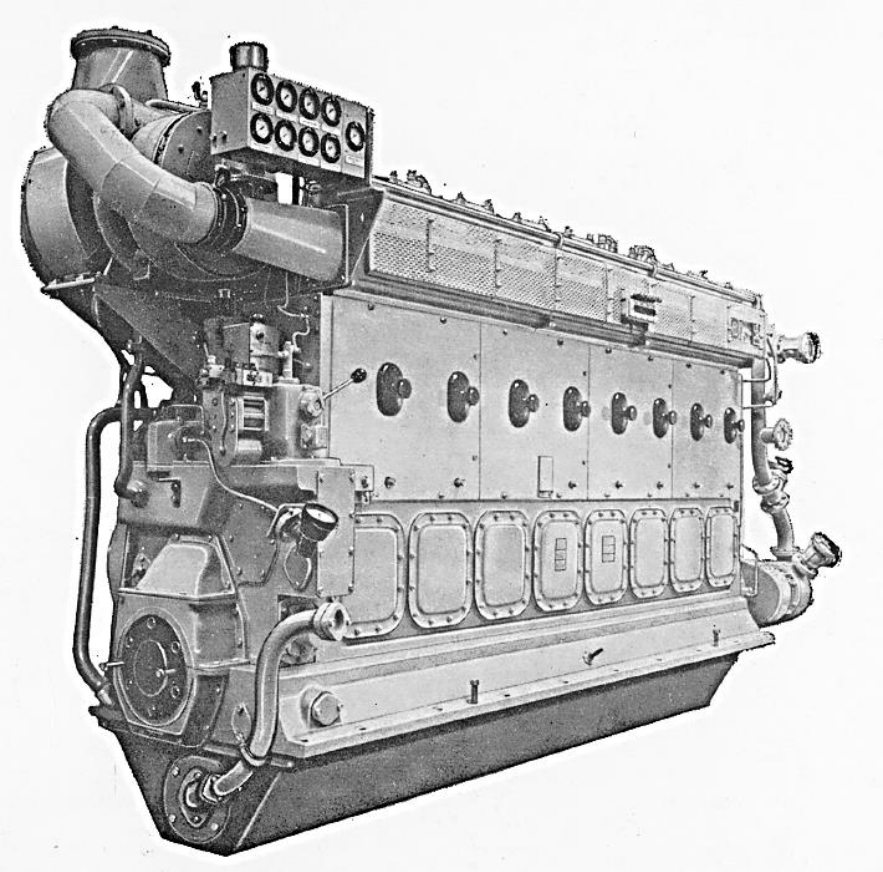
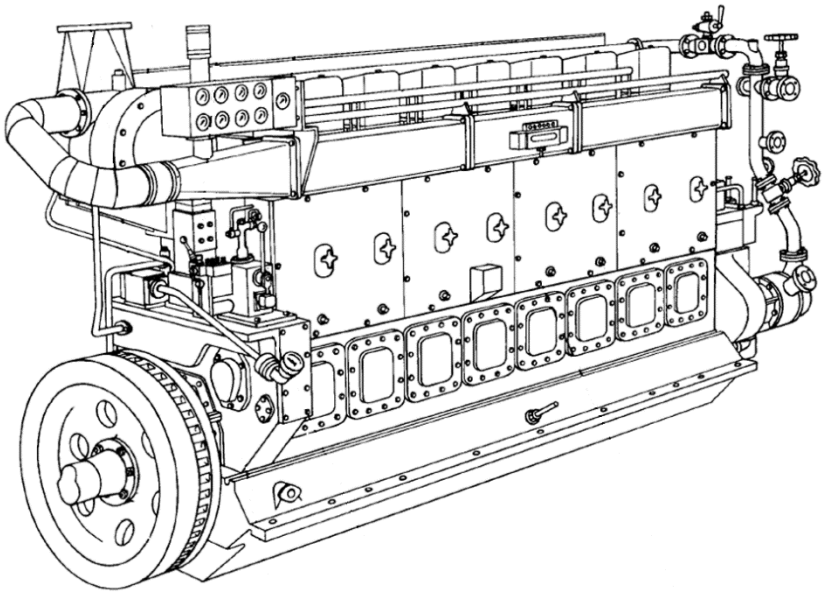
Binnenschiffer -Ausbildungs - Zentrum

Schönebeck



Maschinen und Motoren auf Binnenschiffen



Vorwort

Im Lehrgang werden ausgewählte maschinentechnische Details auf Binnenschiffen behandelt. Dazu gehören die Haupt- und Hilfsdieselmotoren, Pumpen, Verdichter und sowohl elektrische als auch hydraulische Anlagen, aber auch Betriebsstoffe.

Schwerpunkt des Lehrgangs ist die Schaffung eines grundsätzlichen Überblicks über die elementaren maschinentechnischen Bauteile eines Binnenschiffs und deren physikalischen, technischen und mathematischen Grundlagen, das Darstellen der motortechnischen Grundlagen hinsichtlich der Begriffe, das Aufbaus und der Funktion von Bauteilen und Systemen und dem Vermitteln von Kenntnissen über die richtige Bedienung und Wartung der Bauteile.

Mit Hilfe dieser Kenntnisse soll der Lehrgangsteilnehmer befähigt werden, die Bedienung, Wartung und Pflege der maschinentechnischen Anlagen sorgsam durchführen zu können, Betriebsstörungen rechtzeitig zu erkennen, diese unter Umständen selbst zu beheben oder dem Service-Betrieb eine genaue Beschreibung der Betriebsstörung geben zu können.

1 Technische Einrichtungen eines Binnenschiffes

1.1 Überblick über mögliche technische Einrichtungen an Bord

Binnenschiffe sind hochkomplexe technische Einrichtungen, auf denen im Wesentlichen die unten aufgeführten Kategorien und Elemente vorkommen.

Verbrennungsmotoren und Mechanik

- ⇨ Maschinen und Einrichtungen zum Antrieb
- ⇨ Maschinen zum Erzeugen von Hilfsenergien bzw. Hilfsstoffen
- ⇨ Getriebe und Kupplungen
- ⇨ Pumpen und Verdichter
- ⇨ Wellenanlage und Verbindungselemente
- ⇨ Zurrvorrichtungen, Seilzüge, Seilwinden
- ⇨ Krananlagen

Hydraulik

- ⇨ Ruderanlagen (auch Notruder)
- ⇨ Ruderhauabsenkanlagen
- ⇨ Mastlegeanlage
- ⇨ Förder- und Verladeanlagen

Elektrik

- ⇨ Generatoren bzw. Lichtmaschinen
- ⇨ Akkumulatoren
- ⇨ Pumpen, z.B. für die Bilge oder die Frachtgutverladung
- ⇨ Lichttechnische Anlagen einschließlich der Positionslaternen
- ⇨ Alarmanlagen, z.B. für die Bilge oder Feuer
- ⇨ Klimaanlage
- ⇨ Lüftungsanlage
- ⇨ Heizungsanlage
- ⇨ Küchentechnik

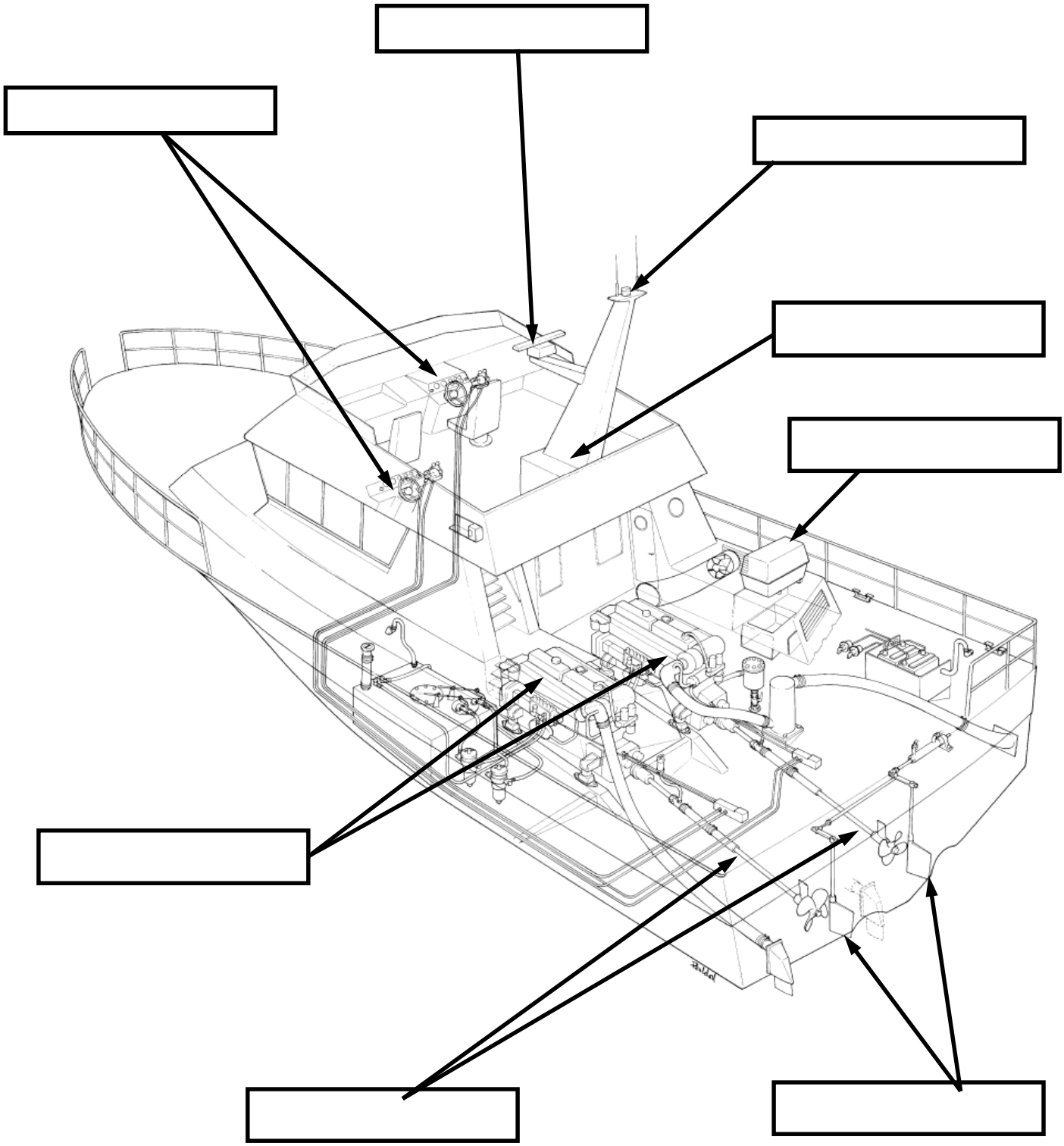
Elektronik

- ⇨ Schalttafel
- ⇨ Bordnetz
- ⇨ Schiffsfunk
- ⇨ Datenfunk, z.B. WLAN
- ⇨ Bordrechner, u. a. zur Kurs- und Positionsbestimmung
- ⇨ Radar
- ⇨ Wechselsprechanlage

Sicherheitsanlagen

- ⇨ Sprinkleranlagen
- ⇨ Feuerlösch- und Lenzsystem
- ⇨ Rettungsmittel

Alle wichtigen Systeme eines Binnenschiffs können gar nicht in einer einzigen Darstellung zusammengefasst werden. Hier ist nur ein kleiner Überblick am Beispiel eines Polizeibootes dargestellt.



