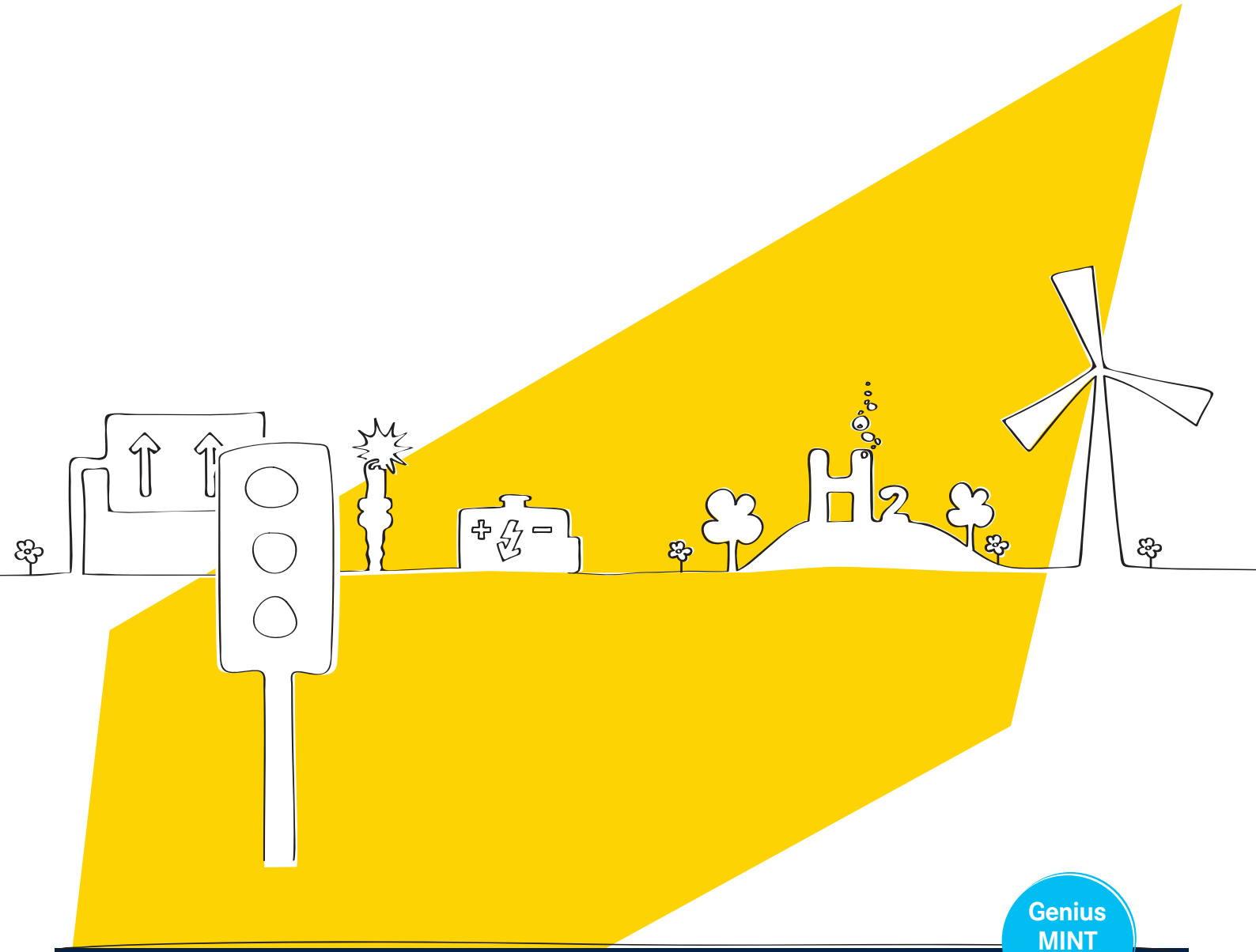
genius

Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz



Genius MINT Modul

Mobilität der Zukunft

DER VERBRENNUNGSMOTOR

Vorschläge für einen techniknahen naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I

8 Arbeitsblätter mit Erweiterungen für einen fächerübergreifenden Unterricht und weiterführende Lehrerinformationen mit Differenzierungsangeboten

Art.Nr. LMVERBSEK

Im November 2013

Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

wir freuen uns, Ihnen ein weiteres Genius-MINT-Modul vorzustellen!

Die Idee unserer Module unter dem zentralen Thema „Mobilität der Zukunft“ ist, Ihnen Themenblöcke für zwei bis drei Doppelstunden anzubieten. Diese sind in sich abgeschlossen und beinhalten Hintergrundinformationen zur Unterrichtsvorbereitung sowie Aufgaben und Lösungen zum jeweiligen Thema. Der Aufbau des Moduls bietet Ihnen Impulse für einen flexiblen Einsatz im Unterricht.

Das vorliegende Genius-MINT-Modul „Der Verbrennungsmotor“ ist umfangreicher, sodass Sie bei Bedarf und Möglichkeit einen größeren Unterrichtsblock gestalten können. Neben Aufbau und Arbeitsweise des Verbrennungsmotors werden moderne Technologien in Verbrennungsmotoren behandelt. Daneben bieten wir Ihnen je zwei Arbeitsblätter zur Erweiterung und zur Vertiefung an, die sich besonders für einen fächerübergreifenden Unterricht eignen. Den gesamten Aufbau des Moduls verdeutlicht das Inhaltsverzeichnis auf der folgenden Seite.

Seit 2010 machen wir uns stark für technische Bildung und fördern das Interesse von Jungen und Mädchen an technischen Themen. Im fachlichen Austausch von Ingenieurinnen und Ingenieuren mit Lehrkräften und in Zusammenarbeit mit Klett MINT erarbeiten wir Arbeitshefte für die Grundschule und die Sekundarstufe I.

Diese und weitere spannende Informationen für Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler hält die Website www.genius-community.com und der Genius Channel auf YouTube http://www.youtube.com/user/GeniusCommunityTeam bereit.
Wir hoffen, dass wir Ihnen viele neue Ideen und Impulse bieten und wünschen Ihnen viel Freude damit im Unterricht.

Team Genius | Team Klett MINT

1. Auflage

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Moduls befinden sich Verweise (Links) auf Internet-Adressen. Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail (p.woehner@klett.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Eine Zusammenarbeit der Genius-Initiative der Mercedes-Benz Group AG und der Klett MINT GmbH.

Autoren: Dr. Tilmann Berger, Sindelfingen; Helmut Graf, Wörth; Harald Hölz, Schorndorf; Dr. Stefan Kruse, Weingarten; Hanne Lier, Stuttgart; Josef Maier, Stuttgart; Markus Röscheisen, Esslingen; Volker Rust, Karlsruhe; Dieter Schaich, Kirchheim unter Teck
Redaktion: Medienwerk Hanne Lier, Stuttgart
Umschlag und CI: Schwarz Gruppe Grafikdesign, Stuttgart
Gestaltung und Satz Inhalt: Gabriele Kiesewetter, JUNG MEDIENPARTNER, Limburg
Illustrationen: Alexander Schmitt, as-illustration, Rimpar
Bildbearbeitung: Till Traub, Bildwerkstatt, Leonberg
Bildquellennachweis: 9, 19, 23 Mercedes-Benz Group AG; 12, 14 Dr. Stefan Kruse; 15 Dr. Tilmann Berger

Das Modul „Der Verbrennungsmotor“ ist ein sich abgeschlossener Themenblock aus den Unterrichtsmaterialien „Antriebstechnik“. Wenn Sie mehr Themen daraus behandeln möchten, können Sie die Materialien hier downloaden:
http://www.genius-community.com/macht-schule/unterrichtsmaterialien.

Inhaltsverzeichnis

I. Lehrerinformationen 4 – 8

- Methodisch-didaktische Einführung und Hinweise zur Differenzierung
- Hinweise zu den Arbeitsblättern
- Leitfragen
- Link-Liste

II. Arbeitsblätter 9 – 23

Inhalt*	Differenzierung**
	A Pioniere der Automobilindustrie
1 Aufbau eines Verbrennungsmotors	
	B Ausdehnung von Gasen I
2 Arbeitsweise eines Verbrennungsmotors	
	C Ausdehnung von Gasen II
3 Viertaktmotoren	
	D Kraftstoffe
4 Moderne Technologien in Verbrennungsmotoren	

* Arbeitsblätter 1 bis 4 = Grundmodul

** Differenzierung:

Arbeitsblätter A und B = Erweiterung; eher leichter

Arbeitsblätter C und D = Vertiefung; eher schwieriger

Lehrerinformationen

Einführung

Mit diesem Modul können Sie drei abwechslungsreiche, fächerübergreifende und praxisbezogene Schulstunden gestalten, wenn Sie unserem „Mindestvorschlag“ folgen: Die Arbeitsblätter (AB) 2 und 3 sind dabei als Grundmodul vorgesehen, die möglichst verzahnt behandelt werden sollten mit den beiden Arbeitsblättern B und C.

Sie können jedoch auch – je nach Schulsituation, Schulcurriculum, Möglichkeit fächerübergreifenden Arbeitens – alle unsere Vorschläge aufgreifen und ein kleines Projekt gestalten, in dem Technikunterricht, Physik- und Chemieunterricht, Mathematik, Geschichte und Deutsch gleichermaßen berücksichtigt werden.

Die Reihenfolge aller Arbeitsblätter (siehe Inhalt) ist einerseits so gewählt, dass die Aufgaben immer komplexer werden; andererseits besteht die Möglichkeit, die vorgeschlagenen Erweiterungen und Vertiefungen (Blätter A bis D) nicht zu behandeln und so einen kompakten technikorientierten, wissensvermittelnden Kurs zum Thema „Verbrennungsmotor“ zu gestalten.

Allgemein lässt sich festhalten, dass die AB 1 bis 4 eher technikorientiert sind im Stile klassischer Arbeitsblätter. AB 2 enthält eine einfache Bauaufgabe, mit der sich die Arbeitsweise eines Hubkolbenmotors am selbst gebastelten Modell nachvollziehen lässt. AB 3 ist gut zu lösen, wenn mit kleinen Funktionssimulationen (stehen an mehreren Stellen im Internet, siehe Link-Liste) gearbeitet wird. AB 4 fordert von den Schülerinnen und Schülern umfassendere Recherchen, die im Unterricht gut in einer Vortrags- oder Diskussionsrunde vorgestellt werden können.

