Verschleißschutz bei hohen Temperaturen und Drehmomenten. B4-Öle sind für direkteinspritzende Dieselmotoren besonders geeignet.
A5 D5	Scherstabile Öle mit verminderten Verdampfungsverlusten im Vergleich zu A1/D1-Ölen.	Leichtlauföl mit nachgewiesener Kraftstoffersparnis bis 2,5 % im Prüfmotor im Vergleich zu einem 15W-40 Referenzöl.
C1 C2 C3 C4	C1 low SAPS, C2 mid SAPS, C3 mid SAPS, C4 low SAPS C1/C2 verminderte Scherstabilität. C3/C4 erhöhte Scherstabilität.	Für Pkw-Motoren (Euro IV Motoren), z.B. mit Partikelfilter, NO <sub>x</sub> -Katalysator, 3-Wege-Katalysator empfohlen bzw. vorgeschrieben.
E2 E4 E6 E7 E9	Alle E-Öle erfüllen die gleichen Anforderungen an Scherstabilität, HTHS-Viskosität und Verdampfungsneigung. E6/E9 sind sog. SAPS-Öle. E7 wie E6 jedoch mit einem zulässigen Sulfatashgehalt von $\approx 2\%$ .	E2 - für mittlere Ölwechselintervalle. E4 - für Ölwechselintervalle bis 100 000 km. E6/E9 für Motoren mit Abgasrückführung, Dieselpartikelfilter und SCR-Katalysatortechnik geeignet. E7 - Für Motoren ohne Dieselpartikelfilter geeignet.



SAPS = Sulfatasche,  
Phosphor, Schwefel

Klassen:

**A** für Ottomotoren, **B** für PKW-Dieselmotoren, **C** für Otto- und Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlung  
**E** für NFZ-Dieselmotoren

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Getriebeöle

Schmierung  
Schmierstoffe



Überwiegend während der Lebensdauer des FZ nicht mehr gewechselt.  
Auch als Mehrbereichsöle erhältlich.

Einsatzbedingungen	API-Klasse	MIL-Spezifikation	SAE-Klassen
Schaltgetriebe, Achsgetriebe mit Hypoidverzahnung und wenig Achsversatz	GL-4	MIL-L-2105	SAE 75, 80, 90 SAE 75W-80 SAE 75W-90 SAE 80W-90
Achsgetriebe mit Hypoidverzahnung und großem Achsversatz, sowie hinsichtlich ihres Synchronisationsverhaltens unkritische Schaltgetriebe	GL-5 MT-1	MIL-L-2105 B MIL-L-2105 C MIL-L-2105 D MIL-PRF-2105 E	SAE 85W-90 SAE 80W-140

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Öle für Automatikgetriebe

### Schmierung Schmierstoffe



Als ATF-Öle bezeichnet (Automatic Transmission Fluid)

Andere (weitere) Anforderungen als an ein „normales“  
Getriebeöl

- Schmierung, Planetensätze, Lager, etc.
- Reibwertkonstanz bei Bremsbändern
- Momentübertragung im Wandler / Hydrokupplung

Niedrige Viskosität erforderlich (vgl. SAE 75W), bei extremen VI-Index,  
Stockpunkt < -40°C

Keine (öffentlich) gültige Norm, spezifiziert nach Herstellervorgaben

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe



Schmierfette sind aus Grundölen unter Zuhilfenahme  
von Verdickern zu pastösen Massen hergestellte  
Schmierstoffe

Einteilung erfolgt nach

- Grundöl
- Verdicker
- Konsistenzklasse
- Anwendung
- Einsatzbereich

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe



#### Grundöle

Alkylierte Naphthaline (AN), Chlortrifluoroethylene (CTFE), Esteröle, Mineralöle, Multialkylierte Cyclopentane (MAC), Polyalphaolefine (PAO), Polyphenylether (PPE), Polyglykolöle (PG), Perfluorierte Polyetheröle (PFPE)  
Silikonöle

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe



#### Verdicker

Aluminiumseife, Bariumseife, Lithiumseife, Natriumseife  
Calciumseife, (auch deren Salze)

PTFE

Anorganische Verdicker

Polyharnstoff

Silika

Seifenbasis	Tropf- punkt °C	wasser- fest	Verwendung
Kalzium (Kalkseifenfett)	bis 200	ja	Abschmierfett
Natrium (Natronseifenfett)	120...250	nein	Wälzlagerfett
Lithium (Lithiumseifenfett)	100...200	ja	Mehrzweckfett

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe



#### Konsistenzklasse

Messung nach DIN 51818 (Eindringtiefe eines Konus bildet die Konsistenzzahl)  
Konsistenzzahl wird auch als NLGL-Klasse angegeben  
Angabe kann als Ruhe- oder Walkpenetration angegeben werden.

