

# Facharbeit

---

LOKOMOTIVEN - Auswirkungen auf die Umwelt durch Nutzung verschiedener Energiequellen



## Inhaltsverzeichnis

Einführung .....	Seite 3
Industrialisierung .....	Seite 3
Gesellschaftliche Folgen .....	Seite 4
Umweltauswirkungen .....	Seite 4
Dampflok und ihre Entwicklungsstufen (+ Rennen von Rainhill).....	Seite 5-8
Energiequelle Kohle .....	Seite 9
Entwicklung der Dampfmaschine.....	Seite 10-11
Effizienzänderung der Dampfmaschine .....	Seite 12-13
Entstehung und Verwendung von Erdöl in früheren Zeiten .....	Seite 14
Erdöl in der Gegenwart und Zukunft .....	Seite 15
Das Ölfieber .....	Seite 16-17
Entwicklung des Dieselmotors .....	Seite 17-18
Diesellokomotive .....	Seite 18
Resümee.....	Seite 19
Durchgeführte Verbesserungen.....	Seite 19
Quellen.....	Seite 19

## Einführung

Zur Wahl unserer Themen ist zu bemerken, dass wir großen Wert auf die Nachvollziehbarkeit der Geschichte der Dampflokomotive sowie der Diesellokomotive gelegt haben.

Wichtig war uns auch, dass Lesern unserer Arbeit nähergebracht wird, dass mobile Dampfmaschinen keineswegs nur Schienenfahrzeuge waren, weshalb wir den Bereich über den „Turbosteamer“ von BMW eingebracht haben.

Damit wollten wir die Vielseitigkeit der Dampfmaschine und deren Verwendungsformen nochmals unterstreichen (*Dieser Teil der Einführung war eine Empfehlung des Wissenschaftsteams um die Themenwahl zu erklären*).

„Die Lokomotive und ihre Auswirkungen auf die Umwelt durch Nutzung verschiedener Energiequellen“ ist der Titel unserer Facharbeit.

Der Titel soll verdeutlichen, dass diese Facharbeit nicht nur technische Aspekte wie beispielsweise den Wirkungsgrad berücksichtigen wird, sondern dass der Schwerpunkt eher Umwelthistorisch ausfallen wird, da es sich bei dem zugehörigen Projekt um ein Umwelthistorisches handelt.

Wichtiges Kriterium ist die passende Aufteilung auf einen anfänglichen Überblick über das gesamte Thema und dem darauffolgenden Hauptthema.

## Industrialisierung

Als Industrialisierung bezeichnet man den Ausbau und die Zunahme der Industrie. Im 18. Jahrhundert wurde die Dampfmaschine erfunden und es wurden zahlreiche andere neue Maschinen entwickelt (u.a. Spinnmaschinen), im frühen 19. Jahrhundert gab es die erste Dampflokomotive. Durch diese Entwicklungen konnte wesentlich mehr in wesentlich kürzerer Zeit erzeugt werden. Den Ausgangspunkt nahm die Industrialisierung in England. Dort waren vor allem genügend Erz und Kohle vorhanden, Baumwolle kam aus den Kolonien (Kolonialismus). In dieser Zeit der Industriellen Revolution konnte ein großer wirtschaftlicher Fortschritt erzielt werden.

1832 wurde die Pferdeisenbahn von Linz nach Budweis in Betrieb genommen. Die Dampfeisenbahn zwischen Wien-Floridsdorf und Deutsch Wagram wurde 1837 eröffnet, die Semmering-Bahn 1854.

In weiterer Folge wurden Telegrafen, das Telefon und der Verbrennungsmotor erfunden. Damit konnten Daten schneller übermittelt werden, und die industrielle Produktion wurde gesteigert. Auch der Gütertransport und die Fortbewegung von Personen wurden

vereinfacht. Gleichzeitig war dies aber eine Zeit der Massenarmut. Große Teile der ländlichen Bevölkerung zogen wegen der wirtschaftlichen Not in die neuen Industriestädte. Viele Menschen wohnten unter schlechten hygienischen Bedingungen in Elendsquartieren. Für die zahllosen Menschen, die in den neuen Fabriken arbeiteten, gab es noch keine Schutzbestimmungen, Kinderarbeit war üblich und die Entlohnung reichte nicht für ein gesichertes Leben aus.