1.2 Haupt- und Hilfsmaschinenanlagen

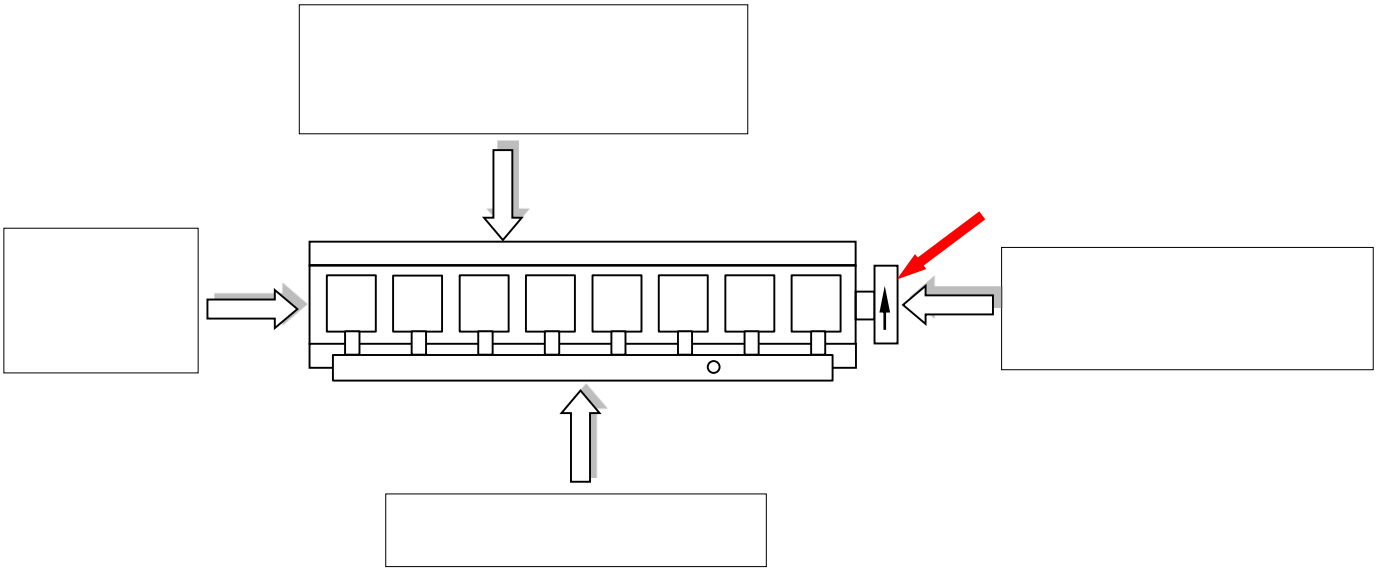
Haupt- und Hilfsmaschinenanlagen sind komplexe Einrichtungen. Beide werden jedoch heute von _____ angetrieben, die in der Regel nur „Motor“ genannt werden.

Hauptmotor	
Hilfsmotor	

1.2.1 Darstellung und Grundbegriffe am Verbrennungsmotor

Definition der Seiten

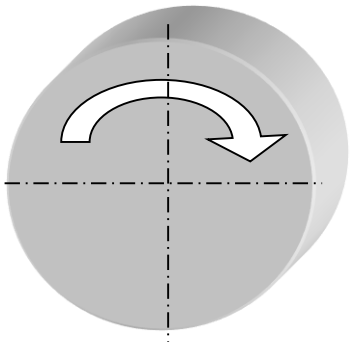
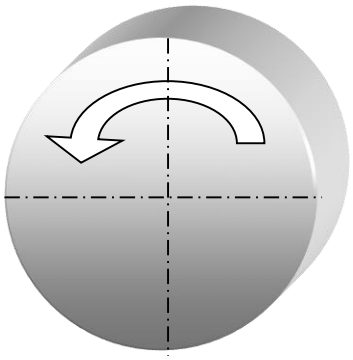
Seitenname	ist die Seite,
Hauptnutzleistungsabgabeseite	
Steuer- und Bedienseite	
Pumpenseite	
Abgasseite	
Oberseite	
Unterseite	



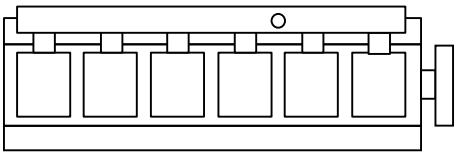
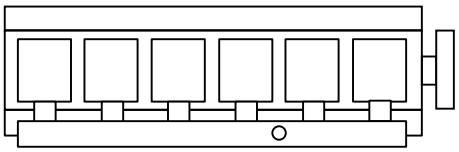
Definition des Drehsinns

Der Drehsinn wird ermittelt, indem man auf die Hauptnutzleistungsabgabeseite blickt (sich also über der Schiffswelle befindet!) und die Drehbewegung des Schwungrades beobachtet.

Dreht sich das Schwungrad oder die Welle in _____ dann ist der Drehsinn _____, dreht sich die Schwungscheibe _____ _____, dann ist der Drehsinn_____.

Definition der Bauausführung

	
Steht man vor der _____ _____ befindet sich das Schwungrad auf der _____ Seite.	Steht man vor der _____ _____ befindet sich das Schwungrad auf der _____ Seite.

Einige Schiffstypen haben zwei Antriebs- oder Hauptmotoren. In der Regel stehen diese im Maschinenraum auf der Backbordseite (vom Heck zum Bug schauend, die _____ Seite eines Schiffes) oder auf der Steuerbordseite (vom Heck zum Bug schauend, die _____ Seite eines Schiffes), was aber nichts mit der Bezeichnung Links- bzw. Rechtsmotor zu tun hat.

Definition der Drehzahlbereiche

In der Binnenschifffahrt haben sich 3 Bezeichnungen für die Drehzahlbereiche durchgesetzt:

bis 400 1/min	400 – 1000 1/min	über 1000 1/min

In den Grenzbereichen sind die Bezeichnungen manchmal nicht korrekt getrennt.

Definition der Drehrichtungsänderung

Damit ein Binnenschiff manövrieren kann, muss es unter anderem auch vorwärts und rückwärts fahren können. Das geschieht, indem der Drehsinn des Schiffspropellers umgekehrt wird. In der Regel wird das durch ein _____ realisiert.

Aber bei Langsamläufern wird das oft auch dadurch erreicht, indem der Motor angehalten wird und danach in die andere Drehrichtung angelassen wird. Diese Möglichkeit wird als:

bezeichnet.

1.2.2 Antriebssysteme von Hauptantriebsanlagen

Die Antriebssysteme in der Schiffsbetriebspraxis werden in 2 Gruppen unterteilt:

Direkter Antrieb

Die Drehbewegung der Kurbelwelle des Motors und die Kraft werden direkt auf mechanischem Weg zum Schiffspropeller übertragen

Direkte Umsteuerung

Schiffantrieb besteht nur aus Motor, Wellenanlage und Schiffspropeller. Gesamtaufbau recht einfach, aber nur für Langsamläufer geeignet.

Indirekte Umsteuerung

Ist die gebräuchlichste Variante in der Binnenschifffahrt.
Die Änderung des Drehsinns bzw. der Fahrtrichtung wird übernommen von einem Wendegetriebe, Untersetzungsgetriebe, Verstellpropeller, VSP oder Ruderpropeller.

Indirekter Antrieb

Der Propeller des Schiffs wird nicht unmittelbar von einem Verbrennungsmotor angetrieben.

z.B. Hybridantriebe

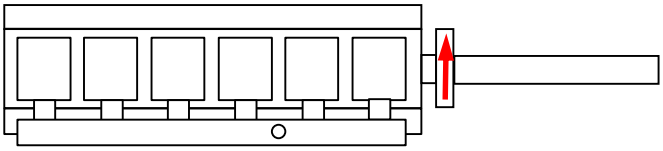
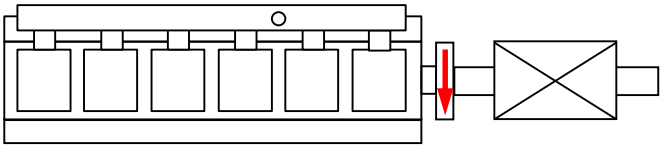
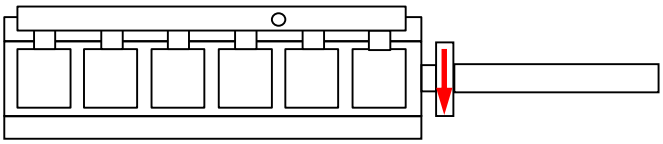
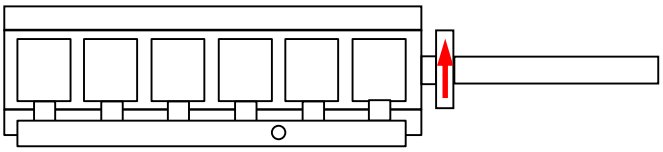
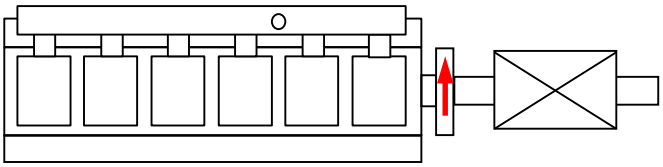
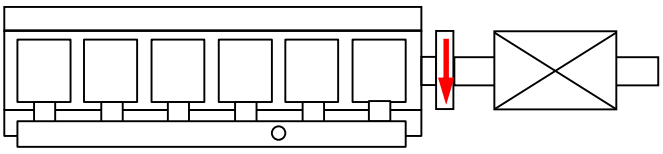
Direkte Umsteuerung

Schiffspropeller hat eigenen Antrieb, der durch die Energie eines Verbrennungsmotors gespeist wird.

Diesel-Elektro
Diesel-Hydraulik
Diesel-Pneumatik

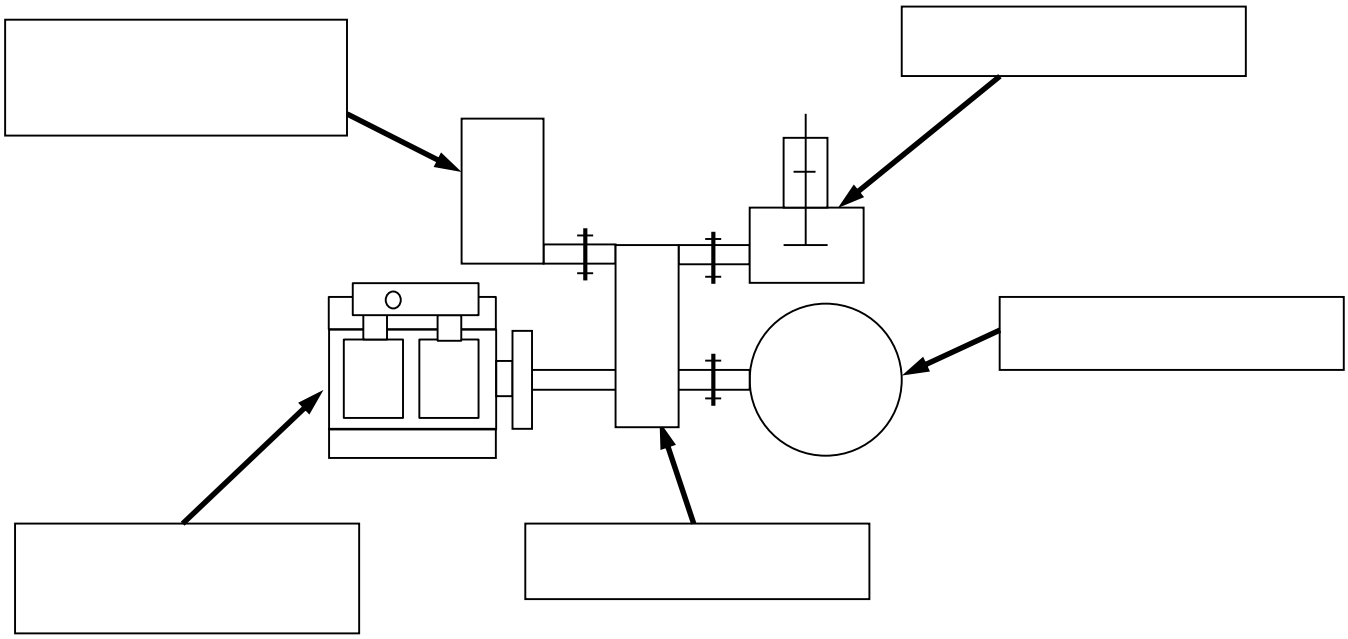
In der Binnenschifffahrt hauptsächlich an der Hilfsmaschinenanlage.