Konsistenzen von 000, fließfähig  
bis 6, hart

Konsistenz	Eigenschaft, Verwendung
000 ... 1	Sehr weich, Fließfette, z.B. Zentralschmieranlagen
2 ... 3	Weich, Abschmierfette für alle übrigen Fettschmierstellen
4 ... 5	Fest, Wasserpumpenfette

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe



#### Anwendung

Normalfette  
Mehrzweckfette  
EP-Schmierfette  
Hochtemperaturfette

#### Einsatzbereich

Wälzlagerfette  
Dichtungsfette  
Pumpenfette, wasserbeständig  
Vakuurfette

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Schmierfette

### Schmierung Schmierstoffe

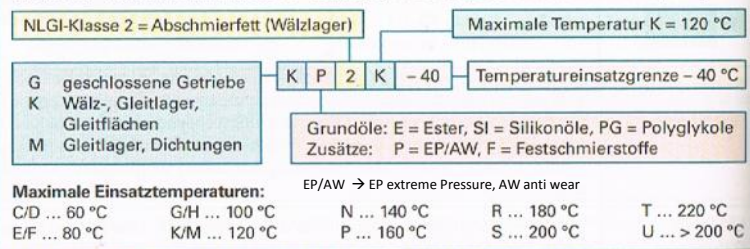


### Zusammenfassung

Die Konsistenz eines Fettes ist sein Widerstand gegen Verformung. Die Eindringtiefe eines genormten Kegels in das Fett führt zur Einteilung in bestimmte NLGI-Klassen (National Lubricating Grease Institute).

NLGI 000-, 00- und 1-Fette sind weich, Einsatz in Zentralschmieranlagen;

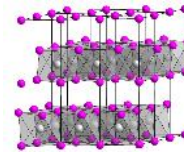
NLGI 2 bis 4 sind Abschmierfette für Wälzlager; NLGI 3, 4, 5 sind Fette für Wasserpumpen.



Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Feste Schmierstoffe

### Schmierung Schmierstoffe



Cadmiumdiodid

Feste Schmierstoffe werden in Extrembedingungen und zur Erzeugung von Notlaufeigenschaften eingesetzt

#### Gruppen

##### Verbindungen mit Schichtgitterstruktur

Graphit, Molybdändisulfid, Dichalcogenide, Bornitrit

##### oxidische und fluoridische Verbindungen der Übergangs- und Erdalkalimetalle

Bleioxid, Molybdädioxid, Zinkoxid, Cadmiumoxid  
Bariumfluorid, Lithiumfluorid, Strontiumfluorid

##### weiche Metalle

Blei, Indium, Silber

##### Polymere

Polytetrafluorethylen \*begrenzte Einsatzfähigkeit

Werner Scherer, Dipl.Ing.(FH) © 2014

## Schmierung

### mechanische Anordnung im Motor Schmierungsarten



#### Gemischtschmierung

Anwendung im Zweitakter (Otto)

Beimischung zum Kraftstoff

Nachteil: Entmischung bei langer Standzeit

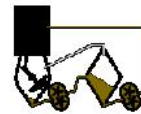
#### Frischölschmierung

Anwendung im Zweitakter (Otto und Zweitakt-Diesel)

