

Wärmekraftmaschinen

WÄRMELEHRE

Überblick über Wärmekraftmaschinen

Das Wichtigste auf einen Blick

Wärmekraftmaschinen erleichtern uns an vielen Stellen im Alltag das Leben.

Die Dampfmaschine war die erste wichtige Wärmekraftmaschine.

Der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen ist begrenzt.

In unserem täglichen Leben sind wir es gewohnt die verschiedensten Arbeiten durch Geräte bzw. Maschinen verrichten zu lassen. Dabei denken wir meist nicht darüber nach, welche Anstrengung es für uns bedeuten würde, wenn wir die Geräte bzw. Maschinen mit Hilfe unserer Muskelkraft bedienen müssten.

Notwendigkeit von Maschinen

Sehr lehrreich ist hier ein "Energie-Fahrrad" wie es z.B. im Deutschen Museum in München zu finden ist. Zum Betrieb eines Transistorradios reicht eine Leistung von ca. 6W, zum Betrieb einer Glühlampe muss der Radler schon 60W leisten. Damit der Fernseher in Betrieb geht, braucht man schon eine Leistung von ca. 200W (was auf Dauer für einen Ungeübten nur schwer durchzuhalten ist) und zum Erwärmen von Wasser mit einem Tauchsieder ist eine Leistung im Kilowatt-Bereich aufzubringen, was der Normalbürger, wenn überhaupt, dann nur für ganz kurze Zeit schafft.