Vervollständigen Sie die Tabelle!

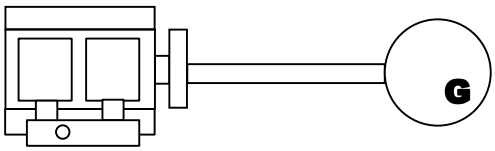
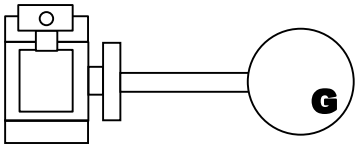
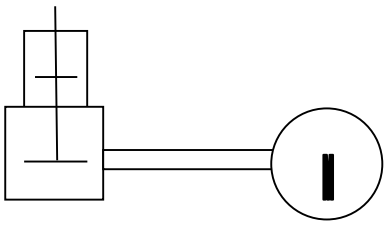
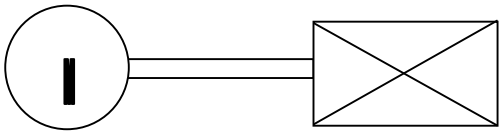
Beispiele für mögliche Antriebsanordnungen	**Bezeichnung**	
	Schiffs-typ	Einpropellerschiff
	Motorart	Linksmotor
	Drehsinn	Rechtdrehend
	umsteu-ern	direkt umsteuerbar
	Schiffs-typ	
	Motorart	
	Drehsinn	
	umsteu-ern	
 	Schiffs-typ	
	BB-Motor	
	STB-Mo-tor	
	umsteu-ern	
 	Schiffs-typ	
	BB-Motor	
	STB-Mo-tor	
	umsteu-ern	

1.2.3 Hilfsmaschinenanlagen

Komplexe Anlage



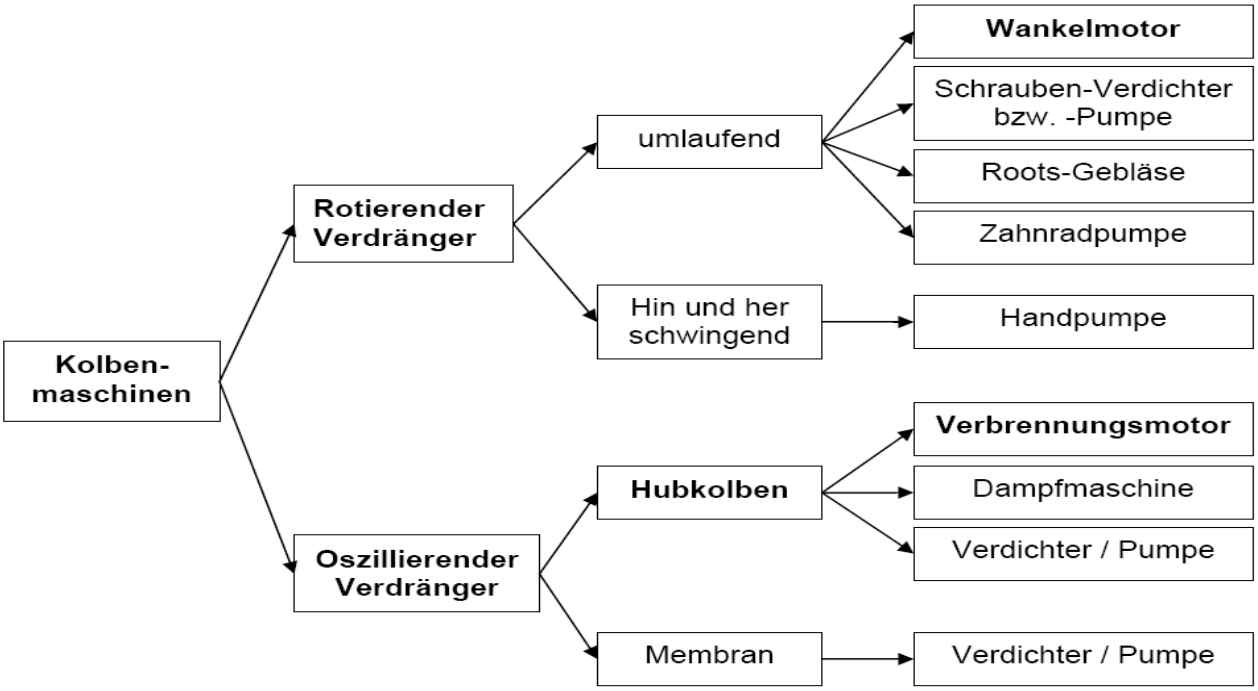
Weitere Hilfsmaschinenanlagen als Beispiele

Dieselaggregat (normal)	
Dieselaggregat (klein)	
Verdichter von Elektromotor angetrieben	
Elektromotor treibt Pumpe oder Winde an	

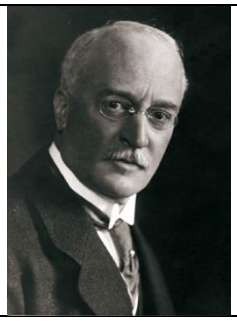
2 Verbrennungsmotoren

2.1 Einteilung von Verbrennungsmotoren

Einteilung nach der Arbeitsweise



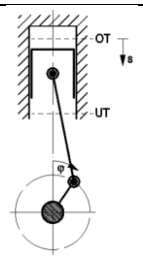
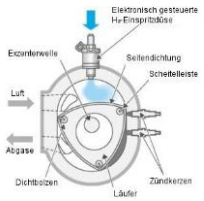
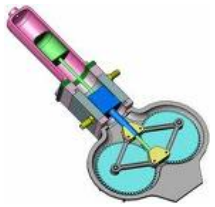
Einteilung nach dem thermodynamischen Prozess

Der **Ottomotor** ist ein nach Nikolaus August Otto benannter Verbrennungsmotor, bei dem der Kraftstoff während des Ansaugvorganges in die angesaugte Luft eingebracht wird, was ein zündfähiges Gemisch im Zylinder ergibt. Im Gegensatz zum Dieselmotor zeichnet sich ein Ottomotor durch eine aktive Zündvorrichtung aus.	 Ein **Dieselmotor** ist ein Verbrennungsmotor, der nach dem 1892 von Rudolf Diesel erfundenen Verfahren arbeitet. Das charakteristische Merkmal ist die Selbstzündung des eingespritzten Kraftstoffes in der heißen, komprimierten Verbrennungsluft. Das Verfahren wurde bei der *Maschinenfabrik Augsburg*, einem der Gründungsunternehmen der späteren MAN, von Rudolf Diesel entwickelt.

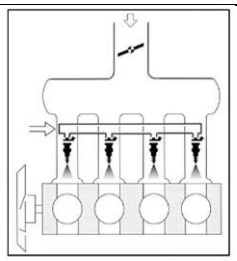
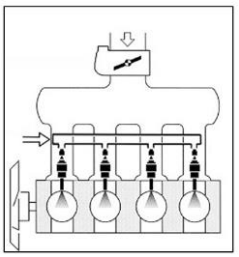
Einteilung nach dem Arbeitsverfahren

Die vier Takte bestehen aus: 1.Ansaugen 2.Verdichten 3.Arbeiten 4.Ausstoßen. Die vier Takte sind ein volles Arbeitsspiel und laufen bei einer Nockenwellenumdrehung und zwei Kurbelwellenumdrehungen ab.	Beim Zweitaktverfahren werden die Gase am Ende der Expansion und zu Beginn des Kompressionshubs getauscht. Zur Steuerung der Ein- und Auslasszeitpunkte wird der Kolben verwendet, indem dieser im Bereich des unteren Totpunkts die im Zylindergehäuse angeordneten Ein- und Auslassschlitze überfährt.

Einteilung nach dem Bewegungsablauf

Einteilung nach dem Gemischbildungsverfahren

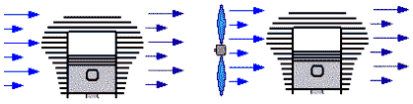
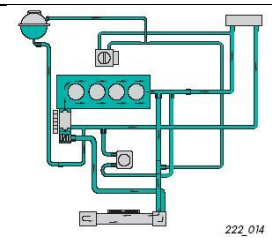
Einteilung nach dem Zündverfahren

Das angesaugte und verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch wird durch einen elektrischen Funken entflammt (Ottomotor).	Der eingespritzte Kraftstoff entzündet sich selbst an der hochverdichteten Luft (Dieselmotor).	Wird durch einen Glühkopf eingeleitet, da die Verdichtungsendtemperatur der angesaugten Luft für die Selbstzündung zu niedrig ist.

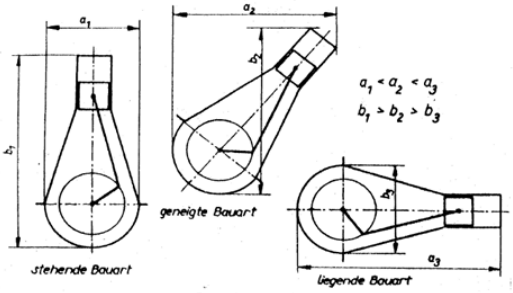
Einteilung nach der Füllungsart

Ein **Saugmotor** ist ein Verbrennungsmotor ohne Motoraufladung, bei dem das Kraftstoff-Luft-Gemisch oder nur die Luft über die saugende Wirkung beim Abwärtsgehen des Kolbens im Saugtakt in den Verbrennungsraum gesaugt wird	Die **Motoraufladung** ist ein Verfahren, bei dem die Leistung von Verbrennungsmotoren durch Zuführen von Luft mit erhöhtem Druck gesteigert wird. Durch den höheren Druck wird der Füllungsgrad verbessert, so dass mehr Luft für die Verbrennung von Kraftstoff zur Verfügung steht, was die pro Arbeitstakt abgegebene Arbeit erhöht. (Abgasturbolader)	Beim **Wasserstoffverbrennungsmotor** (kurz *Wasserstoffmotor*) wird ein konventioneller Verbrennungsmotor mit Wasserstoff als Kraftstoff betrieben. Grundlage ist die Knallgasreaktion (zwei Teile Wasserstoff mit einem Teil Sauerstoff) in einem Kolbenrotationszylinder. Der Gesamtprozess arbeitet dabei nach dem Ottoprinzip wie in herkömmlichen Ottomotoren.

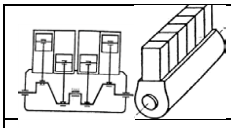
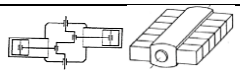
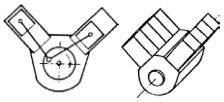
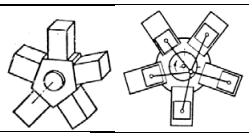
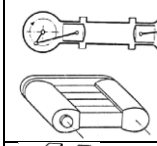
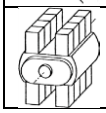
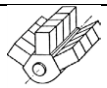
Einteilung nach dem Kühlverfahren

		
Durch Luftkühlung wird die Oberfläche von wärmeerzeugenden Objekten durch daran vorbei strömende Luft gekühlt. Bei Verbrennungsmotoren, Elektromotoren oder elektronischen Bauelementen der Leistungselektronik soll die Überhitzung und Zerstörung der Bauteile vermieden werden.	Motoren in Schiffen werden bis auf wenige Ausnahmen wassergekühlt. Wasser gewährleistet einen gleichmäßigen Wärmetransport und kann eine große Wärmemenge abführen. Für die Kühlung wird kaum Leistung (Hilfsenergie) benötigt.	Neben der Schmierung übernimmt das Motorenöl auch die Aufgabe der Kühlung. Die Wärmeabfuhr erfolgt bei vielen Motoren über die Ölwanne, die zur Verbesserung der Kühlung aus Aluminium hergestellt und oft mit Kühlrippen versehen ist. Bei Motoren mit Trockensumpfschmierung kühlt der Schmierstoff im separaten Ölbehälter ab.