### **Gesellschaftliche Folgen der Dampfmaschine**

Durch die Dampfmaschine wurde die Industrielle Revolution erst möglich. Ohne diese wichtige Erfindung würde es einige Annehmlichkeiten gar nicht geben, die wir heutzutage so schätzen. Dieser Fortschritt führte zu einem kurzfristigen Anstieg der Lebensqualität, da die Produkte erschwinglich wurden durch die neu entdeckte Massenproduktion. Auch die Wohn- und Arbeitsplätze konnten von da an frei gewählt werden, weil man nicht mehr an Flüsse oder gute Windverhältnisse gebunden war. Es wurden Industriegebiete errichtet, die sich weit von Gebirgen entfernt befanden. Doch bald wendete sich das Blatt und die Menschen lebten in Armut, durch die Landflucht, das Bevölkerungswachstum und die Verdrängung der veralteten Herstellungsweisen. Schon bald wurde der Adel zurückgedrängt und die Industrien bildeten die neue Oberschicht. Durch diese neue Macht und die Armut der Arbeiter konnten Fabrikbesitzer diese rücksichtslos ausbeuten.

Da die Arbeiten körperlich nicht mehr so anstrengend waren, mussten auch Frauen und Kinder arbeiten und es entstanden ungewöhnlich lange Arbeitszeiten für einen unangemessenen Lohn. Nicht nur die Arbeitsbedingungen waren schrecklich, sondern auch die Wohnbedingungen wurden zunehmend schlechter. Die meisten Familien bekamen zwar eine Wohnung in der Nähe ihrer Arbeitsstätten, doch die Wohnungen waren zu klein und hatten keine großen Fenster. Da die Wohnungshäuser eng nebeneinander standen, konnten weder frische Luft noch Sonnenstrahlen in die Wohnungen gelangen.

Dies hatte viele schwere Krankheiten zur Folge. Kinder bekamen „Knochenerweichungen“ durch den Vitamin-D-Mangel, und ihre Eltern erlitten meist Lungenerkrankungen durch die Luftverschmutzung der Fabriken. Ein Viertel der Menschen in London starb an den Luftverschmutzungen der Fabriken. Schon bald hatten die Menschen genug von der Dampfmaschine. In einigen Industriegebieten wurden diese sogar zerstört und verbrannt.

### **Umweltauswirkungen der Dampfmaschine**

Auch in Wien konnte man den Fortschritt, der sich durch Schornsteine bemerkbar machte, sehen. Durch die Abgase aus den Schornsteinen war die Lebensqualität katastrophal. Die Früchte und Tiere waren zu dieser Zeit verschmutzt und krebsregend durch den Ruß. Die Lösung der Menschen damals war die Erhöhung der Schornsteine, um Rauch in die unendlichen Weiten des Himmels zu blasen. Sie versuchten, die Städte in Industrie- und Wohngebiete zu trennen oder vom Rauch wegzuziehen, doch auch das nützte nichts. Die extreme Rauchentwicklung entschärfte sich im 20. Jahrhundert.

Die Dampfmaschine ist einer der Ursprünge für den heutigen Klimawandel, da sie der Vorgänger der Autos und verantwortlich für die Weiterentwicklung der Industrie ist.

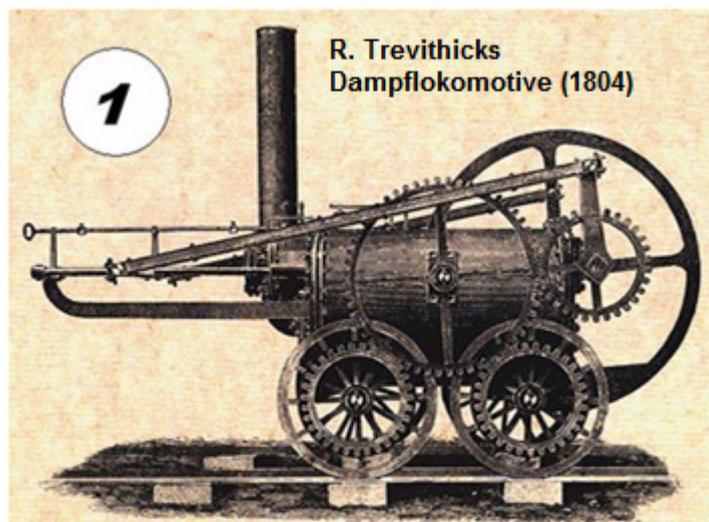
## Die Dampflokomotive und ihre Entwicklungsstufen

1804 baute dann Richard Trevithick die erste auf Schienen fahrende Dampflokomotive (**Siehe Bild 1**). Sie erwies sich als funktionsfähig, doch die für ihr Gewicht nicht ausgelegten gusseisernen Schienen zerbrachen unter dieser Lokomotive.

