

## **Sachinformationen für die Lehrkraft**

### **Technische und historische Perspektiven im Sachunterricht am exemplarischen Beispiel des Ottomotors**

Ein Auto ist heute als Transportmittel nicht mehr aus dem Leben der meisten Menschen wegzudenken und fast jede Familie besitzt ein solches Fortbewegungsmittel, weshalb dieses und auch sein Antrieb ein Bestandteil der täglichen Lebenswelt von Kindern ist. Im Sachunterricht bietet sich im Hinblick auf die technische und historische Perspektive die Erarbeitung der historischen Hintergründe und der Bauteile sowie Funktionsweise des Ottomotors an. Als Differenzierung können auch der Dieselmotor und der Zweitakter betrachtet werden.

#### **Historische Aspekte**

Als Erfinder des Ottomotors gilt Nicolaus August Otto. Er wurde am 14. Juni 1832 in Holzhausen an der Haide im Taunus als Sohn eines Gastwirtes geboren.

Nach der Realschule und einer Lehre zum Kaufmann war Otto zunächst als Handelsvertreter tätig. Neben seiner Tätigkeit interessierte er sich sehr für Ingenieurwissenschaften und begann auf Grundlage einer gasangetriebenen Dampfmaschine ohne Heizkessel zu experimentieren und entdeckte, dass eine Verdichtung des angesaugten Luft-Gas-Gemisches und eine darauffolgende Zündung zu einer Kraftverstärkung führte. Diese Entdeckung führte zum Bau eines Prototypen eines Viertaktmotors. Dieser Viertaktmotor ließ sich erfolgreich starten und das Schwungrad drehte sich ohne Intervention. Damit war für Otto die Einteilung des Prozesses in die vier Takte Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen klar. Nach diesem ersten Prototypen folgten zahlreiche weitere Experimente und Otto arbeitete mit verschiedensten Wissenschaftlern zusammen. 1876 konnte Otto, der Mitbegründer der Gastmotorenfabrik Deutz AG war, einen Viertaktmotor herstellen, der so gut war, dass er sich auf der Pariser Weltausstellung im Jahr 1878 auch gegen die Konkurrenz durchsetzen konnte. Ottos Motor war leiser, geringer im Verbrauch und kompakter als Modelle anderer Hersteller. Nach diesem großen Erfolg wurden durch weitere Verbesserungen immer leistungsstärkere Maschinen gebaut und der Ottomotor ging so in die Geschichte ein.

## Der Ottomotor – Aufbau und Funktionsweise

Als Verbrennungskraftmaschine arbeitet der Ottomotor mit chemischer Energie, die durch die Verbrennung von Kraftstoff in Wärmeenergie und wiederum über einen Kolben in mechanische Energie umgewandelt wird. Konkret wird ein Pkw angetrieben, indem aus Erdöl hergestelltem Treibstoff chemische Energie gewonnen wird, die in einem Hubkolbenverbrennungsmotor in mechanische und zum Teil in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Schematisch lässt sich der Aufbau des Ottomotors im Querschnitt wie folgt darstellen:

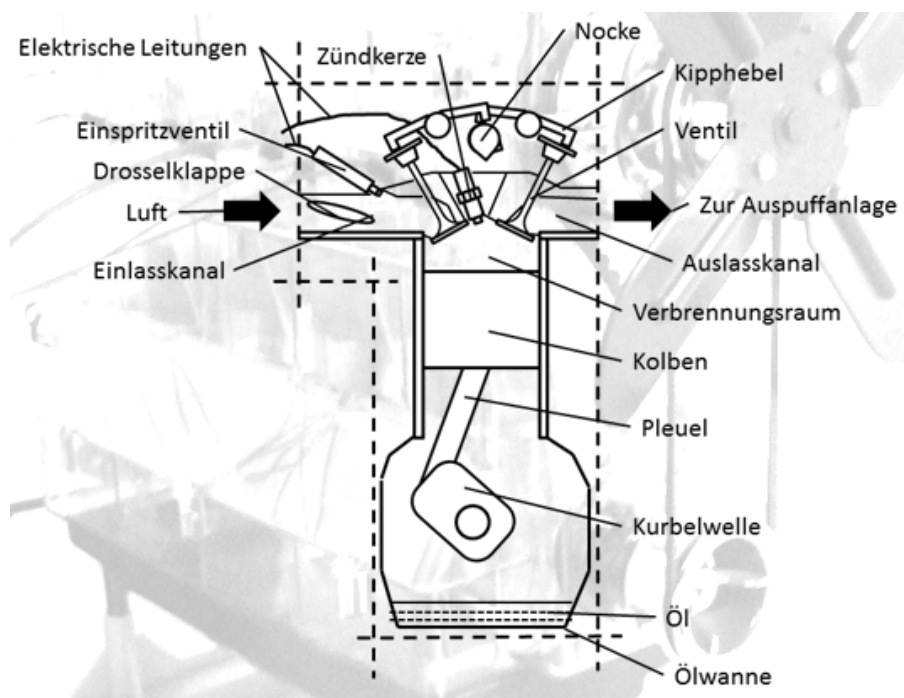


Abb. 1: nach Gscheidle, R. (Hrsg.) (2009): Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik. 29. neubearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel, S. 190.

Der Viertaktmotor benötigt für das Arbeitsspiel vier Takte, weshalb dieser Motor wenigstens vier Zylinder besitzt. Die vier Takte bestehen aus Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen. Während des Arbeitsspiels und des Durchgangs durch alle vier Takte dreht sich die Kurbelwelle zweimal komplett um die eigene Achse.

Der erste Takt Ansaugen dient dazu, den Zylinder mit einem Kraftstoff-Luft-Gemisch zu füllen. Er beginnt mit der indirekten Einspritzung, wenn das Einlassventil geöffnet wird. Der Kolben im Zylinder bewegt sich jetzt vom sog. oberen Totpunkt zum unteren Totpunkt und

infolge dieser Abwärtsbewegung, dem Ansaugen, kommt es zu einer Vergrößerung des Raumes und es entsteht ein Unterdruck. Dieser Unterdruck bewirkt, dass das Kraftstoff-Luft-Gemisch durch das Einlassventil in die Brennkammer strömt. Der Fahrer eines Pkw steuert die Gemischmenge über die sog. Drosselklappe, da er beim Treten des Gaspedals diese Klappe öffnet. Der erste Takt ist beendet, wenn der Kolben den unteren Totpunkt knapp überschritten hat und sich das Einlassventil durch die Abstimmung in der Motorsteuerung nun schließt.

Beim Verdichten handelt es sich um den zweiten Takt, bei welchem sowohl das Einlass- als auch das Auslassventil geschlossen ist, damit kein Kraftstoff-Luft-Gemisch entweichen kann. Der Kolben bewegt sich jetzt in Richtung oberer Totpunkt, was eine Verringerung des Volumens zur Folge hat. Durch diesen Verdichtungsprozess kommt es zu einem Druckanstieg von ca. zehn bis 16 bar, wodurch sich das Gemisch auf ca. 350 bis 450°C erwärmt und der Druck noch weiter steigt. Dieser Vorgang bewirkt, dass das Gemisch verdampft und so seinen Aggregatzustand ändert, was zu einer noch besseren Vermischung mit der Luft führt. Insgesamt führt die Verdichtung im zweiten Takt dazu, dass aufgrund des Druckes der Kraftstoff weiter vergast wird und gut mit der Luft durchmischt wird, was für den dritten Takt den Vorteil bringt, dass die Verbrennung schnell und vollständig ablaufen kann.

Im Arbeitstakt als drittem Takt findet die Verbrennung des Kraftstoffes statt. Dieser Verbrennungsvorgang führt dazu, dass ein Überdruck aufgebaut wird, welcher wiederum den Kolben in Richtung unterer Totpunkt drückt. Der Start des Taktes liegt bei der maximalen Verdichtung, also kurz vor dem oberen Totpunkt. Die chemisch-physikalische Reaktion der Zündung wird durch einen Funken ausgelöst, welcher durch die Zündkerze initiiert wird. Die Entzündung des Gemisches führt zu einem raschen Anstieg des Druckes auf ca. 30 bis 50 bar und die Temperatur erhöht sich ebenfalls kurzfristig auf 2.500°C. Den Zeitpunkt für die Zündung steuert die Zündanlage, die idealerweise so eingestellt ist, dass der Höchstdruck der Verbrennung kurz nach dem oberen Totpunkt erlangt wird. In dieser Ideal-konstellation wird der Kolben mit dem größten Wirkungsgrad nach unten in Richtung unterer Totpunkt gedrückt. Aus Wärmeenergie wird damit mechanische Energie.