Einteilung nach der Bauform der Zylinder

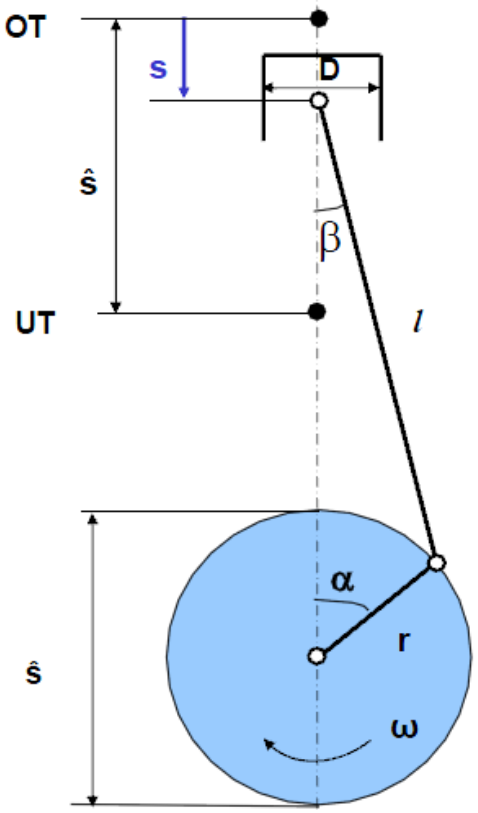


Einteilung nach der Zylinderanordnung

2.2 Aufbau und Arbeitsweise von Verbrennungsmotoren

2.2.1 Elemente des Kurbeltriebes



r	Kurbelradius
D	Zylinderdurchmesser
l	Pleuel- oder Schubstangenlänge
λ	$= r/l$ Schubstangenverhältnis
ŝ	$= 2 \cdot r$ Hub (Abstand OT – UT)
ŝ/D	Hubverhältnis
OT	oberer Totpunkt
UT	unterer Totpunkt
α	Kurbelwinkel
β	Stangenwinkel

2.2.2 Arbeitsverfahren

Ein moderner Verbrennungsmotor arbeitet in vier Takten:

- ⇨ _____ (der Luft oder des Kraftstoff-Luft-Gemischs)
- ⇨ _____ (der Gase)
- ⇨ _____ (zünden der Gase und bewegen des Kolbens = Kraftübertragung an den Kolben)
- ⇨ _____ (der verbrannten Gase).

a) Schreiben Sie den jeweiligen Arbeitstakt unter die vier Zeichnungen.
b) Kennzeichnen Sie die Bewegungen des Kolbens durch Pfeile (auf- bzw. abwärts).
c) Markieren Sie die geöffneten Ventile rot (EV = Einlassventile; AV = Auslassventile).

Bezeichnung				
Kolben geht				
Einlassventil				
Auslassventil				

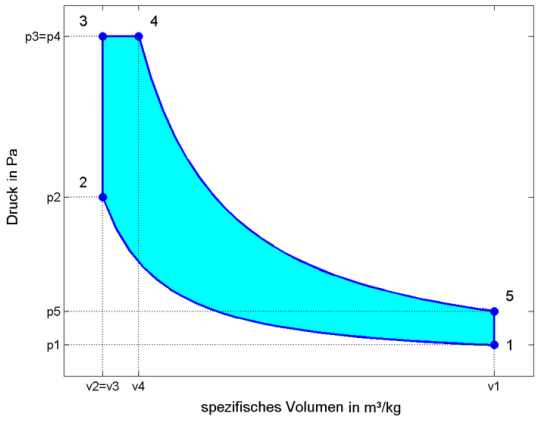
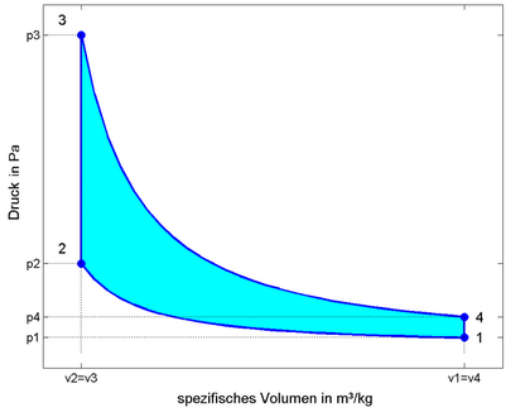
f) Wie oft dreht sich die Kurbelwelle während eines Arbeitsspieles? _____

g) Wie viele Winkelgrade an der Kurbelwelle (Grad KW) umfasst also ein komplettes Arbeitsspiel? _____

d) Wie oft steht der Kolben während eines kompletten Arbeitsspieles ganz oben (oberer Totpunkt OT) bzw. ganz unten (unter Totpunkt UT)? _____

2.2.3 Der Kreisprozess der motorischen Verbrennung

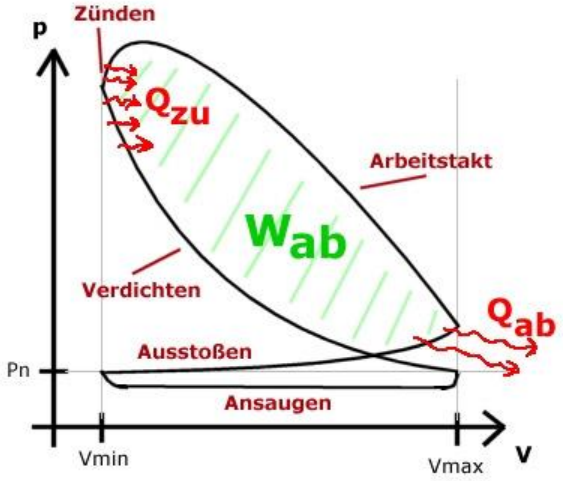
Das p-v-Diagramm wird häufig dazu verwendet um Prozessabläufe zu veranschaulichen, wie beispielsweise in den untenstehenden Diagrammen des Diesel-Prozesses und des Otto-Prozesses.

Dieselmotor	**Ottomotor**
	
Im Dieselmotor wird Luft stark verdichtet und Brennstoff eingespritzt, welcher in der heißen Luft selber zündet. Die verwendeten Treibstoffe sind Dieselöl. **1:** Der Kolben ist im unteren Totpunkt. In ihm befindet sich nur Luft. **1 zu 2:** Mit mechanischer Energiezufuhr wird das Gas isentrop verdichtet. Der Kolben erreicht den oberen Totpunkt. Die Temperatur muss genügend hoch sein, damit sich der im folgenden eingespritzte Treibstoff selber entzündet. **2 zu 3:** Treibstoff wird unter hohem Druck eingespritzt. In der heißen Luft entzündet sich der Treibstoff und verbrennt isobar. Durch diese Energiezufuhr vergrößert sich das Volumen etwas. **3 zu 4:** Die Verbrennungsgase expandieren isentrop und geben mechanische Energie ab. **4 zu 1:** Es erfolgt des Auspuffen der Verbrennungsgase und mit ihnen die isochore Abgabe der Abwärme. **1 zu 5:** Die Abgase werden ausgestoßen. **5 zu 1:** Frische Luft wird eingesogen.	Im Ottomotor wird zündfähiges Gemisch verdichtet und fremd gezündet. Die verwendeten Treibstoffe sind Benzin und Gas. **1:** Der Kolben ist im unteren Totpunkt. In ihm befindet sich ein zündfähiges Luftgemisch. **1 zu 2:** Mit mechanischer Energiezufuhr wird das Gas isentrop verdichtet. Der Kolben erreicht den oberen Totpunkt. Die Temperatur muss unter der Selbstzündgrenze des Gemisches bleiben, deswegen kann die Verdichtung nicht auf einen so hohen Druck wie beim Dieselmotor erfolgen. **2 zu 3:** Das Gemisch wird durch einen externe Zündung (Zündkerze) isochor verbrennt, durch diese Energiezufuhr erhöht sich Druck. **3 zu 4:** Die Verbrennungsgase expandieren isentrop und geben mechanische Energie ab. **4 zu 1:** Es erfolgt des Auspuffen der Verbrennungsgase und mit ihnen die isochore Abgabe der Abwärme. **1 zu 5:** Die Abgase werden ausgestoßen. **5 zu 1:** Frisches Brennstoffgemisch wird eingesogen.

2.2.4 Das p-V-Diagramm des realen 4-Takt-Motors

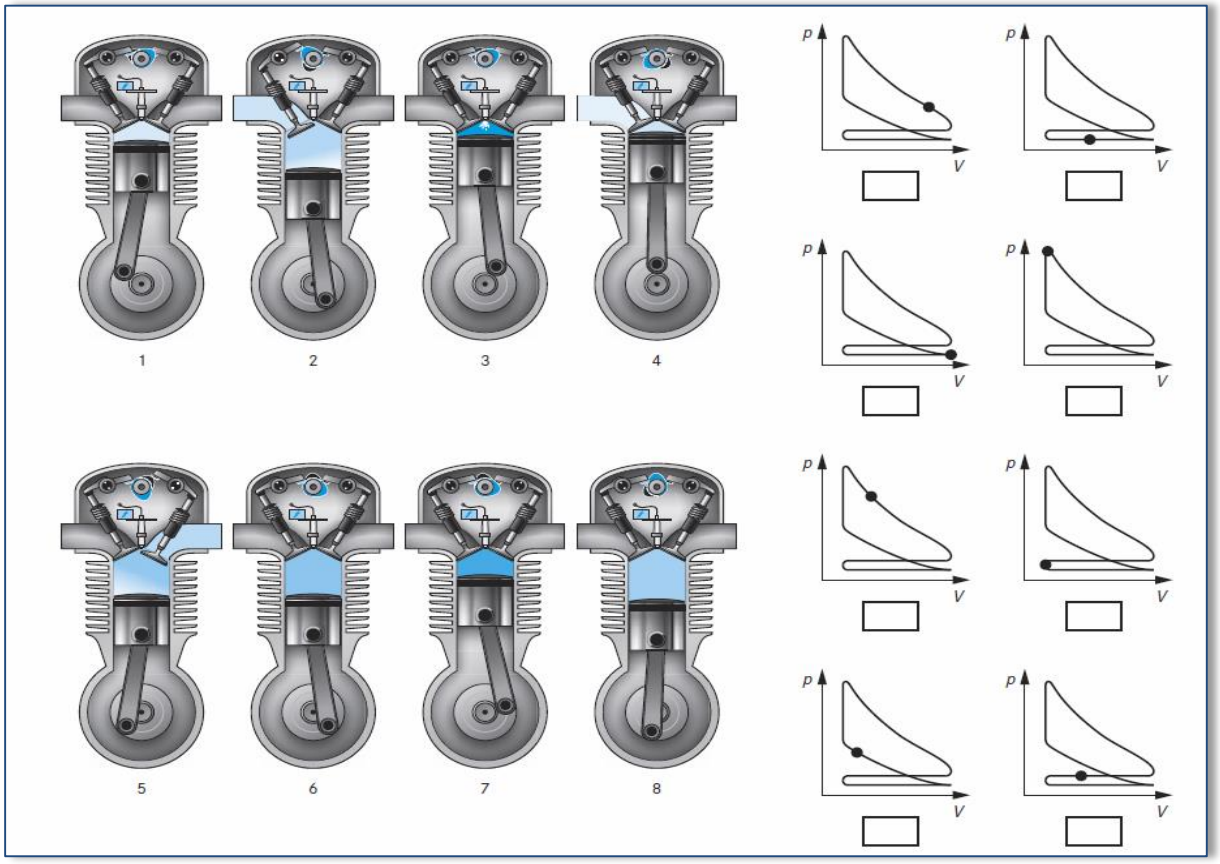
Die Abweichungen vom idealen Vergleichsprozess beimDiesel-Motor sind prinzipielldieselben wie beim Otto-Motor. Erreichbarsind heute Wirkungsgrade von ca. _____. In erster Linie ist dieWärmeübertragung an das Kühlwasser verantwortlich für denniedrigeren Druckverlauf bei der Expansion und die dadurchreduzierte Leistung.