Um diese Zeit gab es in englischen Bergwerksanlagen in Cornwall und um das nordostenglische Kohlenrevier um Newcastle upon Tyne mehrfache Entwicklungsversuche zu Dampflokomotiven, unter anderem von Timothy Hackworth ab dem Jahr 1808, John Blenkinsop 1812 und schließlich, im Jahre 1813, präsentierte William Hedley die erste wirklich brauchbare Dampflokomotive.

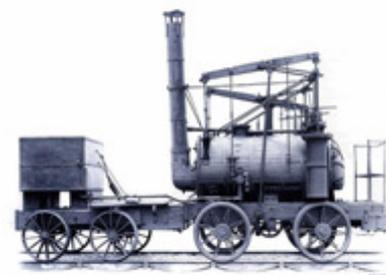
Der englische Grubendirektor beabsichtigte eine mit Pferden betriebene Bahn durch eine Dampflokomotive zu ersetzen. Diese von Hedley gebaute Lokomotive bewies zwar, dass die Reibung zwischen

Antriebsrädern und Schienen groß genug war, um die erforderliche Zugkraft direkt auf die Schienen zu übertragen, doch auch unter ihr zerbrachen die Schienen. Um diesen Misstand zu begegnen wurden zwei weitere Achsen unter dem Puffing Billy befestigt. Durch die, nun gleichmäßiger auf den Schienen verteilte Last der Lokomotive verbesserte sich die Lebensdauer der Gleisanlagen. Dies hatte zur Folge, dass die Dampfmaschine Puffing Billy noch bis zum Jahre 1860 ihre Dienste auf dem Grubengelände verrichtete und heute im Museum der Wissenschaften von London steht. Im Jahr 1825, also 12 Jahre nach der Präsentation der Billy, wurde die von Edward Pease initiierte Eisenbahnstrecke zwischen Stockton und Darlington, England, mit einer Lokomotive von George Stephenson eröffnet und gleichzeitig der erste Passagier-Transport mit einem lokomotiv-gezogenen Zug durchgeführt.



<http://www.fg-deutschkurse.de/his/indrev/revunter.htm>

### *Puffing Billy*



<http://mikes.railhistory.railfan.net/r082.html>

Für die geplante Bahn zwischen Liverpool und Manchester wurde im Oktober 1829 das berühmte Rennen von Rainhill durchgeführt, bei dem die bestgeeignete Lokomotive ermittelt werden sollte. Da dieser Wettbewerb für die gesamte Entwicklung der Dampfmaschine (Mobil als auch stationär) von enormer Bedeutung war folgt ein Einschub zu diesem Thema.

### Einschub Anfang

#### Das Rennen von Rainhill

- Die Teilnahmebedingungen

Durch ein strenges Reglement, welches festgelegt wurde um die Teilnahme unterlegener Lokomotiven zu verhindern, und ein Rennen der besten Maschinen zu garantieren wurde das Starterfeld auf zunächst 10 Zugmaschinen reduziert. Zu den angesprochenen Richtlinien ist zu bemerken, dass selbst hochentwickelten und durchaus konkurrenzfähigen Teilnehmern der Start verwehrt blieb.

Beispielsweise sollte die Lokomotive mit einem Dampfdruck von 3,5 psi<sup>1</sup> imstande sein das Dreifache ihres Gewichts zu ziehen.

Da jedoch Zugkraft alleine noch nicht ausreichte setzten die Direktoren der *Liverpool and Manchester Railway* auch eine Geschwindigkeit fest, welche alle Teilnehmer erreichten mussten. Diese lag bei 10 mph (16 km/h) und stellte gemeinsam mit dem erlaubten Höchstgewicht, welche anschließend erläutert wird, das größte Hindernis für viele Bewerber dar.

Diese Lokomotive durfte nämlich nicht mehr als 6t wiegen und weiters wurde der Bauhöhe ebenfalls ein Limit gesetzt. Demnach durfte der höchste Punkt der Lok bei maximal 15 Fuß (4,5 m) liegen.

