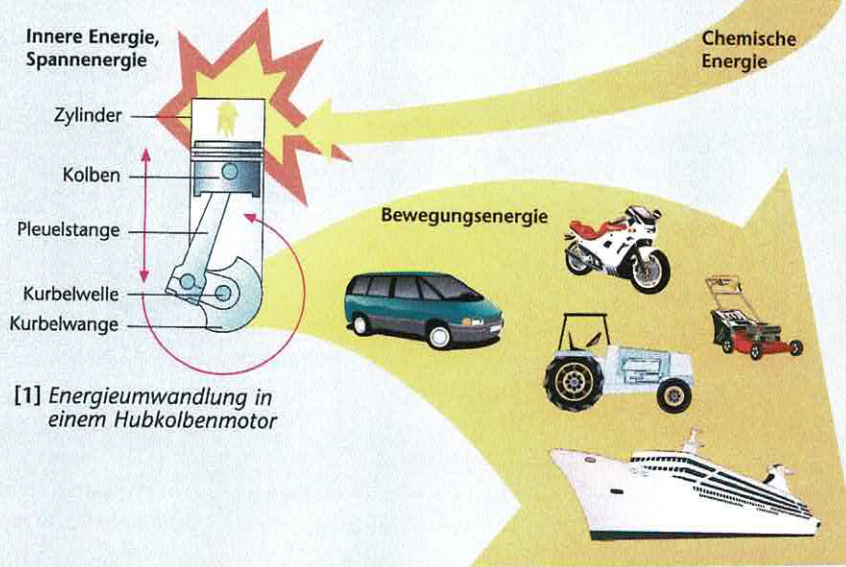




# Verbrennungsmotoren



[1] *Energieumwandlung in einem Hubkolbenmotor*

**N**IKOLAUS AUGUST OTTO stellte 1876 den Einzylinder-Viertakt-Verbrennungsmotor der Öffentlichkeit vor. Als Kraftstoff diente Gas aus der städtischen Gasleitung. CARL BENZ verwirklichte 1885 die Idee, den Viertakt-Motor mit Benzin anzutreiben und in ein Fahrzeug einzubauen. Damit begann die rasante Entwicklung der Automobile. 1897 hatte RUDOLF DIESEL aus dem Viertakt-Verbrennungsmotor einen Hochdruck-Verbrennungsmotor mit größerem Wirkungsgrad entwickelt. In all diesen **Hubkolbenmotoren**

## Gasdruck im Verbrennungsmotor

Wenn man Gase erhitzt, steigt ihr Druck. Dieser Gasdruck bewegt alle Hubkolbenmotoren.

Im **Ottomotor** drückt der Kolben das Benzin-Luft-Gemisch z. B. auf ein Dreizehntel des ursprünglichen Volumens zusammen. Man sagt, das **Verdichtungsverhältnis** dieses Motors ist 13:1. Durch das Verdichten erwärmt sich das Gemisch, es entsteht ein hoher Druck, der **Kompressionsenddruck**. Im Moment der größten Verdichtung erfolgt die Zündung. Bei der explosi-

verbindet eine **Pleuelstange** den **Kolben** mit der **Kurbelwelle** und wandelt die Hin- und Herbewegung in eine Kreisbewegung um [1].

## Die Vorgänge im Viertaktmotor

Die Vorgänge im Viertakt-Ottomotor und im Viertakt-Dieselmotor sind fast gleich. Beim **Ottomotor** wird ein Benzin-Luft-Gemisch angesaugt und nach dem Verdichten durch

einen elektrischen Funken gezündet. Beim **Dieselmotor** [3] wird nur Luft angesaugt und verdichtet. In die verdichtete, heiße Luft wird Kraftstoff eingespritzt. Er entzündet sich selbst. Die Verbrennungsgase stehen wegen der Hitze unter hohem Druck, dehnen sich aus und drücken den Kolben mit großer Kraft nach unten. Die Spannenergie, die im zusammengedrückten Gas steckt, wird so über Beschleunigungsarbeit in Bewegungsenergie umgewandelt.