Als vierter Takt wird der Ausstoßtakt bezeichnet. Er dient dazu, die verbrannten Gase aus dem Verbrennungsraum auszustoßen. Nachdem der eigentliche Verbrennungsvorgang und die Arbeitsphase beendet ist, wird das Auslassventil bereits kurz vor dem unteren Totpunkt geöffnet. Durch die drei bis fünf bar Druck, der noch aus der Arbeitsphase in der Brennkammer herrscht, wird die Entweichung des überwiegenden Teils der Abgase aus dem

Zylinder ermöglicht. Die Aufwärtsbewegung des Kolbens bewirkt, dass die verbliebenen Rückstände der Gase aus dem Hub- und Verdichtungsraum gedrückt werden. Zusätzlich wird der Entlüftungsvorgang durch die kurzzeitige gleichzeitige Öffnung des Einlass- und Auslassventils optimiert, da so frische Luft in den Zylinder einströmen kann. Außerdem wird der Hub- und Verdichtungsraum so gekühlt.

Nach dem Ausstoßvorgang des vierten Taktes beginnt das gesamte Arbeitsspiel, also die Geschehnisse während der vier Takte, von vorne.

### **Der Dieselmotor**

Dieser Motor geht auf seinen Erfinder Rudolf Diesel zurück und wurde im Jahre 1897 gebaut. Der Aufbau ist dem des Ottomotors sehr ähnlich. Ein Unterschied liegt im Bereich der Kraftstoffanlage, da diese komplexer als beim Ottomotor gestaltet ist. Sie benötigt eine Einspritzanlage, eine Kraftstoffförderpumpe, einen Filter für den Kraftstoff sowie eine Hochdruckeinspritzanlage. Eine Spritzanlage dieser Art ist von Nöten, da beim Dieselmotor der Kraftstoff direkt in die Brennkammer durch Einspritzen eingebracht wird. Bei den Einspritzanlagen werden Verteilereinspritzpumpen, die Common-Rail-Einspritzung und das Pumpe-Düse-Einspritzsystem unterschieden, die die Aufgabe haben, den Kraftstoff mit hohem Druck fein zerstäubt zur richtigen Zeit in die Brennkammer des Zylinders einzuspritzen. Zusätzlich besitzt der Dieselmotor ein Aufladesystem sowie einen Abgasturbolader, eine Ladeluftkühlung und vor allem eine Kaltstarteinrichtung in Form einer Vorglühlampe als Elemente, die der Ottomotor nicht aufweist. Ein weiterer wesentlicher Unterschied liegt im Verbrauch, da der Dieselmotor um bis zu 30 Prozent weniger Kraftstoff als ein Ottomotor verbraucht.

Die Arbeitsweise des Dieselmotors ist der des Ottomotors sehr ähnlich. Es existieren vier Takte und ein Arbeitsspiel, welches zwei vollständige Umdrehungen der Kurbelwelle, also 720° umfasst.

### **Der Zweitaktmotor**

Im Unterschied zum Otto- und Dieselmotor durchläuft der Zweitaktmotor nur zwei Takte und sein Arbeitsspiel benötigt eine volle Umdrehung der Kurbelwelle, also 360°.

Der Zweitaktmotor besteht aus Motorgehäuse, Kurbeltrieb, Gemischbildung und verschiedenen Hilfseinrichtungen und ist damit dem Aufbau der anderen beiden

Motorenarten ähnlich. Er benötigt jedoch keine Ventile, da der Kolben und die Zylinderwandschlitze das Einströmen und Ausströmen der Gase regeln. Ebenso werden keine Nockenwelle, Kipphebel und eine Motorsteuerung gebraucht.

Wie Otto- und Dieselmotor arbeitet der Zweitaktmotor in den o. g. vier Phasen. Die zeitlichen und räumlichen Abläufe differieren jedoch.