Auch um die Sicherheit der eigenen Angestellten war man bedacht, weshalb die Direktoren zwei Sicherheitsventile vorschrieben.

Der Stand der Technik bei mobilen Dampfmaschinen war zur damaligen Zeit noch so niedrig dass jede der teilnehmenden Lokomotiven eigens für dieses Prestigeträchtige Rennen gebaut wurde.

- Der Preis

Der Sieger des Wettbewerbes erhielt nicht nur ein Preisgeld von 500 Pfund sondern auch den Auftrag der Direktoren der Eisenbahnlinie, Lokomotiven für ihre Zwecke zu bauen.

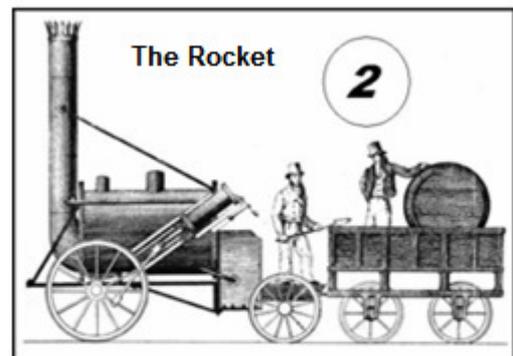
Da man jedoch in ganz Europa über dieses Ereignis berichtete gewann der Ingenieur der siegreichen Maschine außerdem ungemein an Bekanntheit und Respekt ob seiner herausragenden technischen Leistung.

- Die Teilnehmer

Von den zunächst zehn gemeldeten Kandidaten waren nur fünf zum Rennen erschienen:

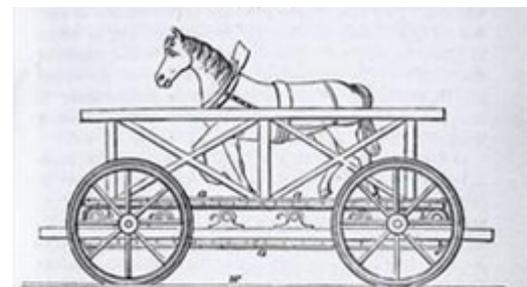
- **The Novelty („Die Neuheit“)** war eine leichte zweiachsige Maschine die von dem Engländer Braithwaite und dem Schweden Ericsson stammte.
- **The Sans Pareil („Der/Die Unvergleichliche“)** von Hackworth war eine Verkleinerung der von ihm entwickelten Lokomotiven die sich bereits auf der Strecke Stockton - Darlington bewährt hatten. Im Gegensatz zu diesen hatte sie aber nur zwei statt drei gekuppelte Achsen. Obwohl sie eigentlich zu schwer war um die Wettbewerbsbedingungen zu erfüllen wurde sie zum Wettbewerb zugelassen.

- **The Rocket („Die Rakete“, Siehe Bild 2)** war die neueste Entwicklung von Robert Stephenson. Sie besaß zwei Achsen von denen die vordere angetrieben war einen Heizröhrenkessel mit optimierter Vergrößerung der Heizfläche und einen um die Feuerbüchse herumgebauten Stehkessel. In letzter Minute wurde noch das Hackworth'sche Blasrohr eine Vorrichtung zur Erhöhung der Zugwirkung im Schornstein eingebaut.



<http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/RArocket.htm>

- **The Perseverance („Der/Die Ausdauernde“)** - die Maschine war nur im Schrittempo zu bewegen und kam deshalb nicht in die Ausscheidung.
- **The Cycloped** - als auffiel dass die Maschine keine Rauchwolken produzierte und man in der Lokomotive ein Pferd fand welches einen Tretmühlenmechanismus betätigen sollte, wurde disqualifiziert. Es erstaunt Historiker verständlicherweise bis heute wie dieser Betrug so lange unentdeckt blieb und erst beim Rennen auffliegen konnte.



The Cycloped, "Modell" von 1829

<http://www.fotosearch.com/IST501/1151063/>

## Das Rennen

Die verschiedenen Tests begannen am 6. Oktober 1829 und zogen sich bis zum 14. Oktober hin. The Rocket konnte als einzige der angetretenen Kandidaten die Teststrecke bewältigen und erreichte dabei mit einer Last die dem dreifachen ihres Eigengewichts entsprach eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 12.5 mph.