Da Dieselmotoren durch größeren Druck höheren Belastungen ausgesetzt sind, müssen sie stabiler gebaut werden. Das erhöht ihr Gewicht. Andererseits hat ein Dieselmotor einen höheren Wirkungsgrad und hält länger als ein Ottomotor.

## Katalysator und Rußfilter

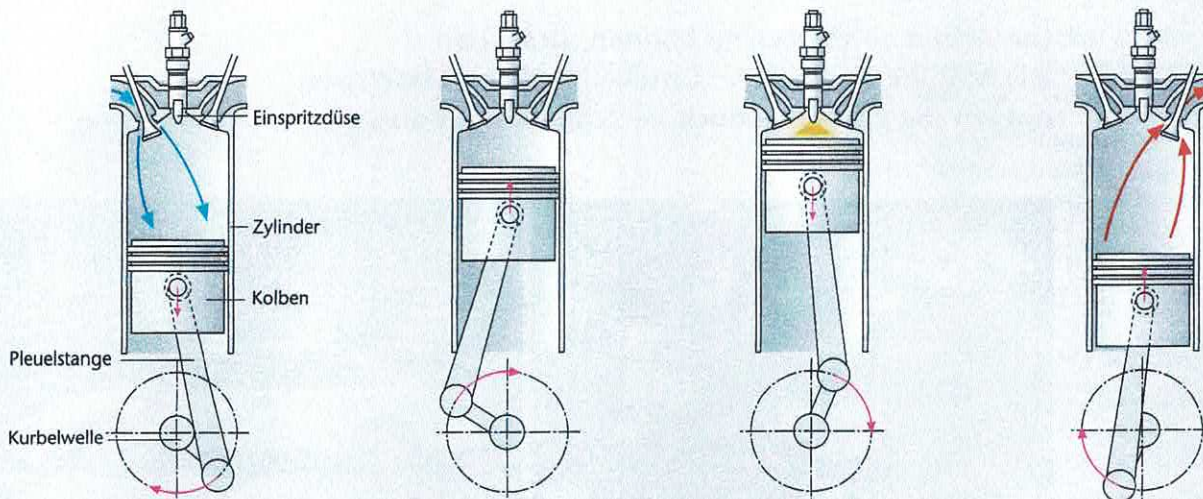
Im Verbrennungsmotor wird chemische Energie in Wärme und nachfolgend in Bewegungsenergie umgewandelt [1]. Beim Verbrennen des Kraftstoffs entstehen neben Wasser und Kohlenstoffdioxid auch giftige Schadstoffe, wie Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffoxide und Koh-

[2]

	Ottomotor	Dieselmotor
Verdichtungsverhältnis	7:1 – 13:1	14:1 – 24:1
Kompressionsendtemperatur	300 – 600 °C	600 – 900 °C
Kompressionsenddruck	1 – 2 MPa (10 – 20 bar)	4 – 6 MPa (40 – 60 bar)
Verbrennungsdruck	bis 8 MPa (bis 80 bar)	bis 17 MPa (bis 170 bar)

onsartigen Verbrennung des Gemisches entsteht eine Temperatur von bis zu 2000 °C und ein **Verbrennungsdruck** von bis zu 80 bar. Dieser hohe Druck bewegt den Kolben im Zylinder.

Der Dieselmotor hat ein höheres Verdichtungsverhältnis und eine höhere Kompressionsendtemperatur. Dadurch entzündet sich der eingespritzte Kraftstoff von selbst.



**1. Ansaugtakt:** Das Auslassventil ist geschlossen, das Einlassventil ist geöffnet. Der Kolben bewegt sich im Zylinder nach unten und saugt dabei Luft an.

**2. Verdichtungstakt:** Beide Ventile im Zylinder sind geschlossen. Der Kolben bewegt sich nach oben und verdichtet die Luft bis auf ein Zwanzigstel ihres Volumens. Dabei erhitzt sie sich auf bis zu 900 °C und erreicht einen Druck von bis zu 6 Millionen Pascal (60 bar).