#### Verwendete Literatur:

- Blumhagen, T. et al. (Hrsg.) (2011): Kraftfahrzeug-Mechatronik Lernfelder. Stuttgart: Holland + Josenhans.
- Grohe, H. (1987): Otto- und Dieselmotoren. Arbeitsweise, Aufbau und Berechnung von Zweit-akt- und Viertakt-Verbrennungsmotoren. Würzburg: Vogel Buchverlag.
- Gscheidle, R. (Hrsg.) (2009): Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik. 29. neubearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.
- Kruse, D. (2006): Automobiltechnik kompakt. Braunschweig: Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- Liebe, B. (1976): Ansprache des Vorsitzenden des Vorstandes der Klöckner-Humboldt-Deutz AG. In: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (1976): 100 Jahre Viertakt-Ottomotor. Festveranstaltung der VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik Köln 26.-28. April 1976. Köln: VDI.
- Mollenhauer, K. (2002): Handbuch Dieselmotoren. Heidelberg: Springer.
- Schelkle, F. (1974): Der Kfz-Handwerker. Vorbereitung zur Facharbeiter-, Gesellen- und Meisterprüfung. Kraftfahrzeugtechnik in Frage und Antwort. Fachrechnen. Stuttgart: Holland & Josenhans.
- Seherr-Thoß, Hans Christoph Graf von (1998): „Otto, Nicolaus August“. In: Neue Deutsche Biographie 19 (1998), S. 700-702 [Onlinefassung]; URL: <http://www.deutschebiographie.de/pnd118590855.html> (Stand: 15.09.2013).

## **Fachdidaktische Informationen**

Technik begeistert Kinder und so kann der Aufbau und die Funktionsweise des Ottomotors dazu genutzt werden, Abläufe und Bewegungen näher zu untersuchen und Vermutungen zu dahinterstehenden Mechanismen anzustellen.

Kinder können auf diese Weise an technische, naturwissenschaftliche, physikalische und historische Sachverhalte spielerisch herangeführt werden. Das Ausprobieren im Rahmen von Stationen weckt Interesse an zugrundeliegenden Mechanismen. Durch dieses Lernen durch Selbsttätigkeit werden Grundlagen für weitere Lernprozesse im Bereich von Technik und Geschichte gelegt.

Die Unterrichtseinheit zum Thema Ottomotor bietet die Möglichkeit in Anlehnung an den Perspektivrahmen der GDSU 2013 an den folgenden Kompetenzen zu arbeiten:

### *Schülerinnen und Schüler können*

- die Notwendigkeit der Evidenzprüfung durch Anwendung technischer Verfahren erkennen
- aus technischen Phänomenen sinnvolle Fragen ableiten
- einfache Versuche zur Überprüfung bzw. zur Widerlegung von Vermutungen durchführen
- komplexere Versuche nach Anleitung zunehmend selbständig durchführen und auswerten
- Widersprüche und Unstimmigkeiten beim Untersuchen von historischen Sachverhalten erkennen, verständlich sprachlich darstellen und bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse berücksichtigen

### **Zum Bereich „Technik und Arbeit erkunden und analysieren“:**

#### *Schülerinnen und Schüler können*

- einfache mechanische Gegenstände (z. B. Luftpumpe) untersuchen und ihre Funktionsweise erkennen (z. B. das Pumpprinzip bei der Luftpumpe)
- technische Funktionen und Herstellungsprozesse vor Ort bzw. anhand von Filmen oder Abbildungen erkunden und analysieren (z. B. Funktionsweisen von Motoren)
- technische Entwicklungen und Arbeitsabläufe analysieren und vergleichen (z. B. die Entwicklung des Ottomotors ausgehend von der gasangetriebenen Dampfmaschine nachvollziehen)

### **Zum Bereich „Technik kommunizieren“:**

*Schülerinnen und Schüler können*

- Ideen für technische Lösungen, Konstruktionsergebnisse und Funktionszusammenhänge unter Nutzung von Sprache, Zeichnungen oder Demonstrationen verständlich vermitteln, diskutieren und dokumentieren (z. B. durch Skizzen, Sachzeichnungen, Beschreibungen, Abbildungen, Fotos)
- zu technischen Gegenständen, Entwicklungen und Erfindungen Informationen recherchieren und die Ergebnisse mitteilen

### **Zum Bereich „Historische Methoden aneignen und anwenden“:**

*Schülerinnen und Schüler können*

- Untersuchungen sachorientiert durch Betrachten, Beobachten, Vergleichen, Benennen, Beschreiben durchführen
- Beobachtungen miteinander vergleichen und dabei zunehmend sachbezogene Merkmale benutzen
- Materialien und Gegenstände nach ausgewählten Eigenschaften klassifizieren und ordnen
- Aus Quellen und Darstellungen Informationen entnehmen, die für die Beantwortung einer spezifischen historischen Frage wichtig sind

### **Zum Bereich „Orientierung in der historischen Zeit“:**

*Schülerinnen und Schüler können*

- Eine Zeitleiste erstellen und historische Ereignisse auf dieser Zeitleiste einordnen
- lineare Zeitvorstellungen (historische Zeit) verstehen und angemessen anwenden

Verwendete Literatur:

GDSU (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.