Arbeitsblatt A stellt fünf Pioniere des Automobilbaus vor und ihre Erfindungen in einen geschichtlichen Kontext. Die Blätter B und C enthalten drei Versuche und Verständnisfragen zur Ausdehnung von Gasen (als eines der Grundprinzipien des Verbrennungsmotors). Arbeitsblatt D setzt sich auf vielfältige Weise und fächerübergreifend (Verarbeitung von Erdöl, Rechenaufgaben zum Wirkungsgrad, Umweltfragen, alternative Kraftstoffe) mit dem Thema „Kraftstoffe“ auseinander.

Hinweise zu den einzelnen Arbeitsblättern

Infos zu „A Pioniere der Automobilindustrie“

Praxistipp:
Dieses Arbeitsblatt liefert einen historisierenden Einstieg in das Thema. Es kann jedoch bei Zeitmangel ausgelassen werden oder Sie bieten es als vorbereitende Hausaufgabe an.

Die Erfindung des Automobils
Im Industriezeitalter, das um 1830 beginnt, werden Maschinen erfunden, die mühelos weite Strecken überwinden: Eisenbahnen durchqueren Berge und Täler, Dampfschiffe fahren flussaufwärts. Aber noch fehlt das entscheidende Glied in der Kette der Mobilität.

Karl Benz und Gottlieb Daimler forschen aufgrund der Ergebnisse von Jean Joseph Étienne Lenoir und Nikolaus Otto unabhängig voneinander an einem kleinen, schnelllaufenden Explosionsmotor, der ein Fahrzeug antreiben könnte.

Nach vielen Rückschlägen ist es 1886 so weit: Am 29. Januar meldet **Karl Benz** seinen in Mannheim konstruierten Motorwagen zum Patent an. Dieser **Patent-Motorwagen** ist das erste Benzin-Automobil der Welt. Anders als Daimlers Motorkutsche ist der Motorwagen eine eigenständige Einheit aus Fahrgestell und Motor. Karl Benz konzipiert ihn als Dreirad, weil ihn die 1886 üblichen Lenkungssysteme für vierrädrige Fahrzeuge nicht zufriedenstellen.

Nur 100 Kilometer entfernt, in Cannstatt, vollendet **Gottlieb Daimler** zur gleichen Zeit seine Motorkutsche. Anders als Karl Benz, der vor allem Automobile bauen will, träumt Daimler von der Motorisierung „zu Wasser, zu Lande und in der Luft“. Daimlers Hauptziel ist zunächst die Herstellung von geeigneten Motoren. Gemeinsam mit seinem Mitarbeiter **Wilhelm Maybach** entwickelt er in jahrelanger Arbeit einen Motor, der so leicht und so stark ist, dass er ein Fahrzeug antreiben kann. Dieser Motor geht als die sogenannte „Standuhr“ in die Geschichte ein. Daimler und Maybach bauen ihn 1885 zuerst in ein Laufrad ein, den „Reitwagen“, und konstruieren damit das erste Motorrad der Welt. 1886 motorisieren sie ein Boot, das ihnen für Versuchsfahrten auf dem Neckar dient. Im gleichen Jahr bauen sie eine stärkere Version der **„Standuhr“** in eine Kutsche ein. Das

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

Ergebnis ist die sogenannte **Motorkutsche**: das weltweit erste Automobil mit vier Rädern und einem Benzinmotor.

Daimler und Benz schaffen, was sich die Menschheit seit Erfindung des Rades erträumt: einen Wagen, der sich von selbst fortbewegt – das Automobil. Fast parallel entwickelt **Rudolf Diesel** einen selbstzündenden Motor, der eine höhere Leistung erzielt und störungsunanfälliger arbeitet. Diese „ideale Wärmekraftmaschine“ löst die großen Zündprobleme von herkömmlichem Benzin, indem verdichtetes Treibstoff-Luft-Gemisch unter Druck in den Brennraum eingebracht wird. Die dabei entstehenden hohen Drücke verhelfen dem Motor 1893 zu einer guten Leistungsausbeute.

Nikolaus Ottos Viertaktmotoren bauten auf dem Viertaktprinzip auf, welches bis heute die Grundlage für Verbrennungsmotoren in Automobilen ist. 1864 gründete er mit Eugen Langen die erste Motorenfabrik der Welt und 1872 die „Gasmotoren-Fabrik Deutz AG“. Sein Viertaktgasmotor mit verdichteter Ladung wurde dort von Wilhelm Maybach weiterentwickelt und seit 1876 in Serie produziert.

Infos zu „1 Aufbau eines Verbrennungsmotors“ und „2 Arbeitsweise eines Verbrennungsmotors“

Praxistipp:
Diese beiden Arbeitsblätter sollten möglichst verzahnt mit den Arbeitsblättern B und C behandelt werden.

In den Arbeitsblättern 1 und 2 liegt der Schwerpunkt in der **mechanischen Funktionsweise** von Verbrennungsmotoren. Die Schülerinnen und Schüler lernen die wichtigsten **Bauteile** (funktionale Einzelteile eines Hubkolbenmotors) kennen. Es sollte Wert auf die korrekte **fachsprachliche Benennung** gelegt werden.

Eine einfache **Bau-/Montageaufgabe** in Arbeitsblatt 2 verdeutlicht den Zusammenhang der Bewegung von Kolben, Pleuel und Kurbelwelle. Die Schülerinnen und Schüler erschließen sich durch **handelnde Arbeitsweisen** ein Gefühl für Sinn und Zweck der verschiedenen Takte des Arbeitsspiels, welche später in Arbeitsblatt 3 behandelt werden.

Die Zündkerze
Alle frühen Motoren hatten ein gemeinsames Problem: Die Entzündung des Treibstoff-Luft-Gemisches. Dazu wurde ein elektrischer Funke in einem Magnetzünder erzeugt. Unregelmäßige und zu schwache Funken führten zu Aussetzern der Motoren und begrenzten die theoretische Drehzahl. Erst mit der Entwicklung der Hochspannungszündkerze durch die Werkstatt für Feinmechanik und Elektrotechnik von Robert Bosch in Stuttgart wurde dieses Problem gelöst.

Piezoelektrische Bauteile
Ein Piezozünder ist ein Bauteil, das durch Einwirkung einer mechanischen Kraft (z.B. Druck) eine elektrische Spannung erzeugt. Dabei wird der sogenannte Piezoeffekt ausnutzt, der auch in umgekehrter Reihenfolge Anwendung findet (Piezoaktor).

Die Ventilsteuerung von Motoren
Um Verbrennungsmotoren mit Gasen zu versorgen und die verbrannten Gase nach dem Arbeitstakt wieder ins Freie zu befördern, müssen die Verbrennungsräume (Zylinder) über Ein- und Auslassventile zum richtigen Zeitpunkt geöffnet und wieder geschlossen werden können. Die Nockenwelle bewirkt, dass die Ventile zum richtigen Zeitpunkt für die richtige Zeitdauer mit dem richtigen Hub geöffnet werden. Die Form des Nockens kann je nach Anforderung variieren.

Infos zu „B Ausdehnung von Gasen I“ und „C Ausdehnung von Gasen II“

Grundlegend für die Arbeitsweise eines Verbrennungsmotors sind die in den **Versuchen** vorgestellten **physikalischen Prozesse** zur **Gasausdehnung bei Erwärmung** und ein einfaches, jedoch nicht ganz ungefährliches **Experiment** („Temperaturerhöhung durch Verbrennung eines Gasgemisches“, Popperversuch).

Achtung:
Beim Thema „Ausdehnung von Gasen“ und beim Experiment muss besonders vorsichtig gearbeitet werden. Das Feuerzeuggas bildet mit Luft ein brennbares Gemisch; in Anwesenheit offener Flammen besteht dann Explosionsgefahr. Daher den Versuch nur in Anwesenheit einer Lehrkraft und unter Beobachtung durchführen lassen.

GEFAHR

Anhand von Fragen zu den Versuchen in **Arbeitsblatt C** vertiefen die Schülerinnen und Schüler ihr Gespür für die verschiedenen Takte des Arbeitsspiels, die in Arbeitsblatt 3 ausführlich vorgestellt werden.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

Praxistipp:
Es empfiehlt sich, die beiden Arbeitsblätter zur Ausdehnung von Gasen zu behandeln oder sich mit der Kollegin/dem Kollegen abzusprechen, die/der diese Versuche ggf. im Physikunterricht durchführen kann. So ließe sich ein fächerübergreifender Unterricht, evtl. sogar im Team, gestalten.

Infos zu „3 Viertaktmotoren“

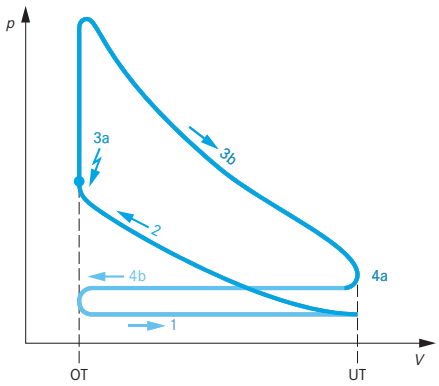
Druck-Volumen-Diagramm
Ein Druck-Volumen-Diagramm, auch Arbeitsdiagramm oder PV-Diagramm genannt, ist die grafische Darstellung der Beziehung zwischen Druck und Volumen, die zeitabhängig während der Motortakte im Zylinder eines Verbrennungsmotors abläuft. Diese Darstellung der Vorgänge in einem Verbrennungsmotor wird häufig dazu verwendet, die Auswirkung eines variablen Zündzeitpunkts auf die Druckverhältnisse im Zylinder darzustellen.

1) Ansaugtakt
Das Einlassventil ist geöffnet, im Zylinder herrscht der Umgebungsluftdruck von ca. 1 bar. Da sich der Zylinder nach unten bewegt, wird das Volumen größer; ein leichter Unterdruck entsteht.

2) Verdichtungstakt
Alle Ventile sind geschlossen. Der Zylinder bewegt sich nach oben, das Volumen wird kleiner. Der Druck des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Zylinder vergrößert sich.