Hier werden Verluste durch _____und _____ berücksichtigt.



Q_{zu}= zugeführte Wärmeenergie
Q_{ab}= abgegebene Wärmeenergie
W_{ab}= in Arbeit umgesetzte Wärmeenergie

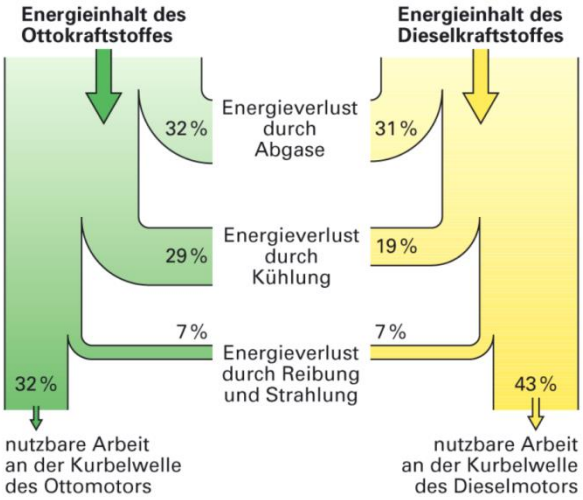
Vergleichen Sie, welche Volumenangaben zu welchem Diagramm unten passen könnten, achte auf die Ventile (Einlassventil links, Auslassventil rechts) und darauf, ob die Zündung schon stattgefunden hat. Die Kurbelwelle dreht sich im Uhrzeigersinn.



2.2.5 Energieausbeute und Wirkungsgrad bei Verbrennungsmotoren

Ein **Verbrennungsmotor** ist eine _____, die _____ _____ eines Kraftstoffs durch Verbrennung direkt in _____ _____ umwandelt. Die Verbrennung findet dabei im **Verbrennungsraum** statt, in dem ein Gemisch aus Kraftstoff und Umgebungsluft gezündet wird. Die Wärmeausdehnung des durch die Verbrennung heißen Gases wird genutzt, um einen Kolben zu bewegen.

Ausbeute des Energiegehalts von Kraftstoffen



Beispiele für Gesamtwirkungsgrad:

Elektromotoren	70 - 95 %
Gas-Zentralheizung	80 - 90%
Dieselmotor	35 %
Ottomotor	25 %
Energiesparlampe	25 %
Offener Kamin	20 %
Normale Glühbirne	5 %

Der **Wirkungsgrad** ist allgemein das Verhältnis von _____ (P_{ab} = Nutzleistung) zu _____ (P_{zu}).

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

Die dabei entstehende Differenz von zugeführter und abgegebener Leistung bezeichnet man als _____ oder genauer _____.

Der Wirkungsgrad wird verwendet, um die _____ _____, aber auch von Energieübertragungen zu beschreiben. Der Wirkungsgrad wird mit η (Eta) bezeichnet. Er ist eine dimensionslose Größe und hat einen Wert zwischen 0 und 1 oder, in Prozent ausgedrückt, zwischen 0 und 100 %.

2.2.6 Vergleich von Ottomotor und Dieselmotor

Treibstoff	**Benzin** (schlecht entzündend; Antiklopfmittel)		**Diesel** (zündwilig)
Zündungsart	**Fremdzündung**		**Selbstzündung**
Treibstoffzuführung	Konventionell: Einspritzung von Benzin/Luft-Gemisch, alt mit Vergaser, neu mit Einspritzpumpe Sparsamere Alternative: Benzin-Direkteinspritzung		Diesel-Einspritzung mit bis über 2000 bar in komprimierte Luft, zündet sofort, Verbrennung erfolgt mit Zeitverzug, damit wird Prozess Carnot-ähnlicher
Maximalwerte nach Kompression nach Verbrennung	10 – 16 bar / 350° – 450°C 70 bar / 2500°C		30 – 50 bar / 550° – 700°C 60 –**100 bar** / 2000°C
PROZESS Bauart Aufwand / Kosten	**OTTO** **mit Ventil** mittel	**OTTO** **ohne Ventil** klein	**DIESEL** (mit Ventil) gross
4-Takt	PW, Motorräder usw.	–	LKW, Schiffe, PW usw.
2-Takt	Evtl. in Zukunft: Wirkungsgrad höher dank 2-Takt, Emissionen tief dank Ventilen	Mofa, Kleinmaschinen, Boote, ...	Schiffe

2.2.7 Physikalisch-technische Grundlagen am Kurbeltrieb

2.2.7.1 Kolbengeschwindigkeit

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{ds}{d\alpha} \cdot \omega$$

Bei endlicher Schubstangenlänge:

$$s = r\left[(1-\cos\alpha) + \frac{\lambda}{4}(1-\cos 2\alpha)\right]$$

$$v = \frac{ds}{d\alpha} \cdot \omega = \omega \cdot r\,(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2}\sin 2\alpha)$$

Bei unendlicher Schubstangenlänge

$$s = r - r \cdot \cos\alpha$$

$$v = r \cdot \sin\alpha \cdot \omega$$

2.2.7.2 Geschwindigkeit und Beschleunigung

Mittlere Kolbengeschwindigkeit

$$v = \frac{s}{t} - \frac{2r}{t} = 2\,s\,n = \frac{2\,s\,\omega}{2\,\pi} = \frac{s\,\omega}{\pi} = \frac{2\,r\,\omega}{\pi}$$

Kurbelzapfengeschwindigkeit

$$v_z = r \cdot \omega = \frac{\pi}{2} \cdot v$$

Kolbenbeschleunigung

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{dv}{d\alpha} \cdot \omega$$

Für $\lambda \neq 0$:

$$v = r \cdot \omega \left(\sin\alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) \qquad a = \omega \cdot r \cdot \omega (\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha)$$

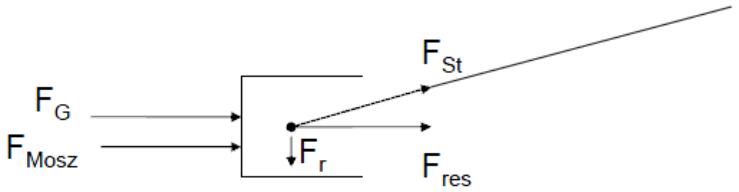
Für $\lambda = 0$:

$$v = r \cdot \omega \cdot \sin\alpha \qquad a = \omega \cdot r \cdot \omega \cdot \cos\alpha = \omega^2 r \cdot \cos\alpha$$

2.2.7.3 Kräfte am Kolben und Kurbelzapfen

Kolbenkraft

$$F_{res} = F_G + F_{Mosz}$$



- Gaskraft am Kolben(bolzen):

  $F_G = p_i \cdot A_K$ $\qquad$ A_k = Kolbenfläche

  p_i = Indikatordruck, abhängig vom Arbeitsverfahren

F_{res} aufgenommen im Kolbenbolzen, dann zerlegt in

- Kolbenstangenkraft:

  $$F_{St} = F_{res} / \cos\beta$$

- Normalkraft auf Zylinderlauffläche (übernimmt die Führung)

  $$F_N = F_r = \tan\beta \cdot F_{res}$$

2.2.7.4 Weitere Größen am Verbrennungsmotor

Hubvolumen für einen Zylinder: $V_h = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot s$

Der Dieselmotor hat in der Regel größeren Hubraum als ein Ottomotor, da er mehr Luft braucht.

Zylinderzahl: $Z = \frac{V_H}{V_h}$ *V_H = gesamtes Hubvolumen*

Kompressionsverhältnis:

geometrisches Verdichtungsverhältnis: $\epsilon = \frac{V_c + V_h}{V_c}$

thermodynamisches Verdichtungsverhältnis: $\epsilon_{th} = \frac{V_{ges.max}}{V_{ges.min}}$ *reale, genaue Berechnung*

Da die Ventile vor und nach dem OT bzw. UT öffnen und schließen ist das Gasvolumen nicht entsprechend dem geometrischen Verdichtungsverhältnis.

Mittlerer innerer Kolbendruck: $p_i = \frac{A_i}{l_i} \cdot \overline{m}_p$ *A_i = Fläche Indikatordiagramm*

Mittlerer effektiver Kolbendruck: $p_{me} = p_i \cdot \eta_m$

$$W_i = W_{th} \cdot \eta_i$$

$$W_{i_1} = \frac{H_U \cdot V_h \cdot \lambda_L}{\lambda \cdot V_{L_{min}}} \cdot \eta_i$$

$$P_i = W_i \cdot n_a$$

Mit z als Zylinderanzahl:

$W_{i_Z} = z \cdot W_i$ $P_{i_Z} = z \cdot W_i \cdot n_a$ $W_{i,z}$: pro Arbeitsprozess

$$P_i = z \cdot V_h \cdot \frac{\lambda_L \cdot H_U \cdot \eta_i}{\lambda \cdot V_{L_{min}}} \cdot n_a = z \cdot V_h \cdot p \cdot n_a$$

Druck p auf den Kolben: Dieser Druck p wird in Berechnungen als p_i also als „mittlerer innerer Kolbendruck" betrachtet.

$$p_i = \frac{W_{i_1}}{V_h}$$

$P_e = P_{eff} = z \cdot V_h \cdot \frac{\lambda_L \cdot H_U \cdot \eta_i \cdot \eta_m}{\lambda \cdot V_{L_{min}}} \cdot n_a = V_H \cdot p_{me} \cdot n_a$ Effektive Leistung

Vergleich: $P_i = V_H \cdot p_i \cdot n_a$

„p_{me}" = mittlerer effektiver Kolbendruck – Ableitung des mittleren inneren Kolbendrucks (- der energetischen Wirksamkeit in den Zylindern, hinsichtlich der Leistungserbringung am Kurbelwellenende. Und schließt alle Verlustdeckungen zwischen dem Zylinder und dem

Kurbelwellenende ab. Somit stellt p_{me} jenen Energiewert dar, der sich aus p_i nach Abzug der Reibungsverluste ergibt.

$p_{me} = p_i - p_R$ analog: $P_e = P_i - P_R$

Kraftstoffzufuhr

$B \cdot H_U \cdot \eta_e = 3600 \cdot P_e \quad \rightarrow \quad \eta_e = \frac{3600 \cdot P_e}{\frac{B}{P_e} H_U} = \frac{3600}{b \cdot H_U}$

Leistung: $P_i = \frac{V_H \cdot p_i \cdot n}{c}$

Effektive Leistung: $P_e = \frac{V_H \cdot p_{me} \cdot n}{c}$

Mittlerer Kolbendruck: $p_i = \frac{3600 \cdot \lambda_L}{b \cdot \lambda \cdot V_{L_{min}}} \cdot \frac{1}{\eta_m}$

Spezifischer Kraftstoffverbrauch: $b = \frac{B}{P_e} = \frac{3600}{H_U \cdot \eta_e}$

Nur der **Trockenluftanteil** (p_{tr}) ist ausschlaggebend für die Leistung:

$p_{tr} \cdot V = m \cdot R \cdot T \qquad \rho_L = \frac{m}{V} = \frac{p}{R \cdot T}$

$(p_{ges} - \Phi_r \cdot p_s) \cdot V = m \cdot R \cdot T$

Effektiver Wirkungsgrad: $\eta_e = \frac{3600}{b \cdot H_U}$

Mittlerer effektiver Kolbendruck: $p_{me} = \frac{3600 \cdot \lambda_L}{b \cdot \lambda \cdot V_{L_{min}}}$

Mittlere Kolbengeschwindigkeit: $v_m = \frac{s \cdot n}{30}$

Der tribologische Verschleiß steigt zum OT.