Nutzung von Tieren, Wind und Wasser

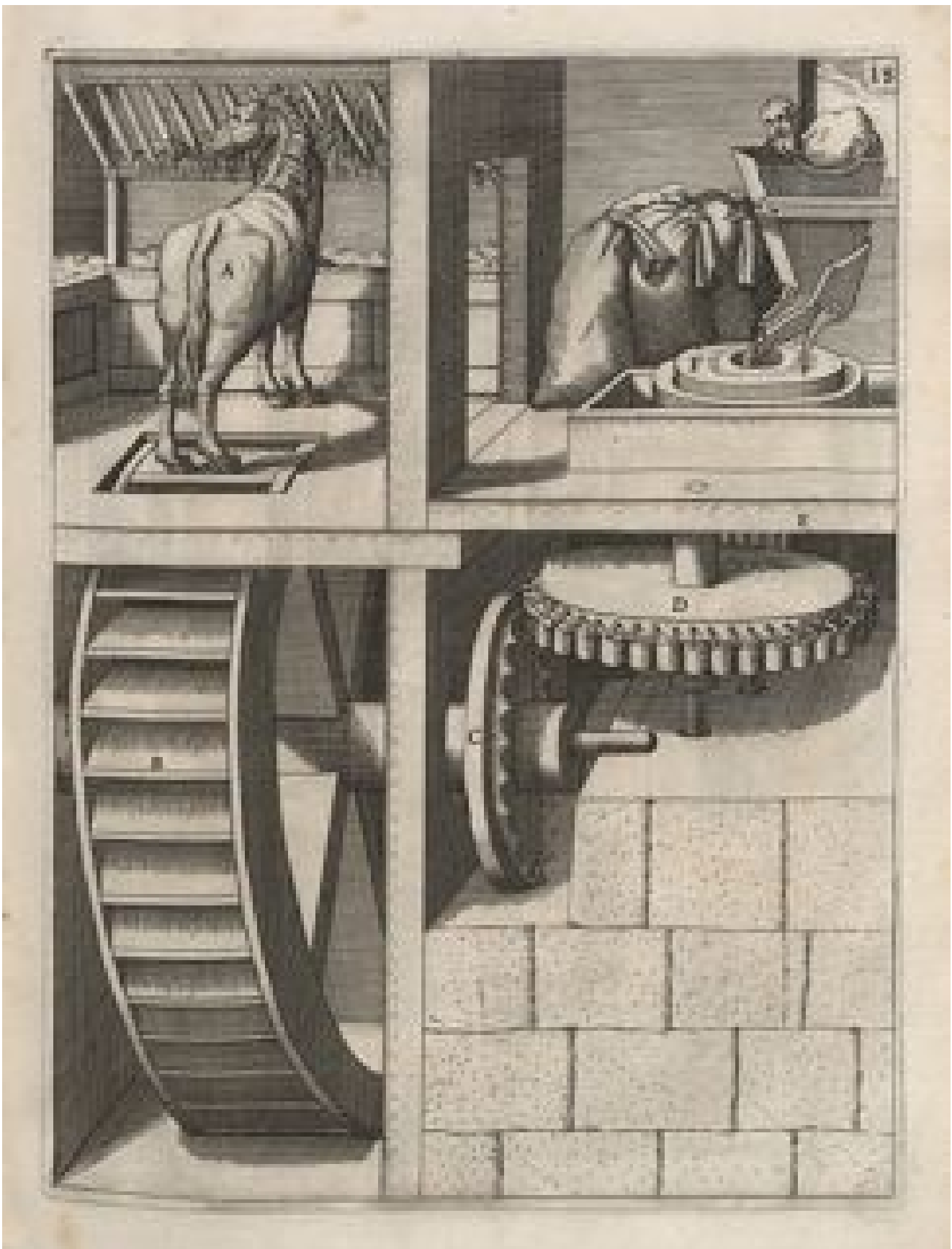


Abb. 1 Pferdebetriebenes Mühlrad

Georg Andreas Böckler, 1661 [Public domain],

via Wikimedia Commons

Vor ein paar Jahrhunderten war es durchaus üblich, dass Hebewerkzeuge, Getreidemühlen oder Hammerwerke in Schmieden durch Menschen oder Tiere angetrieben wurden (siehe das von einem Pferd betriebene Mühlrad im Bild).

Um der täglichen Schinderei auszukommen, ersannen die Menschen schon sehr früh Apparaturen, welche die "Kraft des Wassers" bzw. die "Kraft des Windes" ausnutzten. Mit solchen Apparaturen konnten auch deutlich größere Kräfte aufgebracht werden, als mit Tieren. Wenn Du dich hierüber näher informieren willst, so gehe zu den Seiten "**Geschichte der Wasserkraft**" und "**Geschichte der Windenergie**".

Zu Beginn des 18. Jahrhunderts erfuhr in England durch die Erfindung mechanischer Webstühle die Fertigung von Stoffen aus Baumwolle einen enormen Aufschwung. Es entstanden erste Fabriken deren Maschinen zunächst durch die kinetische Energie des fließenden Wassers

betrieben wurden. Allerdings stockte bei Wasserknappheit die Produktion und der Auswahl des Standorts der Fabrik waren durch den Wasserbedarf enge Grenzen gesetzt. Eine weitere Entwicklung, die wiederum in England besonders ausgeprägt war, stellte der Aufschwung des Kohlebergbaus dar. Zur Abdeckung des Kohlebedarfs mussten immer tiefere Schächte gebohrt werden und bei diesen bestand die Gefahr, dass sie ständig mit Grundwasser voll liefen. Bei manchen Bergwerken waren von 1000 Bergleuten 600 Wasserknechte, die mit Eimern dafür sorgen mussten, dass das Wasser aus den Stollen befördert wurde. Aus diesen Gründen wird verständlich, dass man in England nach Antriebs- und Pumpmaschinen suchte, die nicht vom fließenden Wasser oder vom vielleicht wehenden Wind abhängig waren. Dabei besann man sich auf die **"treibende Wirkung des Wasserdampfes"** der bereits **zu Zeiten Herons** (ca. 100 n. Chr.) bekannt war.

Entwicklung der Dampfmaschine

Auf der **Seite über die Dampfmaschine** kannst Du - stark vereinfacht dargestellt - die Entwicklung der Dampfmaschine über Denis Papin (1690), Thomas Newcomen (1711) und den genialen James Watt (1768) verfolgen. Man bezeichnete die Dampfmaschine als **Wärmekraftmaschine** (besser wäre eigentlich der Begriff "Wärmearbeitsmaschine"). Bei ihr wird die innere Energie des heißen Dampfes in mechanische Energie gewandelt. Eine Dampfmaschine kann dabei an einem beliebigen Ort aufgebaut und mit geringem Aufwand immer genutzt werden. Sie benötigt nur eine bestimmte Menge an Wasser und Brennstoff für ein Feuer. Die Umwandlung der inneren Energie des Dampfes in mechanische Energie geht jedoch leider nicht vollständig: Bei jeder- auch noch so schlaue konstruierten - Wärmekraftmaschine entsteht Abwärme, welche aufgrund des Energieerhaltungssatzes natürlich die bereitgestellte mechanische Energie mindert. Nur etwa 10-15% von der zugeführten Wärme werden von der Dampfmaschine in mechanische Arbeit umgewandelt. Das **physikalische Grundprinzip einer Wärmekraftmaschine** kann in einem einfachen Versuch dargestellt werden.