3a) Arbeitstakt
Das Kraftstoff-Luft-Gemisch wird entzündet. Der Druck steigt stark an. Da sich der Kolben im oberen Totpunkt befindet, ist das Volumen noch sehr klein.

3b) Arbeitstakt
Das verbrennende Kraftstoff-Luft-Gemisch drückt den Kolben nach unten. Das Volumen vergrößert sich, der Druck sinkt.



4) Aufpufftakt
Das Auslassventil wird geöffnet (a), das verbrannte Gasgemisch wird ausgestoßen. Das Volumen wird geringer (b) und der Druck in Zylinder fällt bis zum Umgebungsluftdruck ab.

Praxistipp:
In der Link-Liste auf Seite 8 finden Sie Hinweise auf Animationen im Internet, die auf sehr anschauliche Weise die Vorgänge in den Zylindern und das Druck-Volumen-Diagramm erläutern. Danach wird es für die Schüler und Schülerinnen deutlich einfacher sein, das Arbeitsblatt zu bearbeiten.

Infos zu „D Kraftstoffe“

Kraftstoffe aus Erdöl und Alternativen
Erdöl entstand im Laufe von Millionen Jahren bei der Umwandlung organischer Stoffe und ist in der Erdkruste eingelagert. Entdeckt wurde Erdöl schon vor 12 000 Jahren im vorderen Orient, da es eine niedrigere Dichte als Wasser besitzt und dadurch in verschiedenen Gesteinsschichten an die Erdoberfläche steigt und dort zu Tage tritt. Zuerst wurde es zum Abdichten von Schiffsplanken (Bitumen), als Schmierstoff für Achsen und Räder und als Kriegswaffe (griechische Feuer) genutzt. Die systematische Erschließung des Rohstoffs erfolgte erst 1856 und 1858 mit ersten Bohrungen in Niedersachsen. Der daraus folgende Boom wurde bis in die heutige Zeit stetig gesteigert. Allein in den Jahren von 2000 bis 2009 wurden weltweit etwa 38,5 Billionen Liter gefördert. Erdöl gilt als Grundlage unserer Industriegesellschaft und ist neben seiner Eigenschaft als wichtigster Energieträger auch Ausgangsstoff für zahlreiche Produkte der chemischen Industrie, wie Düngemittel, Kunststoffe und Medikamente. Da Erdöl jedoch zu den **fossilen Energiequellen** zählt, die endlich sind, erschöpfen sich die vorhandenen Ressourcen allmählich. Daher wird es immer schwerer und/oder teurer, neue Ölfelder zu erschließen.

Durch das wachsende Umweltbewusstsein gerieten Benzinverbrauch und Schadstoffausstoß der Automobile in die Diskussion. Bereits in den 1960er Jahren begann man, alternative Antriebsenergien für Fahrzeuge zu entwickeln. Die Ingenieure versuchen, Benzin durch Erdgas, Strom, Alkohol oder Wasserstoff zu ersetzen. Es bedarf technischer Entwicklungen, um den Verbrauch zu senken und die Emissionen zu reduzieren. Daher sollte man bereits in der frühen technischen Bildung damit beginnen, Alternativen aufzuzeigen.

Alternative Kraftstoffe unterscheidet man durch die Art ihrer Gewinnung: Kraftstoffe aus fossilen Energieträgern und Kraftstoffe aus biogenen Energieträgern. Die wichtigsten alternativen Kraftstoffe in Deutschland sind Erdgas, Biogas, Ethanol aus Zuckerrüben oder Weizen, Biodiesel aus veresterten Pflanzenölen, reine Pflanzenöle aus Raps, Sonnenblumen oder Leindotter, Wasserstoff und BtL-Kraftstoff (Biomass to Liquid) aus Biomasse, z. B. Holz oder Stroh.

CO_2-Bilanz

Eine CO_2-Bilanz ist ein Maß für den Gesamtbetrag von **Kohlenstoffdioxid-Emissionen**, die durch ein Produkt entstehen oder verursacht werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch über den sogenannten CO_2-Fußabdruck. Hintergrund von CO_2-Erfassungen sind Klimaschutzaktivitäten aufgrund der globalen **Erderwärmung**. Die Automobilindustrie steht dabei besonders in der Verantwortung, da derzeit weltweit jährlich etwa eine Milliarde Pkw rund vier Milliarden Tonnen CO_2 ausstoßen. Es gibt Untersuchungen, die eine weltweite Steigerung der Pkw-Zahl bis 2030 auf 2,3 Milliarden Autos prognostizieren. Dadurch könnten sich Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen nochmals verdoppeln.

Infos zu „4 Moderne Technologien in Verbrennungsmotoren“

Vergleich Benzinmotor – Dieselmotor

Benzin- und Dieselmotoren sind nach wie vor die wichtigsten Antriebsaggregate in Fahrzeugen. Beide Systeme sind grundsätzlich ähnlich aufgebaut, bei einem direkten Vergleich der Konzepte lassen sich aus technischer Sicht jedoch verschiedene Aspekte differenzieren.

Nach dem Ansaugen wird das Gemisch beim Ottomotor auf ein Verhältnis von 8:1 bis 12:1 verdichtet. Ein Dieselmotor hingegen verdichtet in einem Verhältnis von 14:1 bis 20:1. Aufgeladene Ottomotoren erreichen Drücke von 110 bar, bei modernsten Pkw-Dieselmotoren werden inzwischen 200 bar überschritten.

Die zur Verbrennung benötigte Zündung wird bei einem Ottomotor als **Fremdzündung** bezeichnet, da der Zündfunke von der Zündkerze kommt. Die Verbrennung im Ottomotor wird üblicherweise **stöchiometrisch** geführt, d.h. Kraftstoff- und Luftmassenanteile verbrennen zumindest theoretisch vollständig zu H_20 und CO_2 bei einem Massenverhältnis von 1:14,7 (gängige Kraftstoffe). Bei der Verbrennung steigt die Temperatur auf über 2 500 °C.

Beim Dieselmotor spricht man von einer **Selbstzündung**, da sich beim herrschenden hohen Druck der Dieselkraftstoff selbst entzündet. Da der Dieselmotor immer mit Luftüberschuss (d.h. mager, nicht stöchiometrisch) betrieben wird, liegen die Spitzentemperaturen bei der Verbrennung etwas niedriger als beim Ottomotor, aber immer noch bei weit über 2 000 °C. Wegen des hohen Systemdrucks muss ein Dieselmotor baulich stärker ausgelegt sein.

In der Zusammensetzung der bei der Verbrennung entstehenden **Schadstoffe** gibt es weitere Unterschiede der Systeme. Die Abgastemperatur ist beim Ottomotor höher, es entstehen deutlich mehr Kohlenstoffmonoxid-, Stickstoffoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen. Aufgrund des stöchiometrischen Betriebs sind diese Emissionen mit einem **3-Wege-Katalysator** allerdings sehr gut nachbehandelbar. Beim Dieselmotor entsteht dagegen mehr **Ruß**, der krebserregend ist, weil die kleinsten Teilchen „lungengängig“ sind. Dieser kann jedoch mit einem **Partikelfilter** aus dem Abgasstrom entfernt werden. Eine größere Herausforderung stellen die Stickstoffoxidemissionen auch im Hinblick auf künftige Grenzwerte dar. Daher ist die Absenkung der NO_x-Emissionen insbesondere mittels Abgasrückführung die erste Wahl.

Direkteinspritzung

Bei der **Benzindirekteinspritzung** wird der Kraftstoff mit Hochdruck von bis zu 200 bar direkt in den Brennraum gespritzt (**innere Gemischbildung**). Gegenüber der äußeren Gemischbildung (Einspritzung vor das Einlassventil im Ansaugrohr) ist dieses Verfahren wesentlich genauer und nicht so abhängig von den Öffnungszeiten der Ventile. Die besondere Brennraumform sorgt für eine optimale Verwirbelung des Kraftstoff-Luft-Gemischs. Benzindirekteinspritz-Motoren ermöglichen ein höheres Drehmoment, insbesondere bei Aufladung. Außerdem zeichnen sie sich durch einen um ca. 3 % höheren Wirkungsgrad aus. Arbeitet der Motor im Magerbetrieb (sogenannte Schichtladung), kann der Wirkungsgradvorteil sogar 12 % betragen.

Die modernen Direkteinspritzsysteme sind sogenannte **Common-Rail-Systeme**. Als Common-Rail bezeichnet man eine gemeinsame Kraftstoffleitung für alle Zylinder. Hier sind Druckerzeugung und Einspritzvorgang getrennt. Eine Hochdruckpumpe baut den Kraftstoffdruck dauerhaft auf und speist den Rail, der die Funktion eines Druckspeichers übernimmt. Durch Hochdruck-Einspritzventile (Injektoren) in der Kraftstoffleitung erfolgen die vom Steuergerät ausgelösten Einspritzvorgänge. Das Common-Rail-System arbeitet beim **Dieselmotor** mit Drücken bis 2 200 bar (nach neuen Entwicklungen bis 2 500 bar) und mit bis zu fünf Einspritzvorgängen pro Verbrennungsvorgang (intermittierende

Einspritzung). Während beim Dieselmotor der Einspritzvorgang mit dem Ende des zweiten Arbeitstaktes erfolgt, wird bei der Benzindirekteinspritzung die größte Einspritzmenge während des zweiten Taktes zugeführt. Dies geschieht, weil im **Ottomotor** die Gemischbildung zum Zeitpunkt der Zündung abgeschlossen sein muss, damit es zu einer optimalen Verbrennung kommt. Außerdem ist beim Dieselmotor der Einspritzdruck wesentlich größer.

Downsizing

Dieser Begriff steht in der Technik allgemein für **Effizienzsteigerung** durch Verkleinerung. Die Fortschritte beim Downsizing sind neben der Aufladung durch Turbolader oder Kompressoren vor allem der Direkteinspritzung zu verdanken. Beide Effekte haben die hohen Leistungsdichten moderner Ottomotoren mit ermöglicht.

Praxistipp:

Insbesondere die erste Seite des Arbeitsblattes sollte nach eine Diskussionsphase in Gruppen bearbeitet werden; ohne Computer und Internetunterstützung wird es schwierig. Ggf. können die Schülerinnen und Schüler zuhause recherchieren und die Ergebnisse werden anschließend im Unterricht diskutiert.