Mit nur einem Wagen erreichte sie 24 mph und ganz ohne Last sogar 30 mph was aber ohne mitgeführte Vorräte an Kohle und Wasser nicht für längere Zeit möglich war.

Die Novelty hatte das geringste Gewicht den niedrigsten Verbrauch von Kohle und erreichte die höchste Geschwindigkeit.

Da sie jedoch wie auch die Sans Pareil die vorgeschriebene Teststrecke wegen technischer Probleme nicht bewältigen konnte wurde der Sieg Stephenson und seiner Rocket zugesprochen.

Stephenson durfte nach seinem Sieg acht Dampflokomotiven vom Typ Rocket für die Strecke Liverpool - Manchester liefern.

### Einschub Ende

Fernab vom britischen Prestigerennen gab es in den USA im Jahre 1827 erste Demonstrationen des Technischen Fortschritts im Bereich der mobilen Dampfmaschinen.

Oberst John Stevens führte eine dampfbetriebene Lokomobile auf einer ringförmigen Fahrspur in Hoboken, New Jersey vor.

1830 baute Peter Cooper mit der Tom Thumb die erste Dampflokomotive in Amerika für eine öffentliche Eisenbahn, und mit der DeWitt Clinton nahm am 24. September 1831 die erste fahrplanmäßige US-Lokomotive zwischen Albany (New York) und Schenectady mit rund 50 km/h ihren Dienst auf.

Nicht unerwähnt sollte auch die in England hergestellte und nach Amerika gelieferte John Bull (Lokomotive) bleiben. Auch sie wurde 1831 in Dienst gestellt, 1866 ausgemustert und zuletzt 1981, mittlerweile 150 Jahre alt, nochmals unter Dampf genommen.

Sie ist eine der letzten original überlieferten Maschinen der Dampflokfrühzeit.

Die erste Bahnlinie auf dem europäischen Kontinent mit Dampftrieb war seit 1831 die Bahnstrecke Saint-Étienne–Lyon in Frankreich.

In Österreich fuhr 1837 die erste Dampfeisenbahn (**Siehe Bild 3**) auf der Kaiser-



Ferdinand Nordbahn zwischen Wien-Floridsdorf und Deutsch-Wagram.

Bild 3 zeigt eine Zeichnung der ersten Ausfahrt der Kaiser-Ferdinand Nordbahn, welcher unzählige Besucher beiwohnten.

Die dienstälteste Dampflokomotive der Welt fährt ebenfalls in Österreich. Die GKB 671 aus dem Jahre 1860 wurde nie außer Dienst gestellt und wird sogar heute noch für Sonderfahrten verwendet.

### Energiequelle Kohle

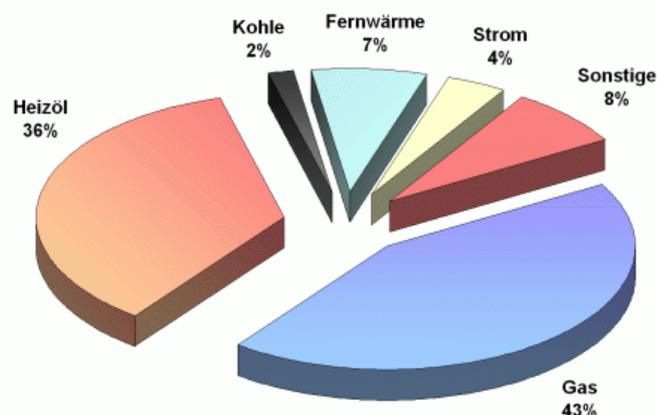
Im Diagramm am Ende der Seite kann man sehr gut erkennen wie unwichtig die Kohle im Laufe der Zeit eigentlich geworden ist, liegt sie doch nun bei nur noch 2%.