Auslöser der industriellen Revolution

Trotz des geringen Wirkungsgrades erlebte die Dampfmaschine nach deren Vervollkommnung durch Watt eine sehr schnelle Verbreitung. Sie wurde zur Entwässerung von Schächten bei der Kohleförderung und als Zug- und Antriebsmaschine in der Industrie (besonders in der Textilindustrie) und im Transportwesen (Dampflokomotive, Dampfschiff) eingesetzt. Ab 1866 diente sie auch als Antriebsmaschine für die von Siemens erfundenen Generatoren zur Stromerzeugung. Die Einführung der Dampfmaschine löste maßgeblich die sogenannte **"Industrielle Revolution"** aus. Mit ihr war eine gravierende Veränderung der Arbeitswelt (Fabriken statt Kleinbetrieb) und der sozialen Verhältnisse verknüpft. Mit der Einführung der Dampfmaschine begann aber auch der radikale Abbau von Kohle, die in Jahrmillionen gebildet und nun in einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne "verheizt" wurde. Der Klimawandel nahm hier seinen Anfang. Die **Erfindung der Dampfturbinen** (Wirkungsgrad um 50%) und der **Benzin-Verbrennungsmotoren** leiteten das Ende der "Dampfmaschinen-Zeit" ein.

Verständnisaufgabe

Beschreibe die Vorteile von einer Wärmekraftmaschine wie z.B. der Dampfmaschine gegenüber dem Einsatz von Tieren und zuvor genutzten Antriebsmaschinen.

Lösung einblenden

Weiterführende Artikel

>

Wärmekraftmaschine, Kältemaschine und Wärmepumpe

Das Wichtigste auf einen Blick

Wärmekraftmaschinen (z.B. Dampfmaschine oder Benzinmotor) nutzen Temperaturdifferenzen aus, um hiermit Arbeit \dot{W} zu verrichten. Dabei fließt eine Wärmemenge Q von einem Reservoir höherer Temperatur in ein Gebiet mit niedrigerer Temperatur.

Kältemaschinen (z.B. Kühlschrank) und Wärmepumpen verrichten Arbeit \dot{W} , um eine Wärmemenge Q von niedrigem auf ein höheres Energieniveau zu transportieren.

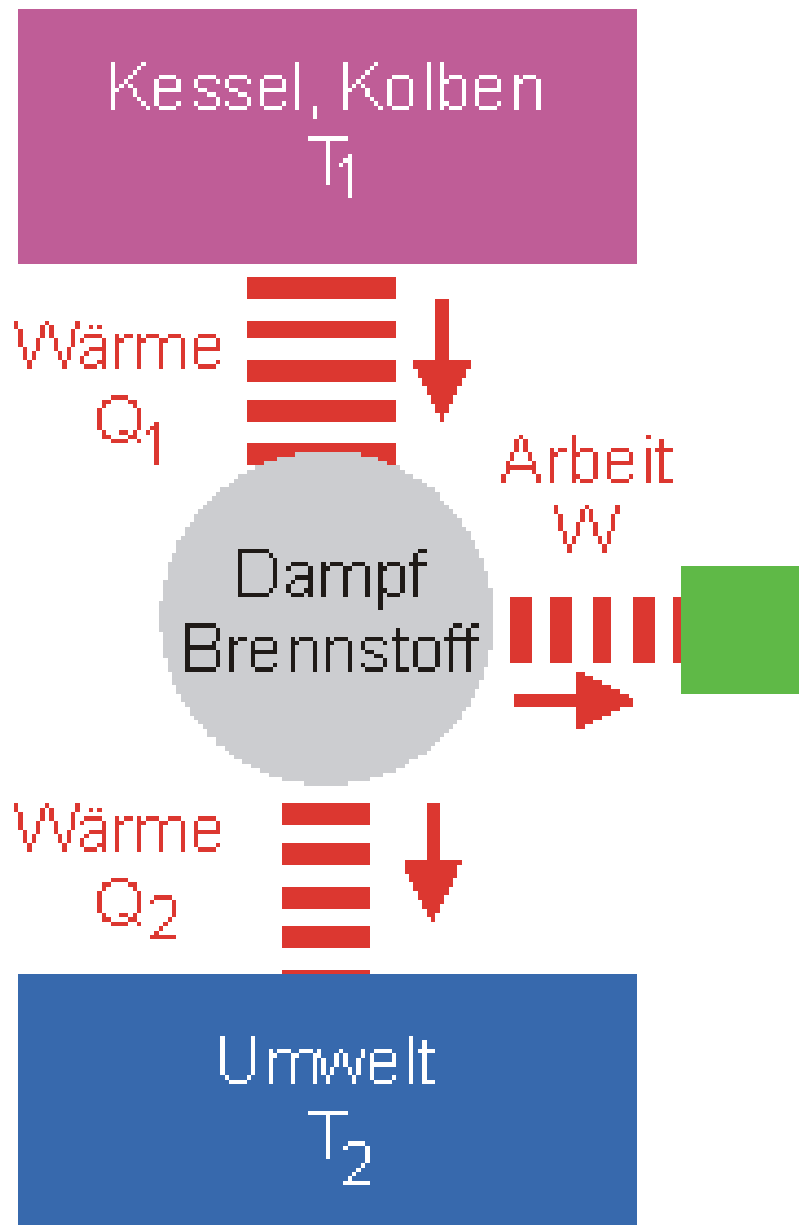
Verbrennungsmotoren als typisches Beispiel