Leitfragen

- Welche Menschen waren maßgeblich an der Entwicklung des Automobils beteiligt?
- Nach welchen Prinzipien funktioniert ein Vier-Takt-Verbrennungsmotor?
- Welche Funktionen haben die hauptsächlichen Teile eines Motors?
- Welche Energiearten benötigt man für den Betrieb von Verbrennungsmotoren?
- Warum macht man sich Gedanken über die Begrenzung des Kraftstoffverbrauchs?
- Wie wird der Wirkungsgrad berechnet?
- Welche Auswirkungen hat der Ausstoß von CO_2?
- Welche alternativen Kraftstoffe stehen zur Verfügung?

Link-Liste

- **historische Entwicklung der Automobiltechnik:**

http://de.wikipedia.org/wiki/Automobil
http://www.blinde-kuh.de/autos
http://www.zeit.de/auto/2011-02/autogeschichte-erfinder

- **Otto-Viertaktmotor:**

http://de.wikipedia.org/wiki/Verbrennungsmotor
http://de.wikipedia.org/wiki/Ottomotor
http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/technik_didaktik/funktionsmodell_ottomotor.pdf
http://www.mymobil.de/kfz/motoren.html
http://www.kostenlose-referate.de/referate/WkBWL/104.pdf

- **Arbeitstakte und Arbeitsdiagramm eines Verbrennungsmotors:**

http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/gk2-2007/node23.html
http://www.techniklexikon.net/i/index-a.htm
http://library.thinkquest.org/C006011/german/sites/ottomotor.php3?v=2
http://de.wikipedia.org/wiki/Nockenwelle
http://de.wikipedia.org/wiki/Desmodromik
http://www.motorroller-info.de/nockenwelle.html
http://www.koopiworld.de/pub/motor5.htm

- **CO_2 und die CO_2-Bilanz:**

http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid
http://www.co2-ausstoss.com
http://www.iwr.de/klima/ausstoss_welt.html
http://www.spritmonitor.de/de/berechnung_co2_ausstoss.html
http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/page
http://www.verbraucherfuersklima.de/cps/rde/xchg/projektklima/hs.xsl/co2_rechner.htm

- **alternative Kraftstoffe:**

http://de.wikipedia.org/wiki/Alternative_Kraftstoffe
http://alternative-kraftstoffe.com
http://www.energie-sparen-info.de/alternative-kraftstoffe.html
http://www.chemie-am-auto.de/alternativen/index.htm
http://www.spritmonitor.de/de/alternative_kraftstoffe.html

A Pioniere der Automobilindustrie

1. Gottlieb Daimler, Nikolaus Otto, Wilhelm Maybach, Karl Benz und Rudolf Diesel gelten als die Erfinder des motorgetriebenen Automobils. Ordne jeder Kurzbiografie die richtige Person zu.

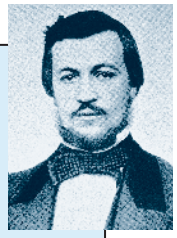
Mein Name ist _____. Ich wurde am 25. November 1844 bei Karlsruhe geboren. Nach meinem Studium gründete ich in Mannheim mehrere Firmen. Mein Ziel war es dabei, einen Wagen mit eigenem Antrieb zu bauen! Im Januar 1886 gelang es mir, ein Patent für das erste Benzinautomobil anzumelden: ein 18 km/h schnell fahrendes dreirädriges Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und elektrischer Zündung. Anfangs wurde mein Automobil als „Wagen ohne Pferde“ verspottet. Mit meinem Patent-Motorwagen fuhren meine Frau Bertha und zwei unserer Söhne 1888 von Mannheim nach Pforzheim. Die Weltausstellung in Paris brachte unserem Wagen den Durchbruch.

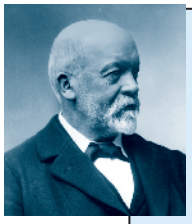
Mein Name ist _____. Ich wurde am 18. März 1858 in Paris als Sohn eines deutschen Händlers geboren. Bereits mit 12 Jahren wurde ich für meine Noten ausgezeichnet. Wegen des Krieges musste ich kurz darauf Frankreich verlassen. In München beendete ich 1880 mein Studium an der Technischen Hochschule mit dem besten Abschlussexamen. Immer schon interessierten mich Wärmekraftmaschinen. 1893 entwickelte ich einen Motor, der eine deutlich höhere Leistung erzielte als die bisherigen Maschinen. Mit einem Freund gelang es mir zwischen 1893 und 1897, meinen selbstzündenden Motor weiterzuentwickeln (heute heißt meine Fabrik übrigens MAN AG). Nach mir wurde ein Treibstoff benannt.

Mein Name ist _____

_____. Ich wurde am 9. Februar 1846 in Heilbronn geboren. Meine Familie zog einige Jahre später nach Stuttgart. Als Kind musste ich ins Bruderhaus nach Reutlingen, wo Waisenkinder eine Ausbildung erhielten. Ich wurde technischer Zeichner, Konstrukteur und Assistent des Leiters der Maschinenfabrik im Bruderhaus, Herrn Daimler, und folgte ihm in verschiedene andere Unternehmen, bis wir schließlich in Cannstatt die Daimler-Motoren-Gesellschaft gründeten. Als deren Direktor hatte ich maßgeblichen Anteil an der Entwicklung des modernen Automobils.

Mein Name ist _____ . Ich wurde als Sohn eines Bauern, Gastwirts und lokalen Posthalters am 10. Juni 1832 in Holzhausen an der Heide (Taunus) geboren. Nach dem Besuch der Realschule machte ich eine Lehre als Kaufmann. Mit 30 Jahren begann ich mit Motoren zu experimentieren, die nach dem Viertaktprinzip funktionierten. 1864 gründete ich mit einem Kollegen die erste Motorenfabrik der Welt, acht Jahre später die „Gasmotoren-Fabrik Deutz AG“. Im Jahre 1876 gelang es mir, einen Viertaktgasmotor mit verdichteter Ladung zu entwickeln. Dieser wurde von meinem damaligen Mitarbeiter Wilhelm Maybach zur Serienreife gebracht. Ab 1876 wurde er in Serie produziert. Der Motorentyp blieb bis in die heutige Zeit Grundlage für viele Verbrennungsmotoren, auch wird mein Name immer noch für alle Benzinmotoren verwendet.

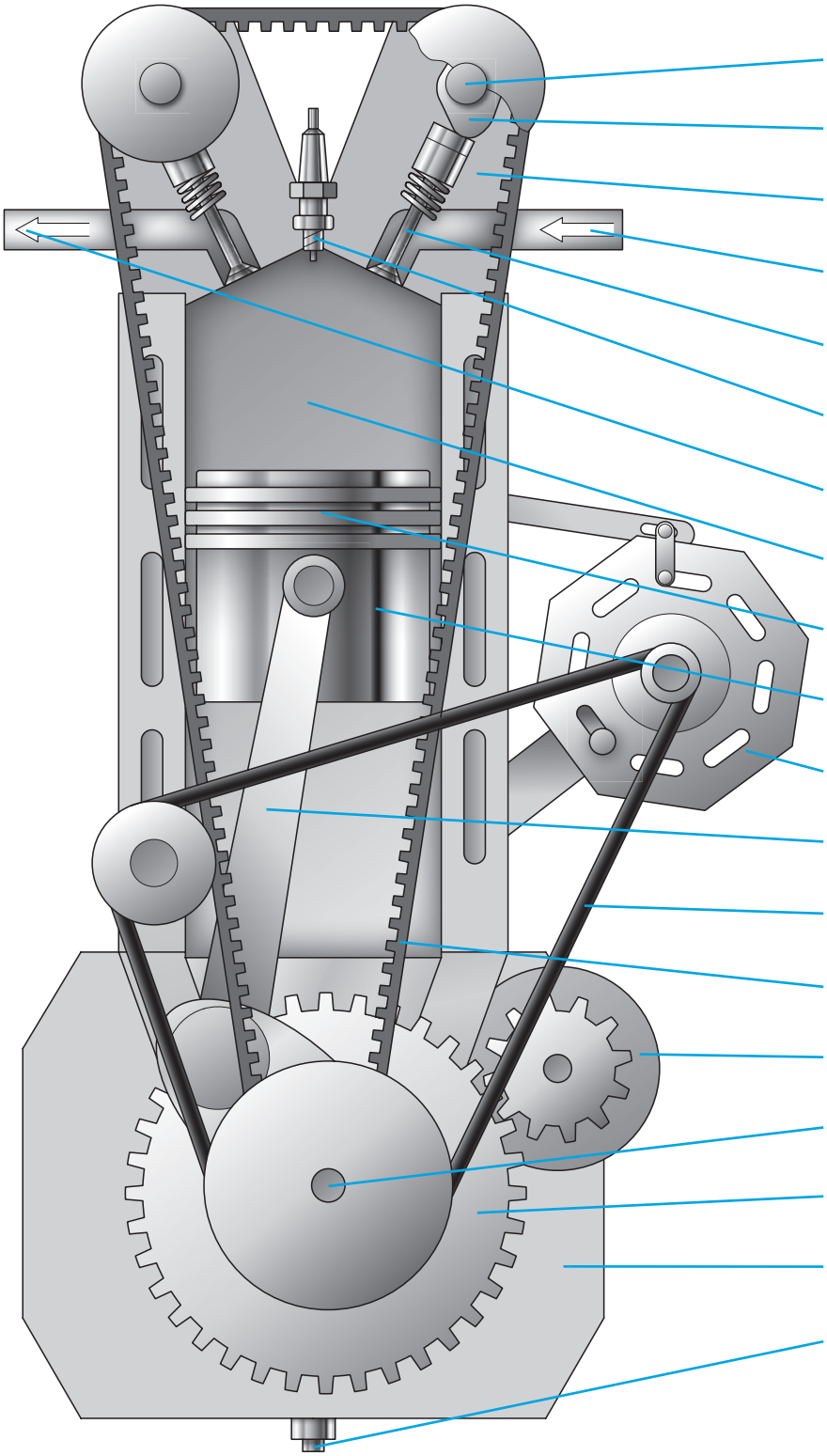




Mein Name ist _____. Ich wurde am 17. März 1834 in Schorndorf geboren. Nach einer Lehre als Büchsenmacher begann ich ein Maschinenbaustudium und arbeitete als Konstrukteur und Manager. Zusammen mit Wilhelm Maybach habe ich in Nikolaus Ottos Gasmotorenfabrik Deutz seinen Motor zur Serienreife entwickelt. Später habe ich in Cannstatt eine eigene Versuchswerkstatt mit aufgebaut. Ich wollte einen kleinen, mobilen, leichten – also überall einsetzbaren - und schnell laufenden Verbrennungsmotor bauen. Im Jahr 1885 erhielt ich ein Patent auf einen verbesserten Einzylinder-Viertaktmotor, der Benzin verbrannte. Dieser Motor ist als „Standuhr“ in die Geschichte eingegangen.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