Hubraumleistung: $P_{e_{V_H}} = \frac{P_e}{V_H}$

Leistungsgewicht: $m_{P_e} = \frac{m_{Motor}}{P_e}$

Leistungspreis: $€_{P_e} = \frac{Motorpreis}{P_e}$

Spezifische Kolbenflächenleistung: $P_{spK} = \frac{P_{e_1}}{A_K}$

Laufwert: $\alpha_L = \xi \cdot \frac{(d \cdot n)^2}{1000}$

Hubbohrungsverhältnis: $\xi = \frac{s}{d}$

2.3 Bauteile von Dieselmotoren

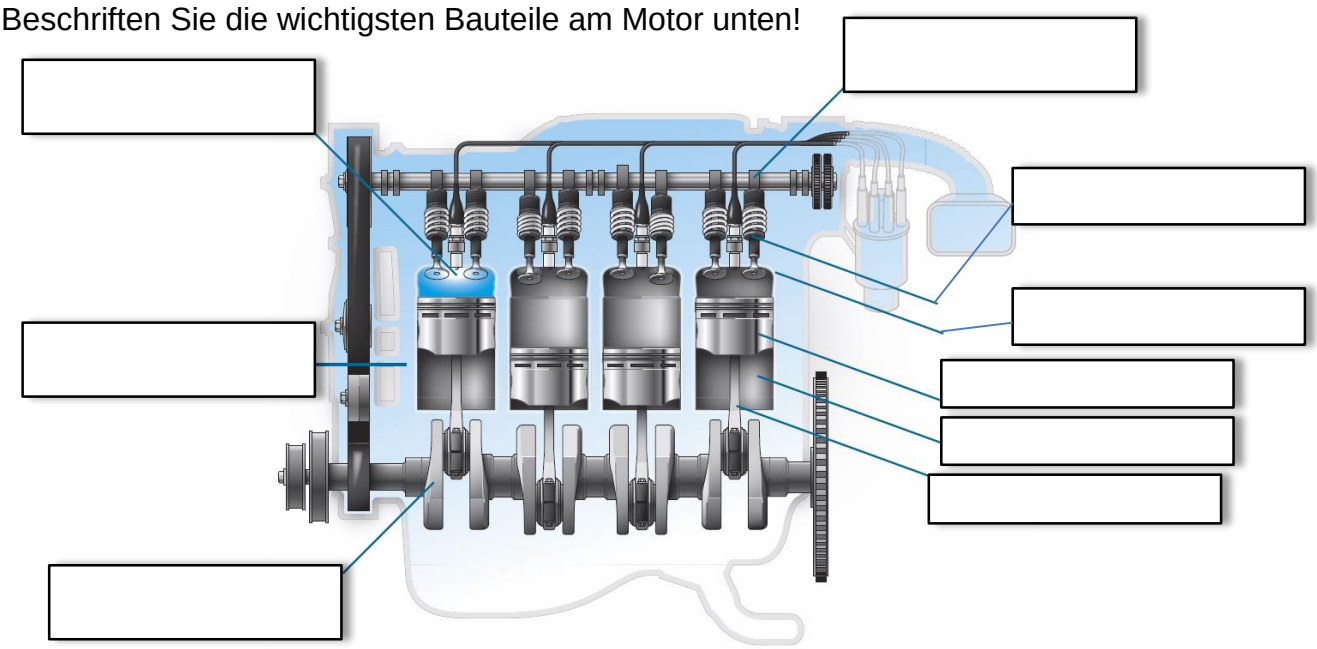
2.3.1 Überblick

Die wichtigsten Teile eines Verbrennungsmotors stehen im Bild unten in den kleinen Kästchen, deren Funktionen in den größeren Rahmen.

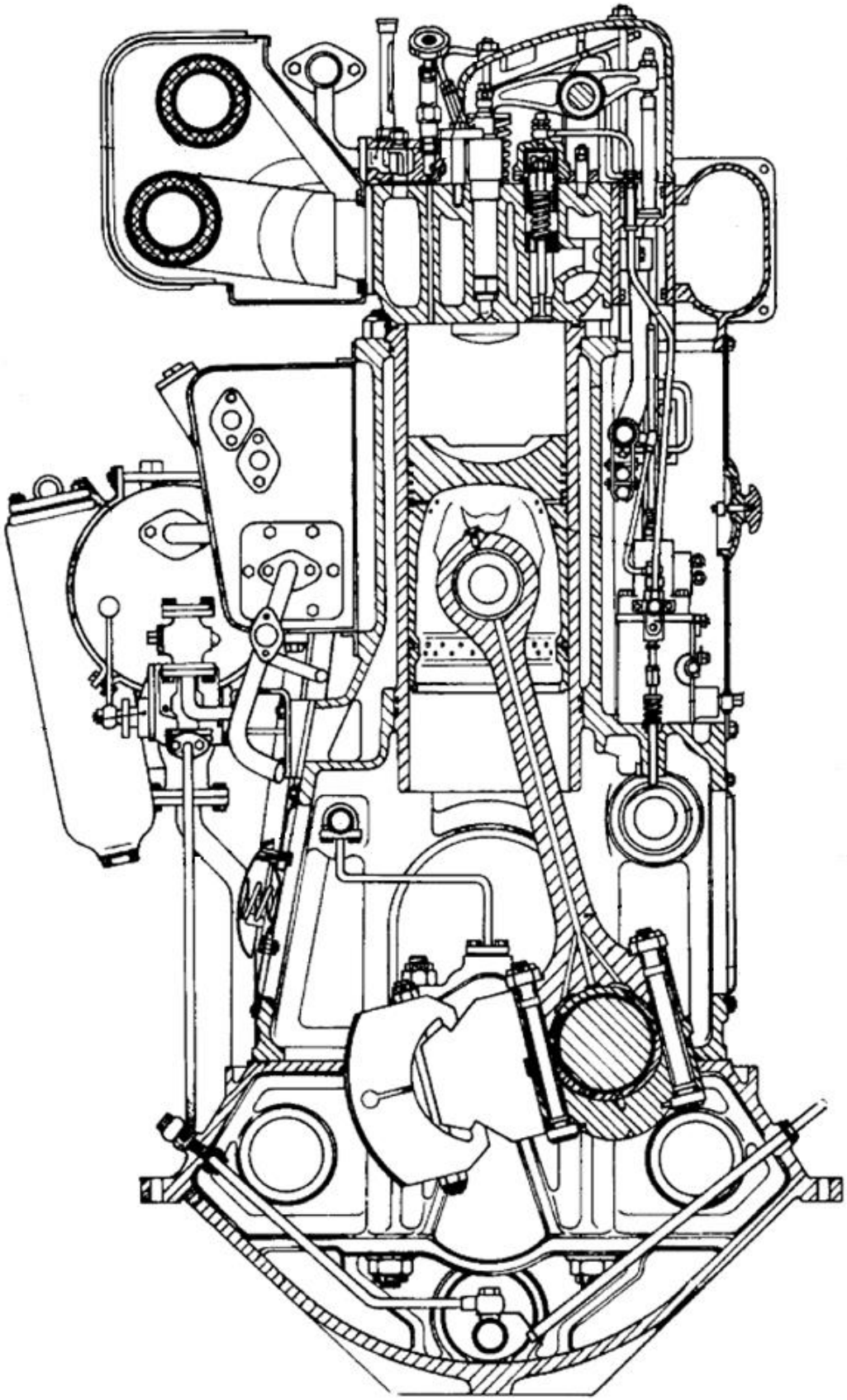
Ordnen Sie die jeweilige Funktion den einzelnen Teilen zu, indem Sie beide Kästchen jeweils mit einer Linie verbinden.

Zylinder	
Kolben	
Ventilsteuerung	
	nimmt die Kurbelwelle auf und dient der Schmierung
Kurbelgehäuse	
Ventile	
Zylinderkopf	
	wird hin und her bewegt und verändert so die Größe des Verbrennungsraumes
	dichtet den Verbrennungsraum nach oben ab und besitzt Öffnungen für die Ventile
Zündung	
	beim Benzinmotor wird die Verbrennung durch einen Funken eingeleitet
Kurbelwelle	
	bilden den Raum, in dem die Verbrennungsvorgänge ablaufen
Pleuelstange	
	steuert das Öffnen und Schließen der Einlass- und Auslassventile
	dienen dem Öffnen bzw. Abdichten der Einlass- und Auslassöffnungen im Zylinderkopf
	wandelt die lineare Kolbenbewegung in eine Drehbewegung um; überträgt die Kolbenkraft auf die Kurbelwelle
	wandelt die Kolbenkraft über das Pleuel in eine Drehbewegung um und überträgt diese auf den Antriebsstrang

Beschriften Sie die wichtigsten Bauteile am Motor unten!



Schnittdarstellung des **8 VD 36/24 A-1**



2.3.2 Das Motorgehäuse

Am Motorgehäuse sind alle anderen Bauteile angebracht und es nimmt im Inneren den Kurbeltrieb auf. Für kleinere Motoren ist das Motorgehäuse aus einer Aluminium-Legierung hergestellt, bei größeren Motoren, wie zum Beispiel bei Schiffsdieselmotoren, ist es aus Grauguss.

Das Motorengehäuse besteht aus einer _____ oder _____ ,dem _____,und dem _____.

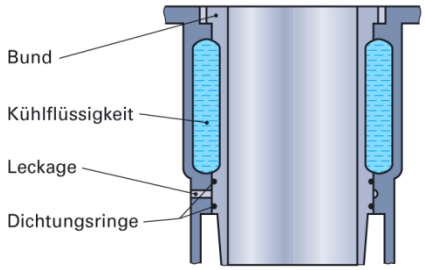
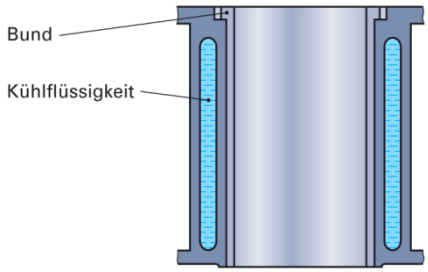
Das Motorengehäuse von Schiffsdieselmotoren nimmt auf der _____ den _____ und auf der gegenüber liegenden Seite das _____ _____ auf.

2.3.2.1 Der Zylinderblock

Der Zylinderblock nimmt die Arbeitszylinder und den _____ _____ auf und gewährleistet damit die eigentliche Aufgabe des Motors. Er kann in einer Leichtbauweise wie er in PKW- oder NKW-Motoren zum Einsatz kommt (Bild links) oder in der Großbauweise wie er häufig bei Hauptantriebmotoren auf Binnenschiffen zum Einsatz kommt (Bild rechts), gestaltet sein.

Bei wassergekühlten Verbrennungsmotoren ist der Zylinderblock mit Hohlräumen zur Aufnahme der Kühlflüssigkeit versehen.

Die Arbeitszylinder werden durch die Zylinderlaufbuchsen gebildet. Sie werden unterschieden in:

Bauart		
Prinzip		
Vorteile		
Nachteile		

2.3.2.2 Ölwanne oder Grundplatte

Bei den leichten Motorausführungen wird der Kurbeltrieb am Zylinderblock „angehängt“. Dann wird er nach unten durch eine Blechwanne verschlossen. Da diese auch den Schmierölvorrat aufnimmt, wird sie als _____ bezeichnet

Bei schweren Motorausführungen kann der Kurbeltrieb nicht „angehängt“ werden. Hier wird ein stabiles Grundgerüst mit Lagerstühlen gefertigt, das den Kurbeltrieb, aber auch die anderen Bauteile aufnimmt. Es wird als _____ bezeichnet.

Die Grundplatte hat an beiden Seiten Auflageleisten angegossen, die der Aufnahme des Motors im Fundament dienen.