Typische Beispiele für Wärmekraftmaschinen sind Dampfmaschinen oder Verbrennungsmotoren, egal ob Benzin- oder Dieselmotor, Zwei- oder Viertakter. Wärmekraftmaschinen dienen dazu, mechanische Arbeit zu leisten. Um dies zu erreichen, nutzen Wärmekraftmaschinen immer eine Temperaturdifferenz ΔT zwischen zwei unterschiedlichen Reservoirs und das Bestreben von Wärme aus, vom Reservoir höherer Temperatur zum Reservoir mit niedrigerer Energie zu fließen. Die Reservoirs können dabei z.B. der Dampfkessel und die Umwelt sein.

Funktionsweise

Das Funktionsprinzip kannst du allgemein folgendermaßen beschreiben: Durch die Abkühlung des heißen Reservoirs der Temperatur T_1 kann mechanische Arbeit W verrichtet werden. Dabei wird jedoch die dem heißen Reservoir entzogene Wärmeenergie Q_1 nicht vollständig in mechanische Arbeit W umgewandelt. Ein Teil, nämlich die Wärmemenge Q_2 wird als Abwärme an das kältere Reservoir mit der Temperatur T_2 abgegeben und erwärmt dieses.



Wirkungsgrad



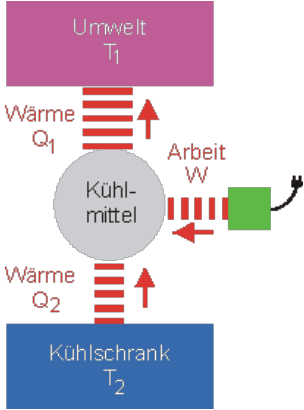
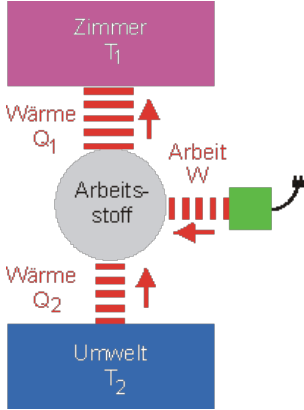
Eine wirkungsvolle (effiziente) Wärmekraftmaschine wandelt einen möglichst großen Teil der Wärmeenergie Q_1 in mechanische Arbeit W um. Mathematisch kannst du dies mithilfe des sog. Wirkungsgrads η beschreiben. Bei Wärmekraftmaschinen ist

$$\eta = \frac{\text{nutzbare Arbeit}}{\text{aufzuwendende Wärmemenge}} = \frac{W}{Q_1}$$

Dabei gilt grundsätzlich, dass periodisch arbeitende Wärmekraftmaschinen die zugeführte Wärmemenge Q_1 nicht vollständig in mechanische Arbeit umwandeln können. Es entsteht immer Abwärme. Daher ist bei einer Wärmekraftmaschine immer $\eta < 1$.