1 Aufbau eines Verbrennungsmotors



Zylinderkopf

1. Beschrifte die Abbildung. Nutze dafür diese Wortschnipsel:

ab – An – Aus – ben – Brenn – Ein – Gene – kanal – kanal – Keil – kerze – Kol – Kolben – **kopf** – Kurbel – lasser – lass – lass – lass – Nocken – Nocken – Öl – Öl – Pleuel – rad – rator – raum – riemen – riemen – ringe – schraube – Schwung – stange – til – Ven – wanne – welle – welle – Zahn – Zünd – **Zylinder**

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

B Ausdehnung von Gasen I

1. Jeder Verbrennungsmotor funktioniert nach dem gleichen physikalischen Grundprinzip – der Ausdehnung von Gasen. Um dieses Prinzip zu verstehen, lassen sich zwei Versuche durchführen.

a) Versuch 1:

Du benötigst: 1 Münze, 1 leere, kalte Trinkflasche

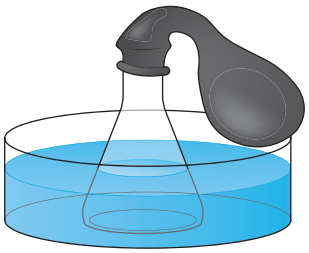
Anleitung: Lege eine Münze auf eine leere, kalte Flasche. Umfasse die Flasche vorsichtig mit den Händen und achte darauf, dass die Münze nicht verrutscht. Wärme die Flasche eine Zeit lang mit den Händen auf und beobachte die Münze.

Zeichne den Versuchsaufbau:	Beschreibe, was passiert:
	_____
	_____
	_____
	_____

b) Versuch 2:

Du benötigst: 1 Luftballon, 1 leere Trinkflasche, 3 Gefäße, warmes und kaltes Wasser und Eiswasser

Anleitung: Ziehe einen Luftballon über die Öffnung einer leeren Flasche. Stelle nun die Flasche abwechselnd in jeweils ein Gefäß mit kaltem Wasser, warmem Wasser und Eiswasser. Beschreibe deine Beobachtungen.



kaltes Wasser	_____
	_____
warmes Wasser	_____
	_____
Eiswasser	_____
	_____

c) Wie könnte man die beobachteten Ergebnisse der beiden Versuche verbessern?

_____

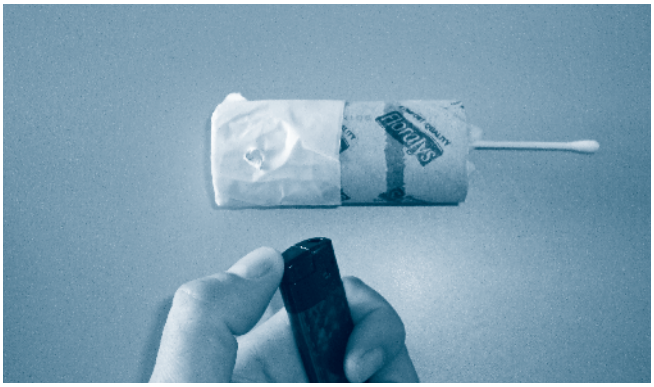
d) Wie könnte man die erzeugten Bewegungen beschleunigen?

_____

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

2. Um eine größere und schnellere Ausdehnung der Gase zu erreichen, verwendet man in der Motorentechnik ein leicht entzündliches Benzin-Luft-Gemisch. Die Funktionsweise der Verbrennung lässt sich mit einem Experiment sehr eindrucksvoll demonstrieren.

Du benötigst: 1 Papprohr (Toilettenrolle), 1 Wattekugel, 1 Wattestäbchen, Klebeband, Schere, Feuerzeug
Anleitung: Klebe ein Ende der Pappröhre mit dem Klebeband zu. Bohre am Rand der zugeklebten Seite ein kleines Loch in die Pappröhre. Wickle die Wattekugel um das Wattestäbchen, lass etwas Feuerzeuggas von oben in die Pappröhre strömen und stecke die Wattekugel mit dem Wattestäbchen in die Rolle. „Pumpe“ ein paarmal mit dem Wattestäbchen hin und her. Halte nun die Flamme des Feuerzeugs an das Loch und entzünde das Gasgemisch!



a) Nicht jeder Zündversuch klappt auf Anhieb. Was musstest du optimieren, bis sich das Gemisch entzündet hat?

_____

_____

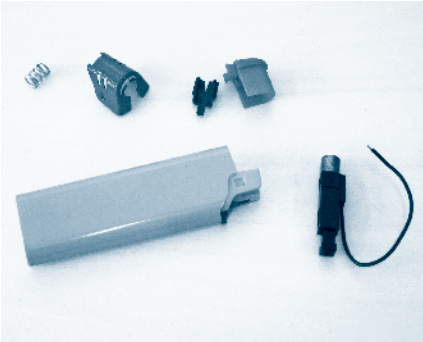
Gefährlicher Versuch. Nie ohne Aufsicht durchführen.

b) Wie wird bei einem Ottomotor die Zündung ausgelöst?

_____

_____

c) Optimiere die Zündung in deinem Versuchsaufbau:
Zerlege vorsichtig das Feuerzeug, indem du den Flammenschutz entfernst. Ziehe danach den elektrischen Zünder (Piezozünder) aus dem Feuerzeug und stecke den Zünddraht in das Loch der Pappröhre. Nun kann man beim Betätigen des Piezozünders das Gemisch fernzünden. Teste deinen Versuchsaufbau.



d) Welche Verbesserungen könnte man noch realisieren?

_____

_____

_____

_____

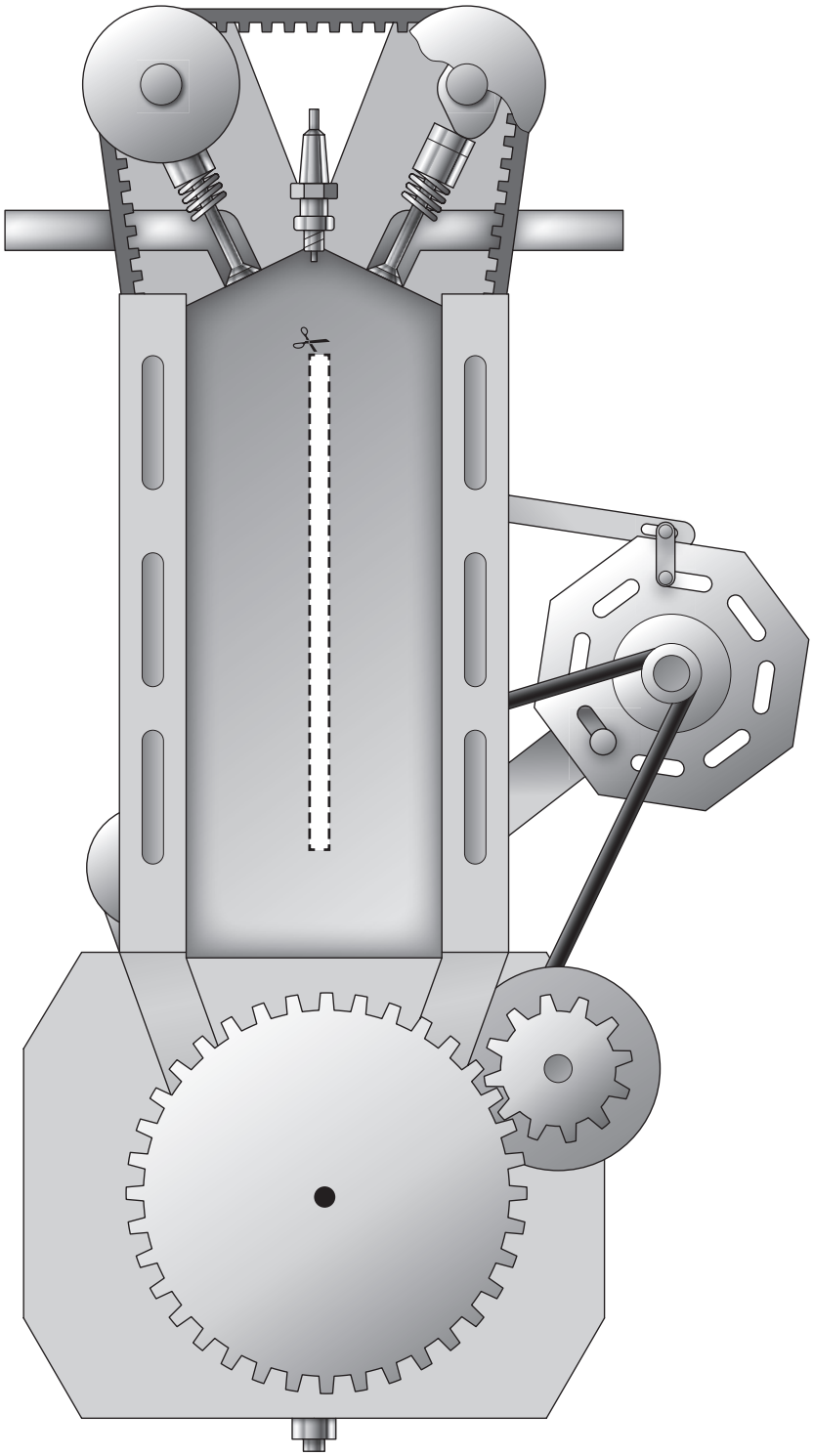
© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