2.3.2.3 Der Zylinderkopf

Der Zylinderkopf schließt das Motorgehäuse nach oben ab, nimmt _____ _____ auf und besitzt wie der Zylinderblock Hohlräume zur Aufnahme der _____ _____und Kanäle für die Zuführung von_____oder der Ableitung_____

2.3.3 Das Kurbeltriebwerk

Das Kurbeltriebwerk hat die Aufgabe, die geradlinige hin- und hergehende Bewegung des Kolbens, die durch die Freisetzung der Verbrennungsenergie entsteht, in eine kreisförmige Bewegung der Kurbelwelle umzuwandeln.

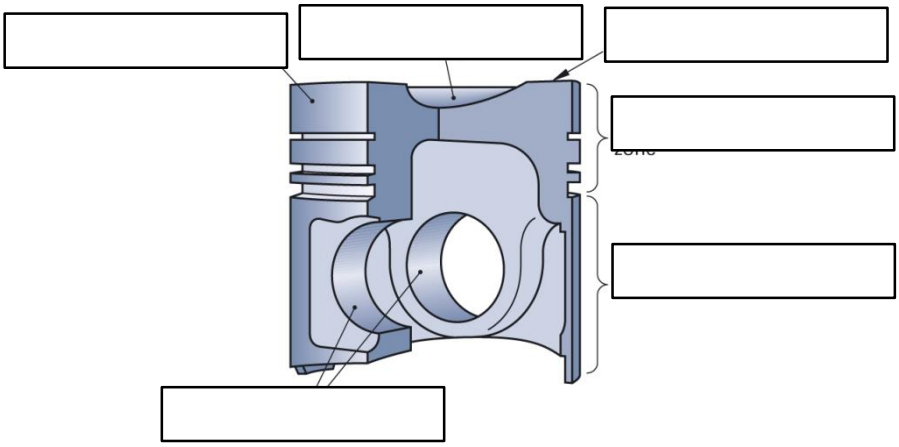
Dazu sind _____, ein _____und _____ erforderlich.

2.3.3.1 Der Kolben

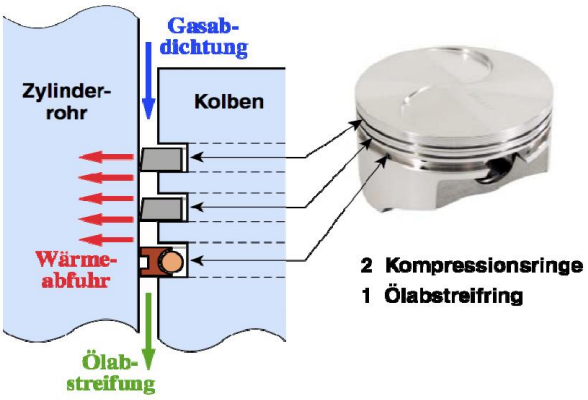
Der Kolben dichtet mit seinen Kolbenringen den Verbrennungsraum gegen den Kurbelraum ab. Er überträgt die Gaskräfte auf die Pleuelstange.

Der Kolben ist aus einer temperaturbeständigen, verschleißfesten Aluminium-Legierung hergestellt. Er ist oberhalb des Kolbenbolzenauges mit Verdichtungsringen und meist mit einem Ölschlitzring und unterhalb des Kolbenbolzenauges mit einem weiteren Ölschlitzring ausgerüstet.

<u>Kolbenaufbau:</u>



Funktionsweise der Kolbenringe:



Kolbenringe (Kompressionsringe) kommen mindestens _____ vor, sind aus Federstahl gefertigt und dichten den Verbrennungsraum ab. Zum Einbringen in die Kolbenringnuten sind sie geschlitzt. Beim Einbauen ist darauf zu achten, dass die _____ versetzt angeordnet sind (Abdichtung!).

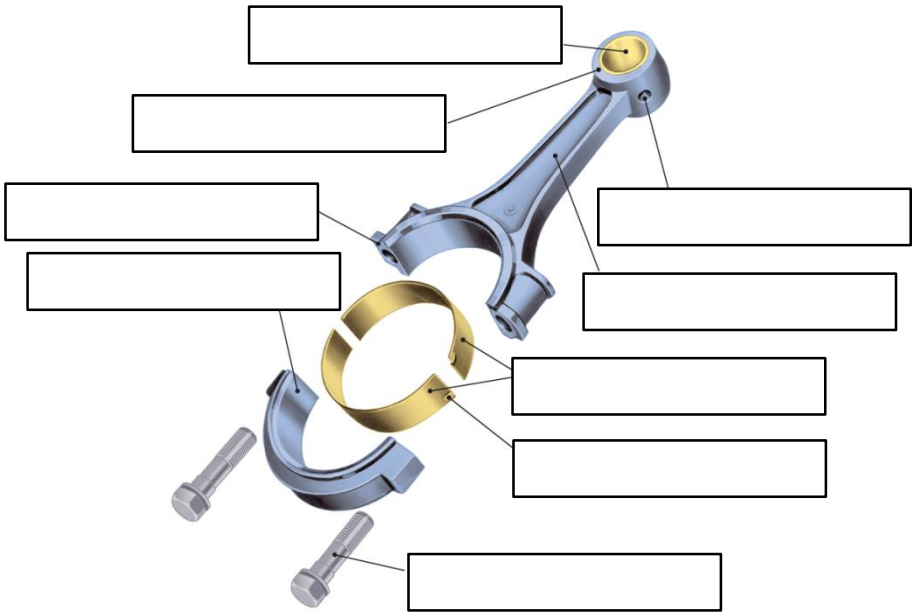
Ölabstreifringe sollen das überflüssige Öl an der Zylinderlaufbuchse nach unten abstreifen. Zusätzlich sind sie mit Durchbrüchen versehen und in den Ringnuten befinden sich Bohrungen, um das Öl von außen nach innen zu transportieren.

Der Kolbenbolzen ist _____ und gegen _____ gesichert. Zur Schmierung der Lagerstellen des Kolbenbolzens dienen entsprechende Bohrungen.

2.3.3.2 Das Pleuel

Die Pleuelstange dient zur _____ vom Kolben auf die Kurbelwelle. Die Pleuelstange setzt dabei die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung der Kurbelwelle um.

Aufbau



Die Kurbelwelle führt dem Pleuellager Schmieröl zu. Durch entsprechend angebrachte Bohrungen oder Beypassleitungen gelangt es auch zur _____.

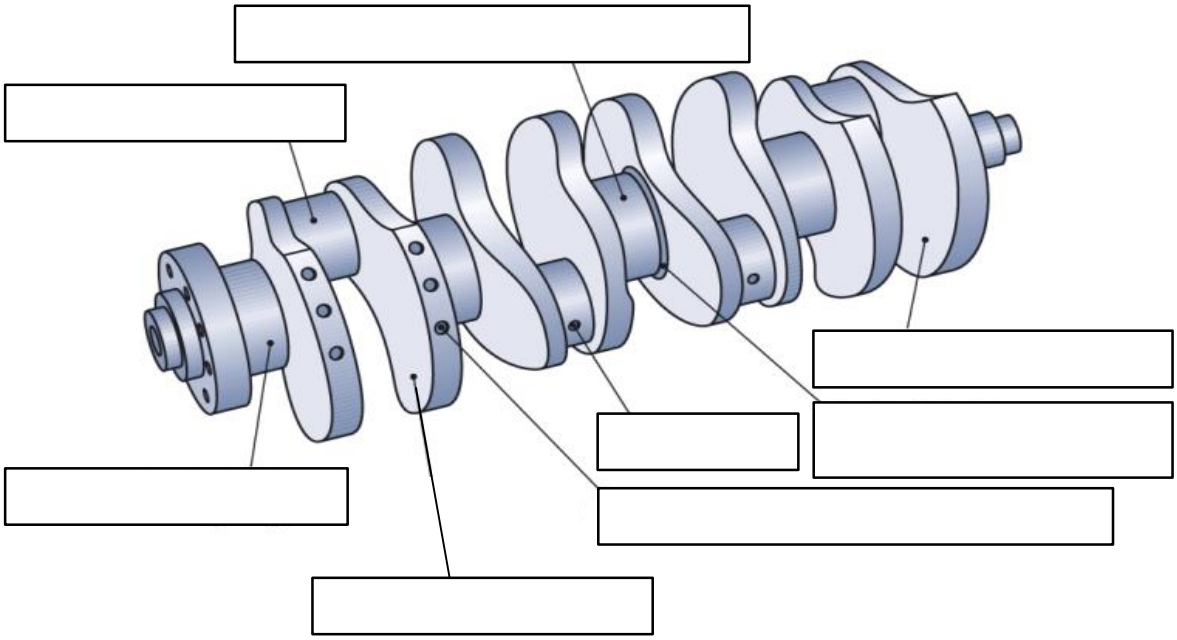
Die Pleuelstange ist aus einem Stück im Gesenk geschmiedet. Pleuelstangenschaft und Lagerdeckel sind unter einem bestimmten Winkel geteilt. Beide Teile werden durch zwei _____ fest miteinander verbunden.

Das Pleuellager besteht aus zwei Halbschalen. Die untere Lagerschale wird durch einen Stift im Lagerdeckel fixiert. In das Pleuelauge ist die _____ eingepresst. Die Pleuelstange wird in der Kurbelwelle axial geführt.

2.3.3.3Die Kurbelwelle

Die Kurbelwelle hat die Aufgabe, die durch den Verbrennungsdruck entstandene Kolbenkraft mit Hilfe der Pleuelstange in ein Drehmoment umzuwandeln. Die Kurbelwelle wird in den Lagern der Grundplatte oder am Zylinderblock gelagert.

Aufbau



An die Kurbelwangen sind bei Sechs-Zylindermotoren _____ geschraubt.

Die Überleitung des Schmieröls von den Grundlagern nach den Pleuellagern erfolgt durch _____ in den Kurbelwangen und Lagerzapfen.

Bei Schiffsdieselmotoren ist zur Abnahme der Leistung am schwungradseitigen Wellenende ein Flansch angeschmiedet. Auf der Pumpenseite befindet sich das Pumpenantriebsrad, welches die Schmierölpumpe antreibt.

Normalerweise befindet sich hinten auf der Kurbelwelle ein weiterer Flansch, der zu ihrer _____ dient.

Er bildet zusammen mit den in der Grundplatte befindlichen Druck- oder Gleitstücken das _____ _____.

Außerdem nimmt dieser Flansch das Steuerrad zum Antrieb der _____ auf.

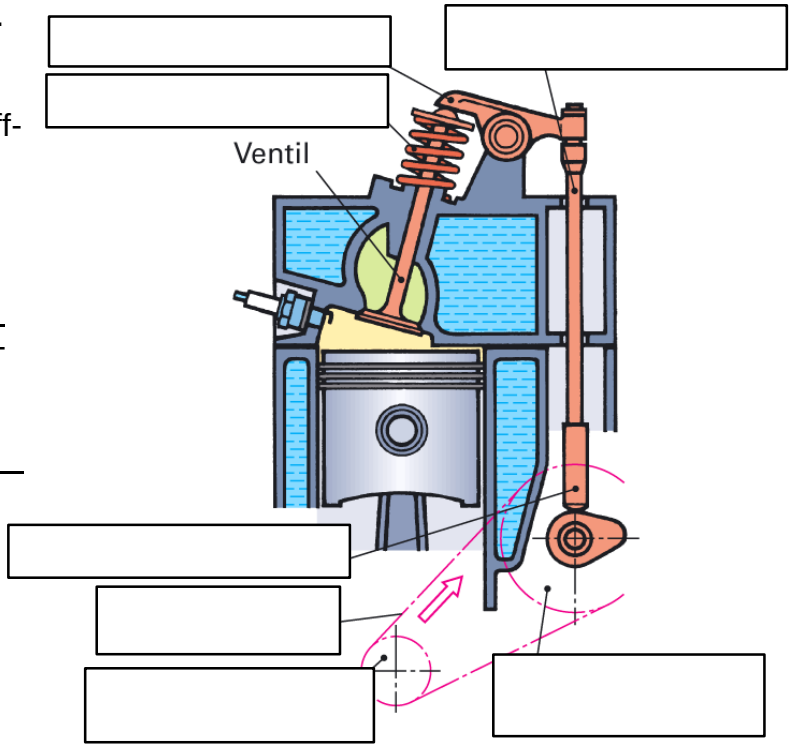
2.3.4 Die Motorsteuerung

Unter Steuerung eines Verbrennungsmotors versteht man die Regulierung des Gasaustausches beim Verbrennungsprozess, d.h. die Zuführung von Frischluft und die Ableitung der Abgase.