**3. Arbeitstakt:** Beide Ventile sind geschlossen. Sobald der Kolben den höchsten Punkt überschritten hat, wird der Dieselkraftstoff durch die Einspritzdüse in die erhitzte Luft gespritzt. Er entzündet sich von selbst. Die heißen Verbrennungsgase drücken den Kolben nach unten.

**4. Auspufftakt:** Wenn der Kolben den tiefsten Punkt erreicht hat, öffnet sich das Auslassventil, und die Abgase werden durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens aus dem Zylinder gedrückt. Nun beginnen die vier Takte von neuem.

[3] Der Viertakt-Dieselmotor arbeitet im Viervierteltakt.

lenwasserstoffe. Beim Ottomotor ist dieser Anteil im Vergleich zum Dieselmotor deutlich größer. Durch einen **Katalysator** kann man sie aber in weniger gefährliche Abgase umwandeln. Dieselmotoren stoßen besonders viele gesundheitsschädliche Rußpartikel aus. Mit **Rußfiltern** [4] kann man dies verhindern. Umweltbewusste Fahrer rüsten ihre Dieselfahrzeuge mit Rußfiltern aus.

#### Vier Takte und vier Zylinder

Beim Viertaktmotor, egal ob „Benziner“ oder „Diesel“, gibt es nur

einen Takt, bei dem Wärme erzeugt und Arbeit verrichtet wird, den dritten Takt [3]. Die drei anderen Takte sind „arbeitslos“. Bei einem Vierzylinder-Viertaktmotor sind die vier Zylinder so aufeinander abgestimmt, dass immer ein Zylinder arbeitet, während die anderen ansaugen, verdichten oder ausstoßen.

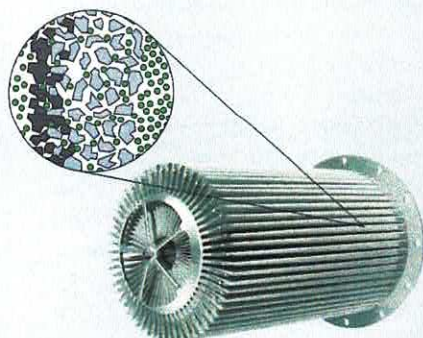
Die Leistung eines Verbrennungsmotors wird hauptsächlich durch seinen **Hubraum** bestimmt. Je größer das Volumen der Zylinder ist, desto mehr Kraftstoff kann darin verbrennen und Energie erzeugen. Der Hubraum ist das Volumen aller Zylinder zusammen. Bei einem Zweiliter-Vierzylinder-Motor hat der einzelne Zylinder ein Volumen von 0,5 Liter. Der Motor bringt eine Leistung von etwa 100 Kilowatt.

#### Zweitakter – einfach und leicht

Neben dem Viertaktmotor gibt es auch den „Zweitakter“. In ihm werden die Vorgänge des Ansaugens, Verdichtens, Arbeitens und Ausstoßens in zwei Kolbenhüben (Takten) zusammengefasst. Zweitaktmotoren werden wegen ihres einfachen Auf-

baus und ihres geringen Gewichts z. B. in Zweirädern verwendet [5]. Als Kraftstoff dient ein Benzin-Öl-Gemisch, das gleichzeitig die bewegten Teile schmiert.

Ein Nachteil des Zweitaktmotors ist, dass im Zylinder auch das Öl des Kraftstoffgemisches verbrennt. Die Abgase enthalten dadurch mehr gesundheitsschädliche Stoffe als beim Viertaktmotor. Deshalb baut man meistens nur kleine Motoren als Zweitakter, die ohnehin nur wenig Abgas erzeugen.



[4] Rußfilter entfernen Rußpartikel, an denen gesundheitsschädliche Stoffe haften.



[5] Mofas und Motorroller werden oft mit Zweitaktmotoren gebaut.