- Steinkohle

Eine der in Mitteleuropa wohl populärsten Energiequellen ist die Förderung von Stein- und Braunkohle. Beide Kohlearten beruhen auf Pflanzenresten, die sich im Lauf von mehreren Millionen Jahren zu Kohle verfestigt haben. Steinkohle ist von beiden Kohlearten die „reifere“ Kohle, das heißt, sie hat einen hohen Brennwert. Durch ihren hohen Brennwert benötigt man eine geringe Masse zur Energiegewinnung, wodurch die Transportkosten der Steinkohle relativ gering sind, was wiederum zu einem Import-Export Handel mit der Kohle führt. Während die Kesselkohle in Kraftwerken zu Elektrizität gewandelt wird, findet sich die Koks-kohle meist in der Eisenverhüttung oder Stahlindustrie wieder. Von den deutschen Steinkohlevorräten gelten rund 24 Milliarden Tonnen als gewinnbar. Angesichts einer aktuellen Förderquote von 25,7 Millionen Tonnen (2004) ergibt sich eine theoretische Reichweite von über 900 Jahren. Bei der Verfeuerung von Steinkohle entsteht klimaschädliches Kohlendioxid. Die Kohlendioxid-Freisetzung ist prinzipbedingt und kann nicht verhindert werden, sondern nur durch einen besseren Wirkungsgrad der Kraftwerke und dadurch geringeren Kohleverbrauch in Maßen reduziert werden. Das Schwefeldioxid, das bei der Verbrennung von Steinkohle entsteht, ist mitverantwortlich für den Sauren Regen.

- Braunkohle

Die Braunkohle zeichnet sich durch ihren hohen Wassergehalt und den damit verbundenen geringeren Brennwert aus. Durch diese beiden braunkohle-typischen Merkmale ergibt sich die Notwendigkeit großer Massen von Braunkohle, um diese verwerten zu können. Diese benötigte Menge an Braunkohle führt zu wesentlich höheren Transportkosten als die der



Steinkohle, was dazu führt, dass die Braunkohle im Gegensatz zur Steinkohle in Kraftwerken in der Nähe der Tagebauten verarbeitet wird. Bei der Verfeuerung von Braunkohle entsteht sehr viel CO<sup>2</sup>. Die Reduzierung durch einen besseren Wirkungsgrad der Kraftwerke ist in Maßen möglich. In Mitteleuropa wird die Förderung von Braunkohle als einzige national langfristig verfügbare Energiequelle bis heute subventioniert. Daher ist hier der Anteil am Energiemix mit 70% am größten.

### Die Entwicklung der Dampfmaschine

Die erste Hochdruckdampfmaschine von Oliver Evans kam jedoch erst im Jahre 1812 zum Einsatz. Ein anderer und zwar der britische Techniker Richard Trevithick kam ihm bei der praktischen Nutzung der Hochdruckdampfmaschine zuvor.

Bereits im Jahre 1797 baute Richard Trevithick das Model eines Dampfwagens, doch erst seine im Jahre 1801 in Betrieb genommene Dampfmaschine Puffing Devil (**Siehe Bild rechts**) wurde als dampfendes Gefährt so richtig gewürdigt. Die Puffing Devil war bereits in der Lage Personen mit einer für die damalige Zeit durchaus beachtlichen Geschwindigkeit von 8 km/h zu befördern. Da der Nutzen dennoch nicht zukünftigen



<http://www.flickr.com/photos/ennor/166671122/>

Anforderungen gerecht wurde, so bildete diese Konstruktion nur zum Teil die Grundlage späterer Entwicklungen. Die von Oliver Evans entwickelte Hochdruckdampfmaschine und die von Richard Trevithick gebaute Puffing Devil schrieben jedoch Geschichte. Denn erst durch die aus der weiteren Entwicklung und Verbesserung gewonnenen Erfahrungen war es möglich, leistungsfähigere Dampfmaschinen bauen. Dazu sollte man wissen, dass bei der Hochdruckdampfmaschine der Dampf über 100 °Celsius erhitzt wird und dadurch gegenüber einer einfachen Dampfmaschine ein wesentlich höherer Druck zur Verrichtung von Arbeit zur Verfügung steht. Weiterhin konnte bei der Hochdruckdampfmaschine auf eine Abkühlung des Wasserdampfes verzichtet werden, wodurch der spätere Auspuffbetrieb erst ermöglicht wurde. Ab dem Jahre 1802 kamen in allen von Dampfmaschinen angetriebenen Fahrzeugen praktisch nur noch Hochdruckdampfmaschinen zur Anwendung. In jenen Jahren wurde die Dampfmaschine hauptsächlich in Bergwerken zur Wasserhaltung eingesetzt, sowie als zentrales Antriebsaggregat in der Textilindustrie genutzt. Der Einsatz der Dampfmaschine als Antriebsmittel in Fahrzeugen war bis Anfang des 19. Jahrhunderts eher auf wenige Einzelfälle

beschränkt, die im Verkehrswesen der damaligen Zeit noch keine nennenswerte Rolle spielten. Dies sollte sich im Laufe des 19. Jahrhundert grundlegend wandeln. So kam die Dampfmaschine, neben den Einsatz in Lokomobilen in Dampflokomotiven und Dampfschiffen zum Einsatz. Dampflokomobile wurden später durch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren verdrängt, wenn auch der Ausdruck Dampfwalze bis heute ein Begriff blieb.