Kältemaschine und Wärmepumpe

Bei Kältemaschinen und Wärmepumpen laufen die Prozesse in umgekehrter Richtung ab. Durch das Verrichten von Arbeit wird Wärme von einem kalten zu einem warmen Reservoir transportiert.

Kältemaschine (Kühlschrank, Klimaanlage)	Wärmepumpe
	
<p>Ziel: Von einem kalten Reservoir der Temperatur T_2 soll eine Wärmemenge Q_2 abtransportiert werden. Dazu ist die mechanische Arbeit W nötig. Dieser Prozess ist stets mit der Wärmezufuhr Q_1 an ein wärmeres Reservoir (Temperatur T_1) verbunden.</p>	<p>Ziel: Die Temperatur T_1 eines Zimmers soll erhöht werden indem ihm die Wärmemenge Q_1 zugeführt wird. Dazu ist die mechanische Arbeit (W) notwendig, die dem kälteren Reservoir der Temperatur T_2 (der Umwelt) Wärme entzieht und zum warmen Reservoir transportiert.</p>
	
<p>Nutzenergie: Q_2</p> <p>Aufzuwendende Arbeit: W</p> $\eta = \frac{Q_2}{W}$	<p>Nutzenergie: Q_1</p> <p>Aufzuwendende Arbeit: W</p> $\eta = \frac{Q_1}{W}$

Weiterführende Artikel

🔧 Versuche/Erarbeiten

Prinzip einer Wärmekraftmaschine

Wirkungsgrad Esbitkocher

>

Viertakt-Ottomotor

Das Wichtigste auf einen Blick

Die 4 Takte sind: **Ansaugen, Verdichten, Arbeiten, Auspuffen**

Mehrere Zylinder eines Motors laufen versetzt. Ziel ist, dass immer ein Zylinder gerade im Arbeitstakt ist.

Der Wirkungsgrad eines Ottomotors liegt im Idealfall bei $\eta = 35\%$, meist jedoch deutlich darunter.

Ottomotoren die nach dem sogenannten Viertakt-Prinzip arbeiten, sind weit verbreitet. Nahezu jeder Verbrennungsmotor in einem Lkw, Pkw oder Motorrad funktioniert nach diesem Prinzip. Besonders anschaulich kann dieses Prinzip am häufig genutzten Hubkolbenmotor gezeigt werden.

Typischer Aufbau

Über das Einlassventil kann Brennstoff von oben in den Brennraum des Zylinders gelangen.

Daneben befindet sich, mit der Spitze im Brennraum, die Zündkerze (nur beim Bezinmotor nötig). Diese entzündet den Brennstoff im Brennraum.

Nach unten ist der Brennraum von einem Kolben (Zylinderkolben) luftdicht abgeschlossen. Der Kolben ist über die Pleuelstange mit der Pleuelstange mit der Pleuelstange und Kurbelwelle nicht mittig auf der Drehachse der Kurbelwelle, sondern versetzt. Dies führt dazu, dass die Kurbelwelle gedreht wird, wenn der Kolben nach unten gedrückt wird bzw. die Kurbelwelle durch