Zumischung durch Pumpe zum Kraftstoff

## Schmierung

### mechanische Anordnung im Motor Schmierungsarten



#### Druckumlaufschmierung

Anwendung Viertaktmotor

Ölvorart in Ölwanne unter Kurbelgehäuse mitgeführt

#### Trockensumpfschmierung

Anwendung Viertaktmotor

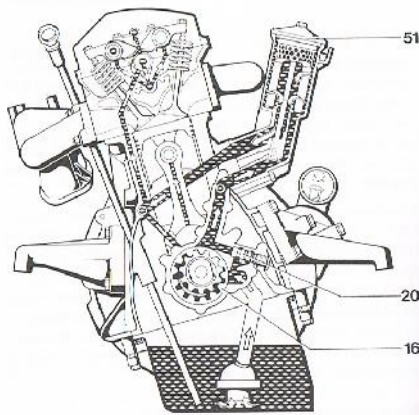
Ölvorart in separatem Behälter

Pumpe im Kurbelraum zur Förderung in Ölvorart

Pumpe zur Druckölversorgung Schmierstellen

Schmierung

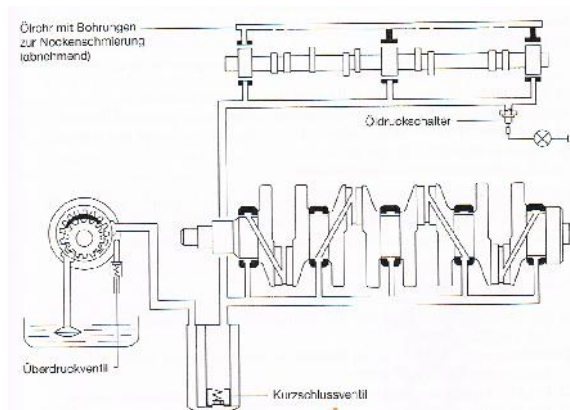
**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente (Druckumlaufschmierung)**



- Ölsumpf
- Pumpe
- Ölfilter (ggf. mit Druckbegrenzer)
- Kanäle/Leitungen
- ggf. Sprühdüsen
- Ggf. Ölkühler

Schmierung

**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente (Druckumlaufschmierung)**

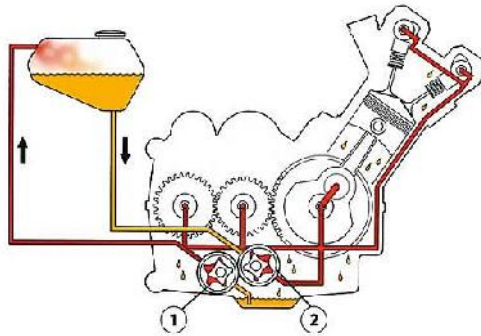


VW Golf



Schmierung  
Schmierstoffe

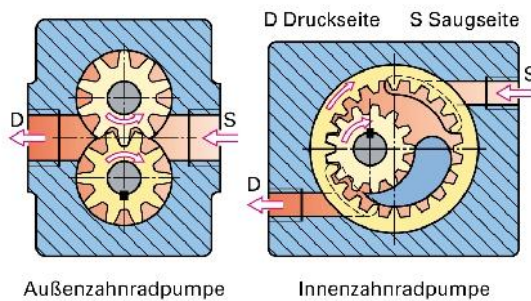
**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente (Trockensumpfschmierung)**



- Ölsumpf
- Pumpe zu Vorratsbehälter (1)
- Pumpe Druckversorgung (2)
- Ölfiter (ggf. mit Druckbegrenzer)
- Kanäle/Leitungen
- ggf. Sprühdüsen
- ggf. Ölkühler

Schmierung

**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente  
Ölpumpe**

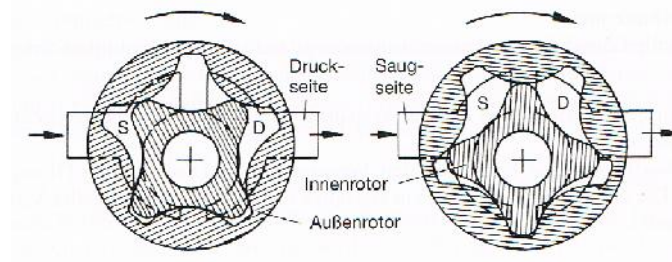


Außenzahnradpumpe

Innenzahnradpumpe

Schmierung

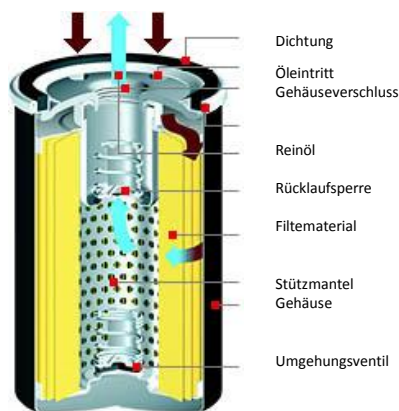
**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente  
Ölpumpe**



Rotorpumpe

Schmierung

**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente  
Ölfiler**



- Dichtung
- Öleintritt
- Gehäuseverschluss
- Reinöl
- Rücklaufsperr
- Filtematerial
- Stützmantel
- Gehäuse
- Umgehungsventil

**mechanische Anordnung im Motor  
zugehörige Elemente  
ÖlfILTER**

Schmierung

Sicherstellung des Ölstroms  
auch bei verschmutztem Filter