Doch Dampflokomotiven und Dampfschiffe traten einen unvergleichlichen Siegeszug (Ersichtlich an der Tafel) an, der erst im 20. Jahrhundert wieder abebbte.

Jahr	Dampf- maschinen <sup>1</sup>	Pferde- kräfte	Jahr	Dampf- maschinen <sup>1</sup>	Pferde- kräfte
1837	423	7 514	1855	4 085	161 774
1840	634	12 279	1861	8 685	365 631
1843	1090	27 241	1878	37 320	2 891 867
1846	1491	41 130	1885	48 868	1 426 739
1849	1969	67 150	1889	58 782	1 773 454
1852	2833	92 476	1901	99 096	4 328 778

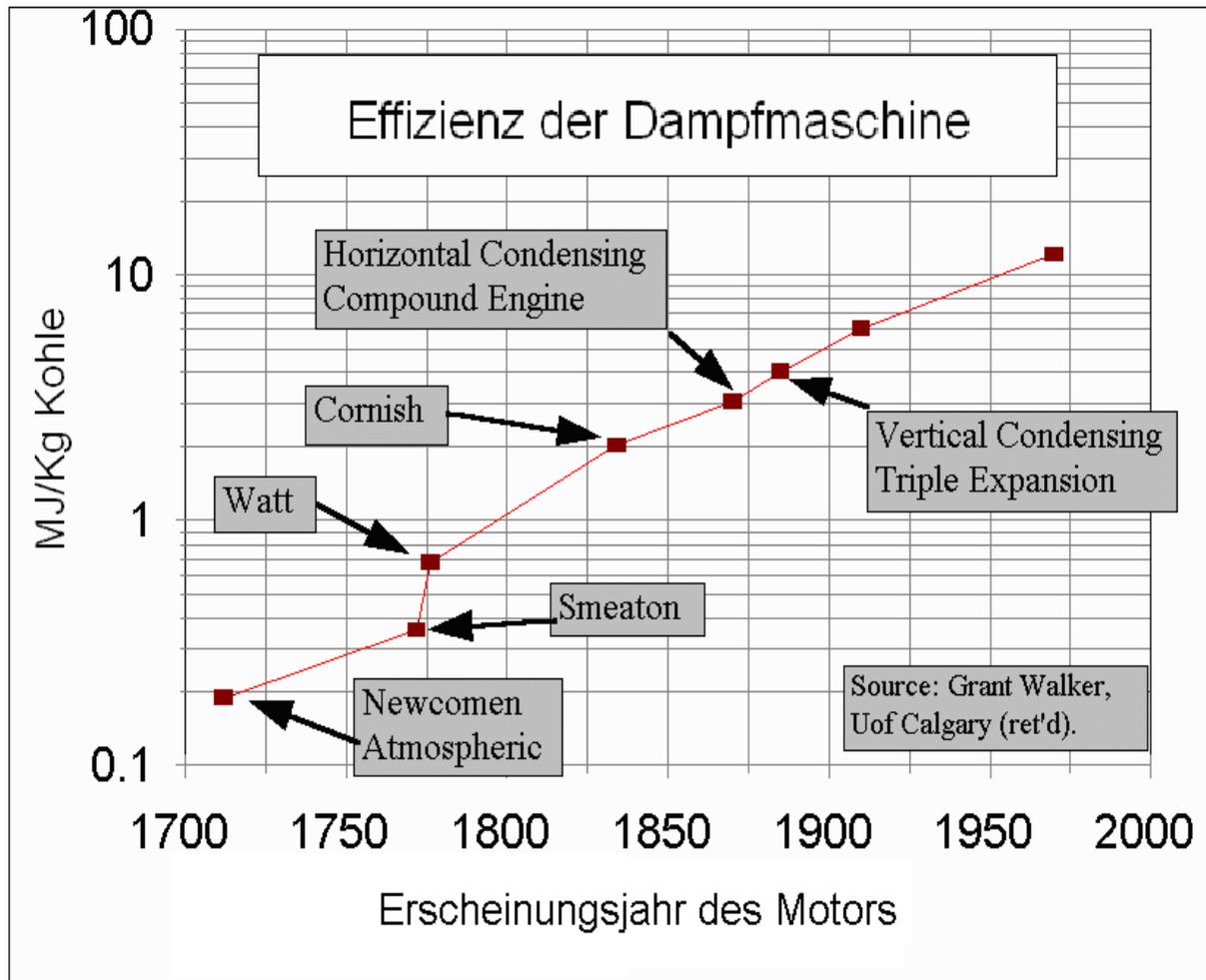
<sup>1</sup> 1837—78 einschließlich Schiffsmaschinen und Lokomotiven, von 1879 an ohne die in der Benutzung der Militärverwaltung und der Kriegsmarine befindlichen Dampfmaschinen und ohne Lokomotiven.