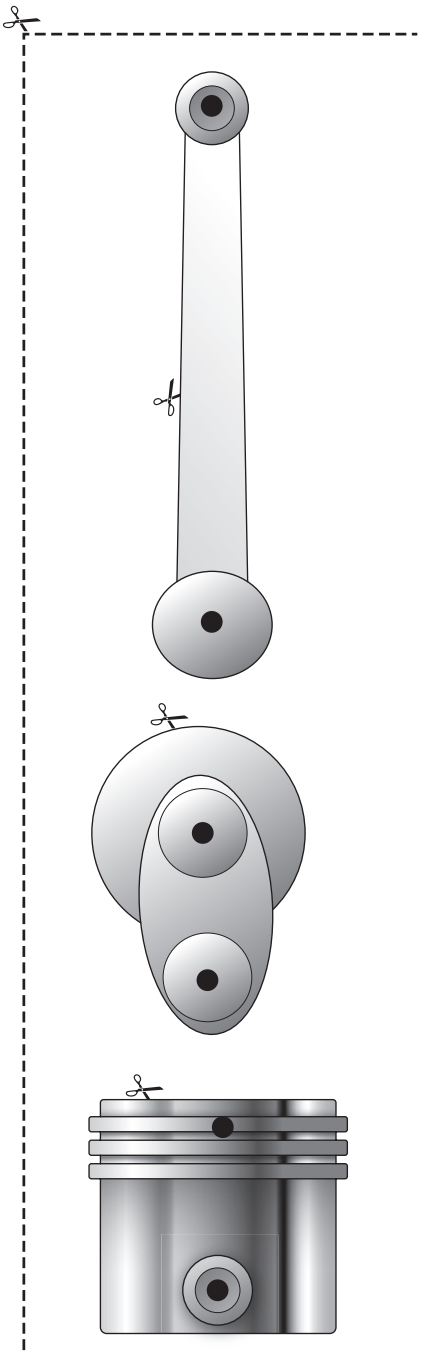
2 Arbeitsweise eines Verbrennungsmotors

1. Um die Abläufe in einem Verbrennungsmotor besser zu verstehen, lässt sich ein einfacher Versuch durchführen. Mit ihm wird die Umwandlung der geradlinigen Bewegung des Kolbens in die Drehbewegung der Kurbelwelle deutlich. Lies die Anleitung durch, baue das Modell nach und teste es.

Materialliste: Schere, Locher, 4 Musterbeutelklammern

Anleitung: Schneide den Kolben, das Pleuel und die Kurbelwelle am rechten Bildrand aus. Um Knicke zu vermeiden, können die Teile auf Karton aufgeklebt werden. Außerdem benötigst du ein Langloch im Zylinder, in dem später der Kolben geführt wird. Durchbohre alle Teile, die mit einem ● markiert sind und füge alles mit den Musterbeutelklammern beweglich zusammen.

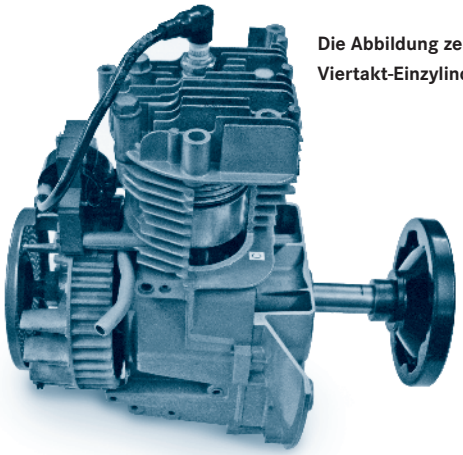




© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

2. Bestimme die Funktion der wichtigsten Teile eines Verbrennungsmotors. In den linken Kästchen stehen die einzelnen Bauteile, in den rechten deren Funktionen.

Ordne den Bauteilen ihre Funktion zu. Trage dazu die entsprechenden Nummern in die leere Spalte ein.



Die Abbildung zeigt einen Viertakt-Einzylindermotor.

1.	**Zylinder**		entzündet beim Benzin- und Gasmotor das Gasgemisch
2.	**Kolben**		wandelt die Kolbenkraft über das Pleuel in eine Drehbewegung um und überträgt diese auf den Antriebsstrang
3.	**Ventile**		dient zum Befüllen des Zylinders mit frischem Gasgemisch
4.	**Zündkerze**		steuert die Bewegung der Nocken
5.	**Nocken**		dienen dem Öffnen bzw. Abdichten der Einlass- und Auslassöffnungen im Zylinderkopf
6.	**Pleuelstange**		überträgt die Drehbewegung der Kurbelwelle auf die Nockenwelle
7.	**Kurbelwelle**		überträgt die Kraft des Kolbens auf die Kurbelwelle
8.	**Auslasskanal**		bewirken das Öffnen und Schließen der Einlass- und Auslassventile
9.	**Einlasskanal**		dient zum Abführen der Abgase aus dem Brennraum
10.	**Zahnriemen**		gibt die Energie durch eine Auf- und Abbewegung an das Pleuel weiter
11.	**Nockenwelle**		bildet den Raum, in dem die Verbrennungsvorgänge ablaufen

3. Was muss in den Ölflecken auf der folgenden Beschreibung der Arbeitsweise eines Verbrennungsmotors stehen?

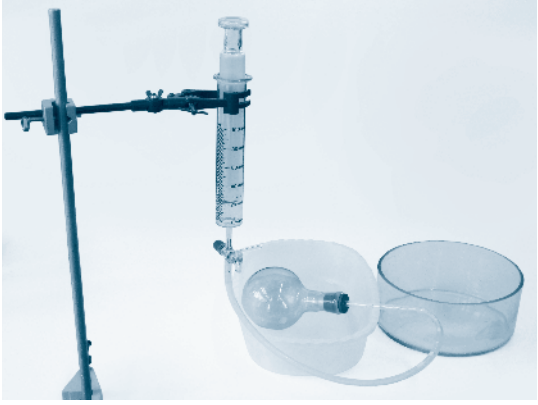
Um einen Motor mit frischem _____ zu versorgen und die _____ aus dem Zylinder zu befördern, müssen die _____ zum richtigen Zeitpunkt geöffnet und geschlossen werden. Die _____ der Ventile erfolgt meistens über die _____, auf der für jedes Ventil ein _____ sitzt. Die Nockenwelle wird in der Regel über eine _____ oder einen _____ angetrieben.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

C Ausdehnung von Gasen II

1. Kolbenversuch zum Verdeutlichen der Wärmeausdehnung von Gasen im Zylinder:
Beobachte den Ablauf des Versuches und beantworte dann die Fragen a) bis g).

Info
Der Versuch muss vom Lehrer aufgebaut werden.
Vorsicht: der Kolbenprober ist zerbrechlich! Das heiße Wasser kann zu Verbrühungen führen!



Materialliste:

1 Glasbehälter	Stativständer zum Befestigen
1 Schlauchverbindung	2 Schalen mit heißem und
1 Kolbenprober	kaltem Wasser

a) Wie und warum bewegt sich der Kolben, wenn man den Glasbehälter in heißes Wasser taucht?

b) Wie verhält sich der Kolben, wenn man den Glasbehälter abwechselnd in heißes und kaltes Wasser taucht?

c) Warum hebt sich der Kolben nach einem Durchgang nicht mehr bis zum Anfangspunkt? Was muss man deshalb beim Motorbau beachten?

d) Wie könnte man die Kolbenbewegung beschleunigen?

e) Wie könnte man den Kolben höher heben?

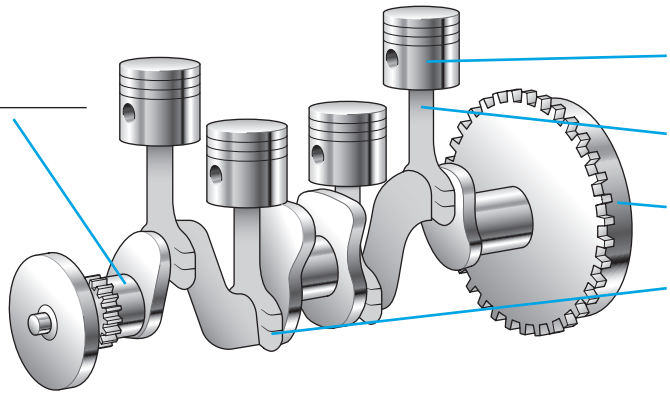
f) Wie könnte man das Erhitzen des Gases im Kolbenprober verbessern?

g) Wie könnte man die „Verbrennungsrückstände“ abkühlen und austauschen?

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

3 Viertaktmotoren

1. Alle Verbrennungsmotoren sind nach dem gleichen Prinzip aufgebaut.
Durch die Entzündung eines Gasgemisches wird eine Kraft auf einen Kolben übertragen. Dieser wird im Zylinder nach unten gedrückt. Dabei überträgt er die Kraft über ein **Pleuel** auf die **Kurbelwelle**. Diese ist mit dem Pleuel über ein bewegliches **Pleuellager** verbunden. Es wandelt die geradlinige Abwärtsbewegung des **Kolbens** in eine Drehbewegung um und leitet sie über das **Schwungrad** ans Getriebe und die Räder weiter. Benenne die Teile des Kurbeltriebs.

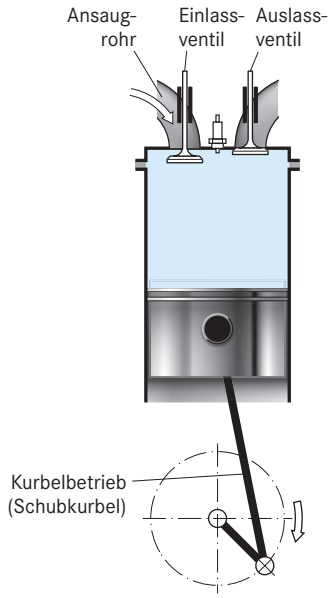


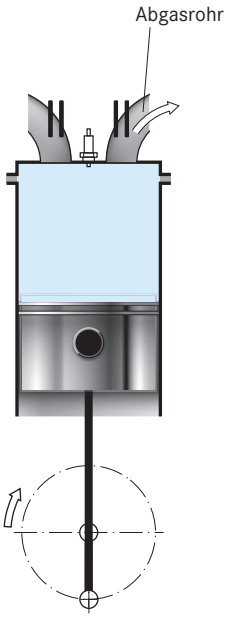
2. Bei einem Viertaktmotor werden die Verbrennungsgase in vier Takten (Arbeitsspiel) angesaugt, verdichtet, entzündet und verbrannt und dann ausgestoßen. Beim Verbrennen entsteht die Kraft, die auf den Kolben wirkt („arbeiten“).

a) Schreibe den jeweiligen Arbeitstakt im Zylinder über die Zeichnungen.

b) Kennzeichne die Bewegung des Kolbens durch zwei unterschiedlich farbige Pfeile.

c) Zeichne die fehlenden Ventilstellungen von Einlassventil (EV) und Auslassventil (AV) ein.





© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

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

_____

e) In diese Richtung (OT bzw. UT) bewegt sich der Kolben:

Takt	ansaugen	verdichten	arbeiten	ausstoßen
Kolben-bewegung				

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

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

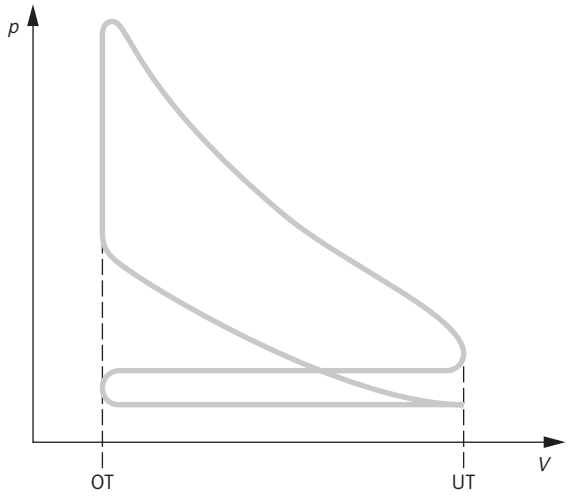
3. Bei vielen Motoren wird die Zündfolge 1 – 3 – 4 – 2 verwendet. Vervollständige die Übersicht für alle vier Zylinder eines Motors.

1. Zylinder	2. Zylinder	3. Zylinder	4. Zylinder
zünden und arbeiten			
		zünden und arbeiten	
			zünden und arbeiten
	zünden und arbeiten		

4. Angenommen, ein Motor dreht mit 5 100 1/min. Wie oft öffnen und schließen sich die Einlass- bzw. Auslassventile in einer Stunde?

5. Wie viele Umdrehungen macht eine Kurbelwelle unter folgenden Bedingungen?
Laufleistung 10000 km; durchschnittliche Geschwindigkeit 72 km/h; durchschnittliche Drehzahl 2400 1/min

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013



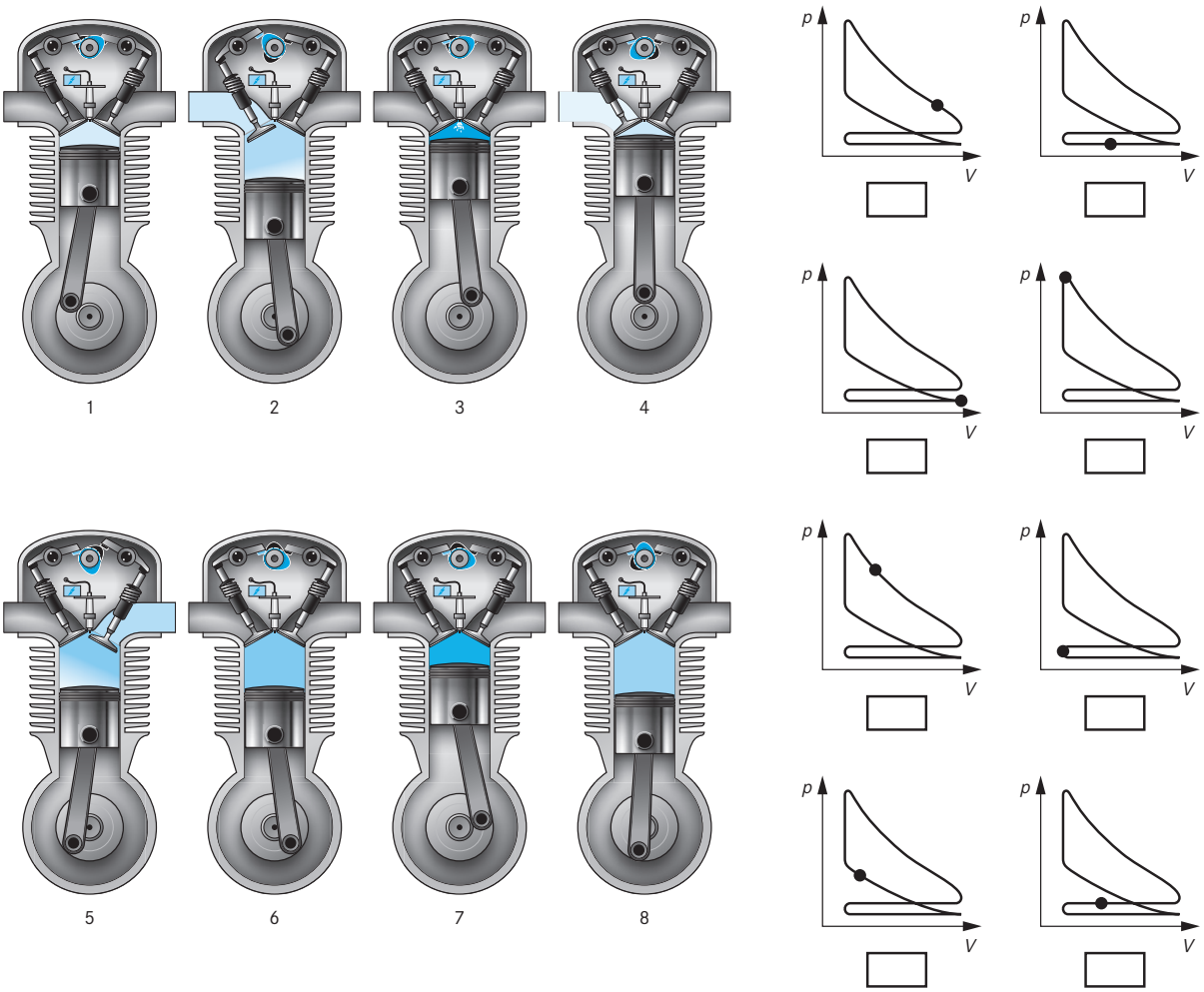
6. Das Verhalten eines Verbrennungsmotors wird in einem Druck-Volumen-Diagramm (Arbeitsdiagramm) dargestellt. Das Volumen *V* wird nach rechts aufgetragen und der Druck *p* nach oben.

a) Zeichne anhand des Verhaltens von Druck und Volumen im Diagramm ein, von wo bis wo jeweils die vier Arbeitstakte verlaufen (nimm für jeden Takt eine andere Farbe).

b) Kennzeichne den Zündzeitpunkt.

7. Quiz: Druck-Volumen-Diagramme (Arbeitsdiagramme) zuordnen. Ordne jedem Bild eines Ottomotors das zutreffende Druck-Volumen-Diagramm zu und schreibe die jeweilige Bildnummer unter die Diagramme.

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



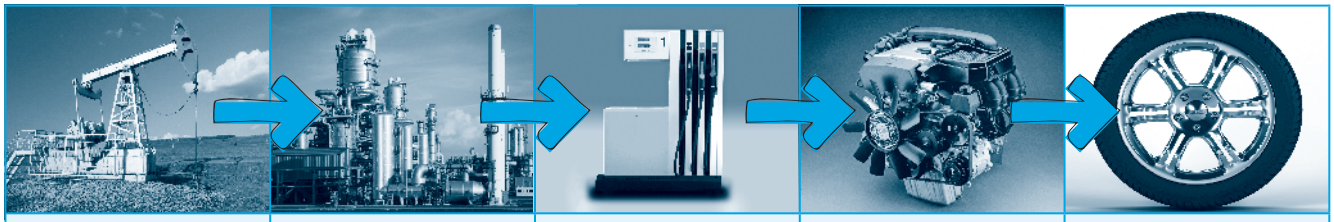
8. Überlege, warum Automobilmotoren mehr als einen Zylinder haben.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

D Kraftstoffe

1. Die zum Autofahren benötigte Energie kann in verschiedenen Formen vorliegen. Zähle die Energiearten auf, die in Fahrzeugen verwendet werden.

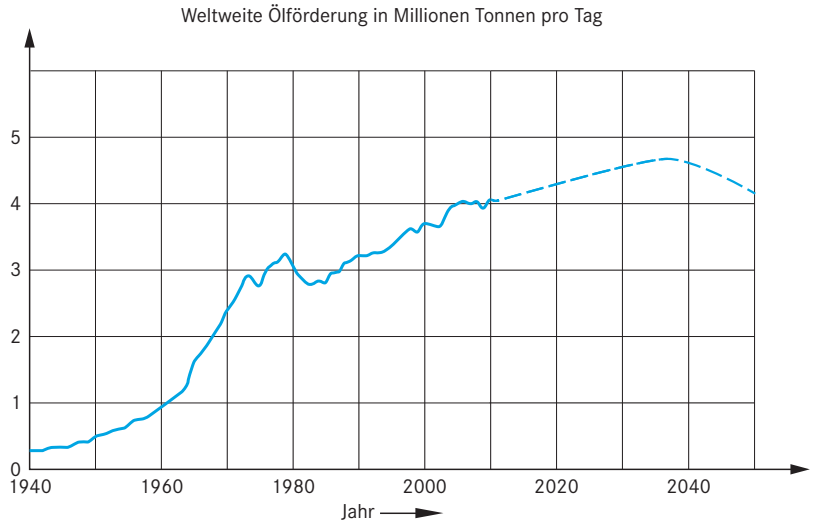
2. Um ein Auto mit Verbrennungsmotor zu bewegen, benötigt man Kraftstoff. Doch wo kommt dieser her? Ergänze die fehlenden Felder der Energiekette von Benzin.



In einem Bohrturm				
	wird aus Rohöl Benzin gemacht.			