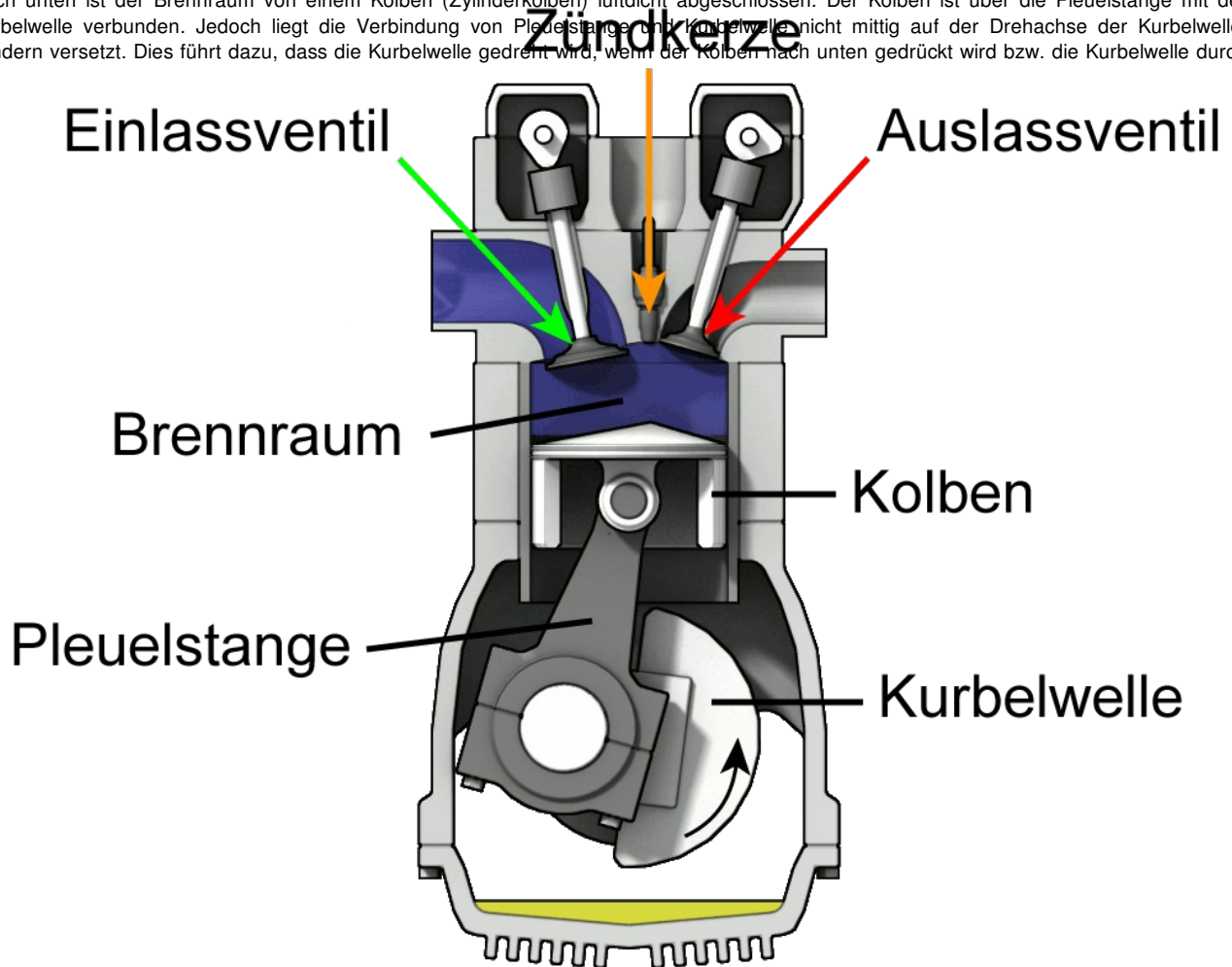


Bild aus Animation von

Zephyris

[

CC BY-SA 3.0

],

via Wikimedia Commons

, Spiegelung+Beschriftung von Stefan Richtberg

ihre Drehung den Zylinder nach oben drücken kann.

Über das Auslassventil können die Abgase aus dem Brennraum ausgestoßen werden.

Wirkungsgrad

Der heute erreichte Wirkungsgrad von Ottomotoren liegt im Idealfall bei etwa $\eta = 35\%$. Unter Volllast bzw. bei höherer Drehzahl ist der Wirkungsgrad etwas niedriger. Im Stadtverkehr kann der effektive Wirkungsgrad jedoch auch schnell unter 10% fallen.