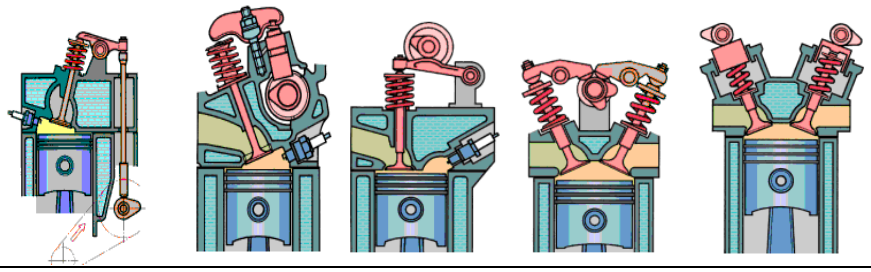
Die wichtigsten Bauteile dabei sind die Ein- und Auslassventile.

Bei mittelgroßen Hauptantriebsmotoren in der Binnenschifffahrt ist der Aufbau des Ventiltriebs meist so wie in der Abbildung rechts gelöst.

Die untenliegende _____ _____ leitet ihre Längenänderungen über den _____ _____, die _____ _____ über _____ an jedes _____



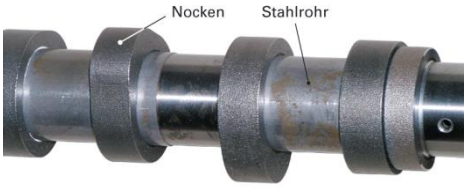
Bauarten der Ventilsteuerung

Obengesteuert	cih-Motor	ohc-Motor (Schwinghebel)	ohc-Motor (Kipphebel)	dohc-Motor
				

Die Anordnung der Nockenwelle kann in den folgenden Ausführungen erfolgen:

ohv-Motor	**o**ver**h**ead **v**alves	Ventile im Zylinderkopf _____, Nockenwelle ___ Zylinderblock oder Kurbelgehäuse
ohc-Motor	**o**ver**h**ead **c**amshaft	_____, Nockenwelle _____ dem Zylinderkopf
dohc-Motor	**d**ouble **o**ver**h**ead **c**amshaft	Doppel-Überkopf-Nockenwelle, zwei Nockenwellen _____ dem Zylinderkopf
cih-Motor	**c**amshaft **i**n **h**ead	Nockenwelle _____

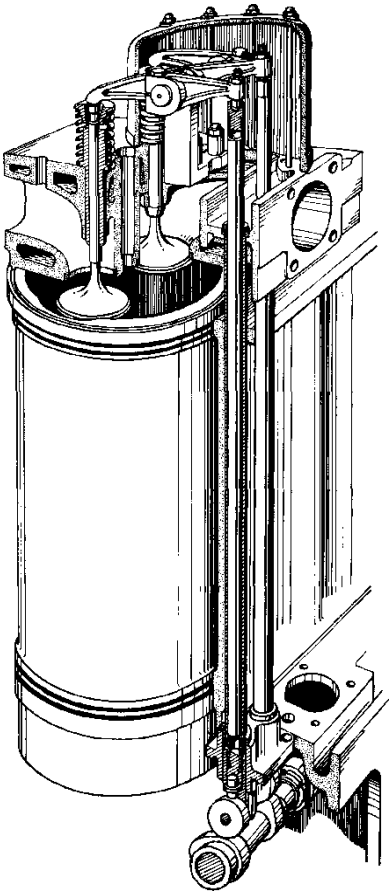
2.3.4.1 Die Nockenwelle



Sie regelt die _____ der Ventile zum richtigen _____ und in der richtigen _____ _____.

Es gibt gegossen oder gebaute (Bild rechts) Nockenwellen.

Die Nockenwelle wird meist über einen Zahnriemen oder eine Steuerkette oder ____ _____ bei größeren Dieselmotoren angetrieben und läuft mit _____ Kurbelwellendrehzahl.



2.3.4.2 Rollenstößel und Stößelstange

Sie nehmen die _____ _____ auf und leiten die daraus resultierende Längenänderung über die Stößelstangen an die Kipphebel weiter.

Meistens befindet sich über jeder Stößelstange ein Schutzrohr.

2.3.4.3 Der Kipphebel

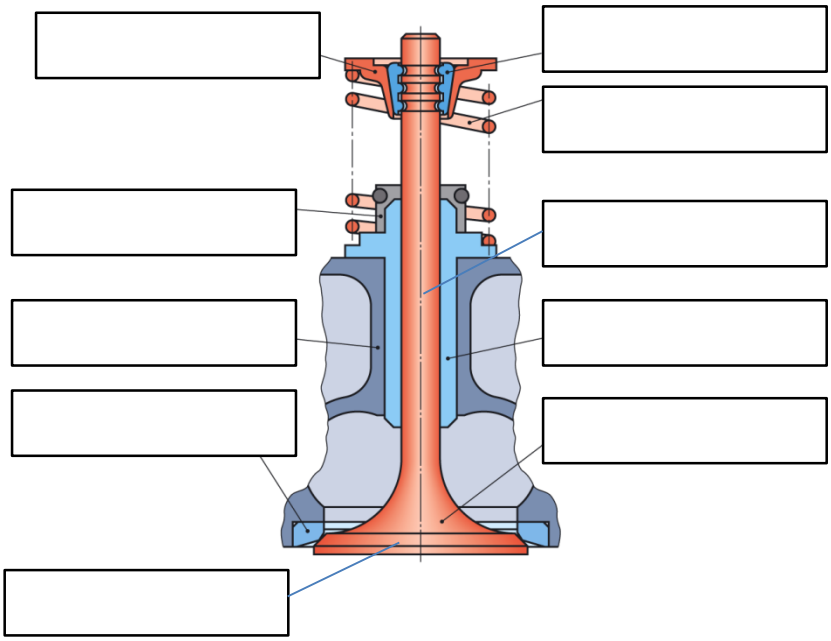
Die Kipphebel sind auf Hebelachsen, die von _____ _____ getragen werden, gelagert.

Die Kipphebel drücken auf das Ein- bzw. Auslassventil.

Am anderen Ende der Kipphebel befinden sich _____ _____, mit denen das _____ eingestellt wird und an die die Stößelstangen angreifen.

2.3.4.4 Die Ventile

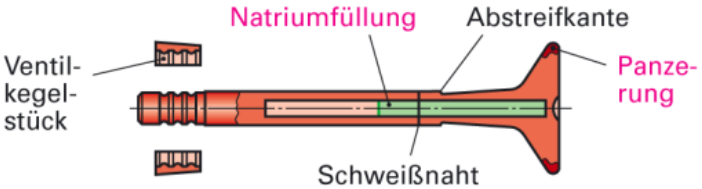
Ventilführung:



Ventile können in einer Minute bis zu _____ geöffnet und durch die Ventilfeder wieder geschlossen werden. Dabei werden sie besonders am Schaft und am Schaftende durch Reibung stark auf _____ beansprucht.

Aber auch thermisch werden Ventile durch das Verschließen des Verbrennungsraumes belastet. Dabei können Einlassventile Temperaturen von _____ und Auslassventile bis zu _____ ausgesetzt sein.

Wegen der thermischen Belastung werden Auslassventile zur besseren Kühlung oft als _____ (siehe Bild) ausgeführt.



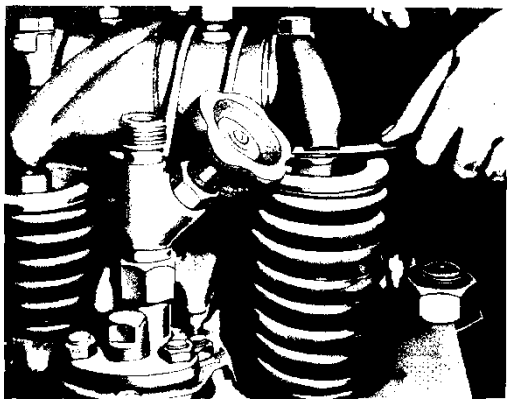
Durch die thermische Belastung dehnen sich Ein- und Auslassventile aus. Durch ihre unterschiedlichen Temperatureinflüsse ist auch die Ausdehnung unterschiedlich.

Ventilspiel und Ventilspieleinstellung

Damit die Ventile in allen Betriebssituationen richtig öffnen und schließen ist zwischen den Übertragungsteilen _____ vorgesehen.

Bei kaltem Motor ist das Ventilspiel _____ als bei warmem Motor.

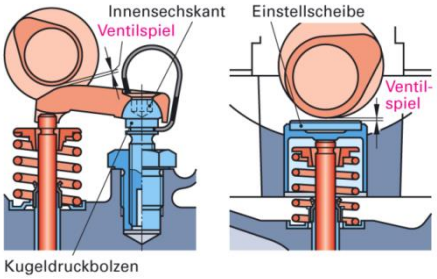
Im Allgemeinen wird das Ventilspiel zwischen _____ im kalten Zustand ermittelt.



Die Ventile des zu prüfenden Zylinders müssen dabei sicher geschlossen sein. Das ist am _____ gewährleistet.

Zur Einstellung des Ventilspiels wird die Lage der _____ verändert und durch eine _____ wieder gesichert.

Bei modernen Motoren sind auch andere Einstellarten wie mit Kugeldruckbolzen oder Einstellscheibe möglich.



Einstellung mit Kugeldruckbolzen **Einstellung mit Einstellscheibe**

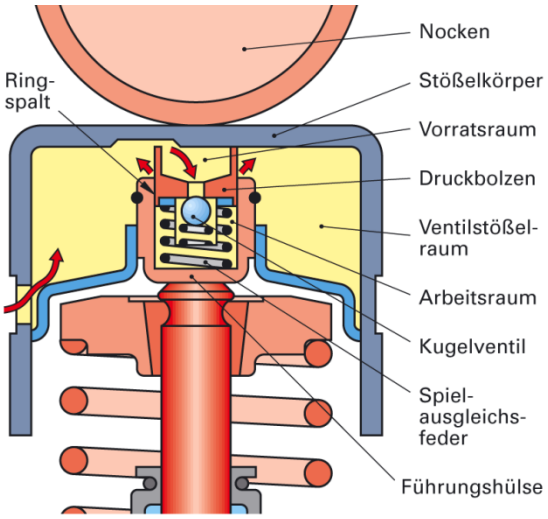
Folgen eines falschen Ventilspiels

Ventilspiel zu klein	Ventilspiel zu groß
Ventil öffnet früher und schließt später	Ventil öffnet zu spät und schließt zu früh.

Hydraulischer Ventilspielausgleich

Damit wird das Einstellen des Ventilspiels nicht mehr erforderlich.

Möglich wird das durch einen hydraulischen Tassenstößel, der an den Ölkreislauf des Motors angeschlossen ist.

Bei noch kaltem Motor (Ventilschaft ist kurz) strömt Öl in den Ventilstößelraum und drückt den Stößelkörper an den Nocken.

Bei Betriebstemperatur hat der Ventilschaft seine Arbeitslänge erreicht und die Ölzufuhr wird unterbrochen.