3. Folgende Grafik zeigt die Förderquote von Erdöl.

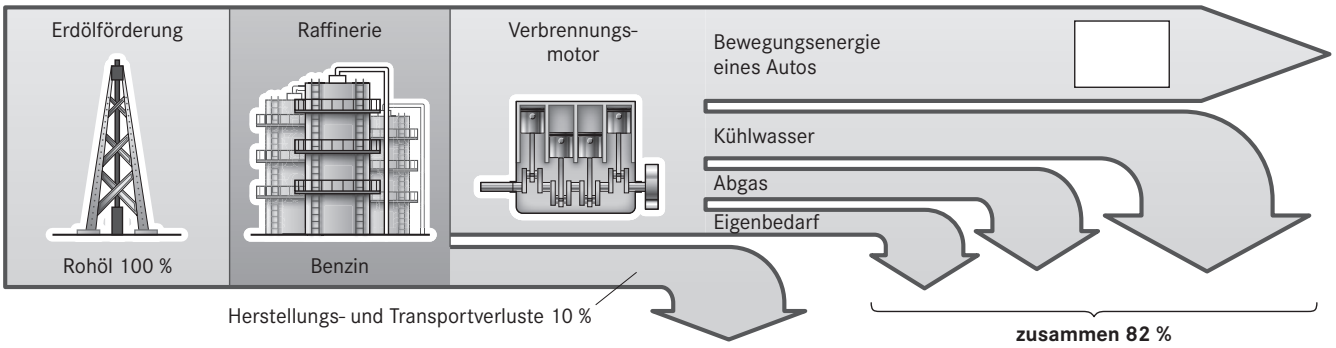
a) Schreibe eine Erklärung für den Verlauf der Kurve.



© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

4. Das Energieflussdiagramm zeigt den Weg der Umwandlung von chemischer Energie zur mechanischen Energie.

a) Rechne aus, wie groß der Anteil an Bewegungsenergie (in Prozent) für ein Automobil ist und trage die Zahl ein.



b) Der sogenannte Wirkungsgrad bezeichnet das Verhältnis von nutzbarer Energie zu eingesetzter Energie. Die Differenzen werden als „Verluste“ bezeichnet. Der Wirkungsgrad verdeutlicht die Wirksamkeit von Energieumwandlungen. Ergänze die Rechnung.

Der Wirkungsgrad η (griechisch eta) wird mit folgender Formel berechnet:	$\eta = \frac{\text{genutzte Energie}}{\text{eingesetzte Energie}} \cdot 100\ (\text{in}\,\%)$
Der Gesamtwirkungsgrad wird in zwei Schritten berechnet:	$\eta_1 = \frac{90 \cdot 100}{100}\ \% =$ $\eta_2 =$
Der Gesamtwirkungsgrad beträgt somit	$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 =$

Löse die Aufgaben 5 und 6 in Partnerarbeit oder einer Kleingruppe.

5. Brainstorming: Was fällt euch alles zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) ein?

Kohlenstoffdioxid – CO_2

6. Überlegt, warum nach Alternativen für Kraftstoffe aus Erdöl gesucht wird.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

7. Energie- und Verkehrsprognosen gehen davon aus, dass Automobile auch zukünftig eine wichtige Rolle für die Mobilität spielen werden. Alternative Kraftstoffe werden also zunehmend an Bedeutung gewinnen.

a) Ordne den folgenden Steckbriefen die richtige Kraftstoffart zu.

Dieser Kraftstoff wird aus der Rapspflanze gewonnen. Damit er in serienmäßigen Motoren eingesetzt werden kann, muss er auf chemischem Wege verändert werden. Die Leistungsausbeute des Motors ist dann etwa 10 % geringer. Unvermischt wird dieser Kraftstoff in der Regel nicht eingesetzt. Der Kraftstoff ist nicht CO_2-neutral, er gilt jedoch als nachhaltig, da das bei der Verbrennung entstehende Kohlenstoffdioxid wieder von der Rapspflanze aufgenommen wird.

NAME: _____

Dieser Kraftstoff fällt nicht unter das Mineralölsteuergesetz, daher sind die Kosten nur halb so hoch wie für Benzin. Vor allem der Preis spricht für den Kauf dieses Kraftstoffs, denn CO_2-neutral ist er nicht. Allerdings fallen ca. 20 % weniger CO_2-Emissionen an als bei einem Benzinmotor. Damit der Kraftstoff verwendet werden kann, sind Änderungen im Vergaser und der Einbau eines eigenen Tanks notwendig. Eine Tankfüllung reicht etwa für 400 km. Eine Kopplung mit Dieselmotoren ist nicht möglich.

NAME: _____

Dieser Kraftstoff hat einen fast dreimal höheren Heizwert als Benzin. Beim Vermischen mit dem Luftsauerstoff entsteht ein explosives Gemisch. In einem Fahrzeug kann der Kraftstoff als Medium für Brennstoffzellen oder als direkter Antrieb im Motor genutzt werden. Da ein entsprechender Tank gut isoliert sein muss, ist er recht groß. Der Kraftstoff wird im flüssigen Zustand oder unter sehr hohem Druck transportiert und reicht für ca. 200 km. Seine Verbrennung ist CO_2-neutral, aber das Herstellungsverfahren ist sehr aufwendig.

NAME: _____

Dieser Kraftstoff wird oft mit Benzin gemischt. Für die Herstellung wird der in Pflanzen enthaltende Zucker vergoren. Die Gewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen macht den Kraftstoff zwar CO_2-neutral, aber für den Anbau werden oft Waldflächen gerodet. Zudem wird kritisiert, dass aus Pflanzen Kraftstoff statt Nahrung produziert wird. Die Energiedichte ist geringer als die von Benzin. Damit Autos mit dem Kraftstoff fahren können, wird meist ein teurer Umbau nötig. Eine 5-10%ige Mischung vertragen aber fast alle Autos ohne Umrüstung.

NAME: _____

b) In der folgenden Tabelle sollen verschiedene Kraftstoffe verglichen werden. Informiere dich bei Bedarf im Internet und verwende folgende Bewertungseinteilung:
O gleich, + etwas besser, ++ viel besser, – etwas schlechter, – – viel schlechter

	Benzin	Diesel	Biodiesel	Erdgas	Wasserstoff	Ethanol
Verfügbarkeit/Tankstellen	0					
globale Ressourcen	0					
Wirtschaftlichkeit	0					
CO_2-Emission	0					
Stickstoffoxid-Emission	0					
Partikel	0					
Reichweite	0					

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

4 Moderne Technologien in Verbrennungsmotoren

Info

Ein moderner Hochleistungsmotor in einem Automobil ist noch viel komplexer, als es die dargestellten Prinzipien vermuten lassen. Die Ingenieure arbeiten ständig an Verbesserungen, vor allem aus Umweltschutzgründen (z.B. wegen immer strengerer Abgasvorschriften) und um Rohstoffe einzusparen (z.B. um den Kraftstoffverbrauch zu senken).

1. Was glaubst du: Wo überall im und direkt am Motor kann man optimieren? Beschreibe bei den folgenden Stichworten, was man verbessern könnte und welche Auswirkungen dies hätte.

- Größe →
- Material →
- Oberflächen →
- Brennraum →
- Verdichtungsverhältnis →
- Zündung →
- Gemischbildung →
- Zusammensetzung des Kraft-Luft-Gemischs →

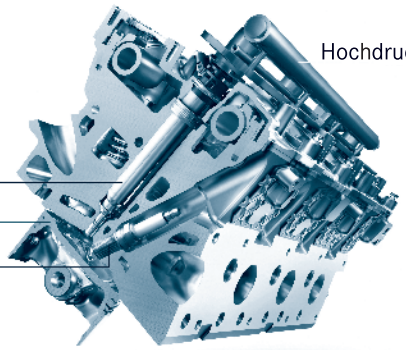
© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013

2. Hier soll ein Bereich exemplarisch herausgehoben und behandelt werden: die Gemischbildung.

Info

Wenn Kraftstoff und Luft vor dem Brennraum gemischt werden, nennt man dies äußere Gemischbildung. Mischt man Kraftstoff und Luft dagegen erst im Brennraum, spricht man von innerer Gemischbildung.
Bei herkömmlichen Ottomotoren wird der Kraftstoff vor dem eigentlichen Brennraum eingespritzt, damit er sich mit der Luft mischen kann; dies ist eine „indirekte" Einspritzung. Im Gegensatz dazu wird in modernen Ottomotoren der Kraftstoff in den Brennraum gespritzt; man nennt dies Benzin-Direkteinspritzung.

Vervollständige den Text mit folgenden Begriffen:
Aktoren, Brennraum, Drehmoment, Einlassventil, Einspritzventilen, feinst zerstäubt, heißen Luft, Hochdruckpumpe, hohe Druck, im Brennraum, Luft, Rail, Sensoren



Bei Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch _____ gebildet. Beim Ansaugtakt strömt durch das geöffnete _____ nur noch _____ . Der Kraftstoff wird mit speziellen _____ direkt in den _____ gespritzt. Dazu benötigt man eine _____ , die den erforderlichen Kraftstoffdruck im _____ (der Hochdruckleitung) aufbaut. Der _____ ermöglicht es, dass der Kraftstoff exakt dosiert und _____ in sehr kurzer Zeit mit der _____ im Brennraum ein Gemisch bildet. Voraussetzung ist eine exakte Steuerung des Einspritzsystems durch_____ und _____ über ein Steuergerät. Ziel der Steuerung ist, das geforderte _____ mit möglichst geringem Kraftstoffverbrauch und möglichst wenig Emissionen zu liefern.

3. Ergänze die Tabelle (recherchiere den Einspritzdruck z.B. im Internet).

	Benzin-Direkteinspritzung	Diesel-Einspritzanlage
Kraftstoff		
Zündung		
Einspritzdruck		
Gemischbildung		

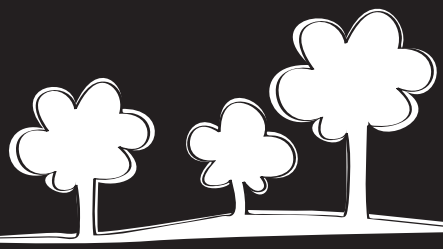
4. Wenn du nun Otto- und Dieselmotor miteinander vergleichst: Was fällt dir auf bezüglich der Entwicklung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten?

_____

_____

_____

© Als Kopiervorlage freigegeben. Genius – Die junge WissensCommunity von Mercedes-Benz, Stuttgart 2013



Klett MINT

Mercedes-Benz AG
Stuttgart, Germany
https://group.mercedes-benz.com/de
www.genius-community.com