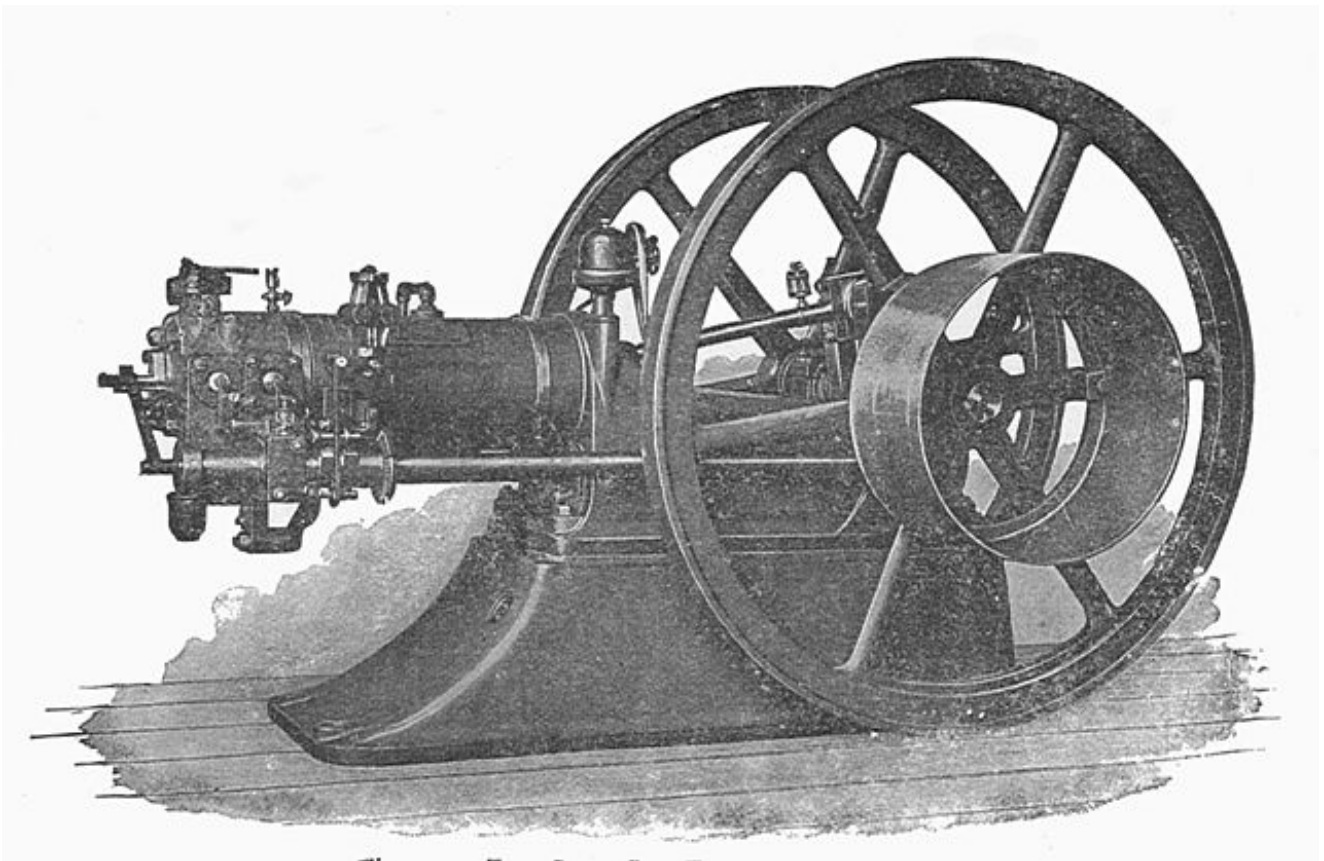
Geschichtliche Entwicklung

Als Erfinder des Viertakt-Prinzips gilt offiziell **Nicolaus August OTTO**. Er wurde am 14. Juni 1831 in Holzhausen an der Haide (Taunus) geboren und starb am 26. Januar 1891 in Köln. Aber auch **Christian REITHMANN** entwickelte unabhängig von OTTO das Viertakt-Prinzip. OTTO beschäftigte sich lange Jahre mit der Entwicklung und Optimierung von Verbrennungsmotoren:

- 1862 begann OTTO erste Experimente mit Viertaktmotoren.
- 1863 baute er seine erste Gaskraftmaschine.
- 1864 gründete er zusammen mit Eugen LANGEN die Firma "N.A.Otto & Cie" - die erste Motorenfabrik der Welt.
- Er entwickelte diesen Vorläufermotor weiter und gelangte bald zu einer verbesserten Version.
- 1866 erhielten OTTO und Langen ein Preußisches Patent für diese atmosphärische Gasmaschine;
- 1867 erhielt OTTO eine Goldmedaille auf der Pariser Weltausstellung.
- 1872 entsteht die Gasmotoren-Fabrik Deutz AG



Nicolaus August OTTO (1832 - 1891), unbekannter Autor [Public domain],
via Wikimedia Commons



Horizontaler Gasmotor von Otto

Weiterführende Artikel

Weiterführend

Zweitakt Ottomotor

Dieselmotor

Vergleich Ottomotor Dieselmotor

Versuche/Erarbeiten

Verbrennung von Benzin

>