Quelle: <http://www.zeno.org/Meyers-1905/A/Dampfmaschine>

- Beschreibung zur oben angeführten Tabelle:

An dieser Grafik fällt besonders auf, dass sich die Anzahl der in Einsatz befindlichen Dampfmaschinen zwischen den Jahren 1878 und 1885 um „nur“ 11548 Einheiten erhöhte und dagegen in den darauffolgenden Jahren (Von 1885 bis 1889) um beinahe gleichviele (knapp 10000) Einheiten erhöhte; und zwar trotz 3 Jahre kürzerer Zeitspanne. Aber auch die gegenübergestellte Anzahl der eingesetzten Pferdekkräfte erfuhr starke Schwankungen. Während sich die Zahl nämlich von 1837 bis inklusive 1861 einigermaßen gleichmäßig erhöhte, gab es danach einige grobe Unregelmäßigkeiten.

### Effizienzveränderungen der Dampfmaschine



Quelle: [http://www.cuug.ab.ca/branderr/eeepc/017\\_coal.html](http://www.cuug.ab.ca/branderr/eeepc/017_coal.html)

Wie man anhand dieser Grafik gut erkennt erfuhr der Wirkungsgrad der Dampfmaschine, welcher 1710 noch bei 0,2 MJ/Kg Kohle lag, im Jahr 1773 eine Steigerung. Smeatons Aggregat übertraf Newcomen’s Ausführung relativ deutlich. Jedoch, etwa 2 Jahre später wurde Smeaton’s Modell von James Watt’s Dampfmaschine übertrumpft. Anhand der Deutlichkeit dieses Unterschieds (Smeaton: ~0,37 MJ/kg Kohle und Watt: ~0,7 MJ/kg Kohle) merkt man, dass Smeaton die damaligen Möglichkeiten der Technik nicht vollständig nutzte, sonst hätte Watt mit großer Wahrscheinlichkeit nicht den doppelten Wirkungsgrad erreichen können.

1830, also exakt 55 Jahre nach Watt’s Errungenschaft erreichte Cornish mit seiner Dampfmaschine eine Leistung von 2,1 MJ/kg Kohle.

40 Jahre später war es bereits möglich knapp über 3 MJ Energie aus einem kg Kohle zu schöpfen. Bis ins späte 20. Jahrhundert setzt sich dieser Trend fort, jedoch stellt sich ab 2000 die Frage ob nicht der Effizienzwert langsam zum Stillstand kommen wird. Diese Annahme begründet sich auf dem heutigen Stand der Technik. Mit Elektroantrieben oder auch Verbrennungsmotoren, welche durch Einsatz der Hybridtechnologie, also beispielsweise durch Kopplung eines Dieselmotors mit einem Elektromotor noch effizienter wurde, stehen gleich mehrere Alternativen zur Dampfmaschine zur Verfügung. Gemeint ist damit, dass man wahrscheinlich verstärkt aktuellere Aggregate nutzen wird als auf Alte zurückzugreifen. Dieses Alter der Dampfmaschine könnte jedoch deren größter Vorteil sein, da man kaum ausgereiftere Aggregate nehmen kann als Dieses. Während Hersteller von Lokomotiven zunehmend auf diese Reife verzichten, scheint die Dampfmaschine in abgewandelter Form bei Automobilen (**Genauer BMW, Siehe Bild unten**) eine Zukunft zu haben.

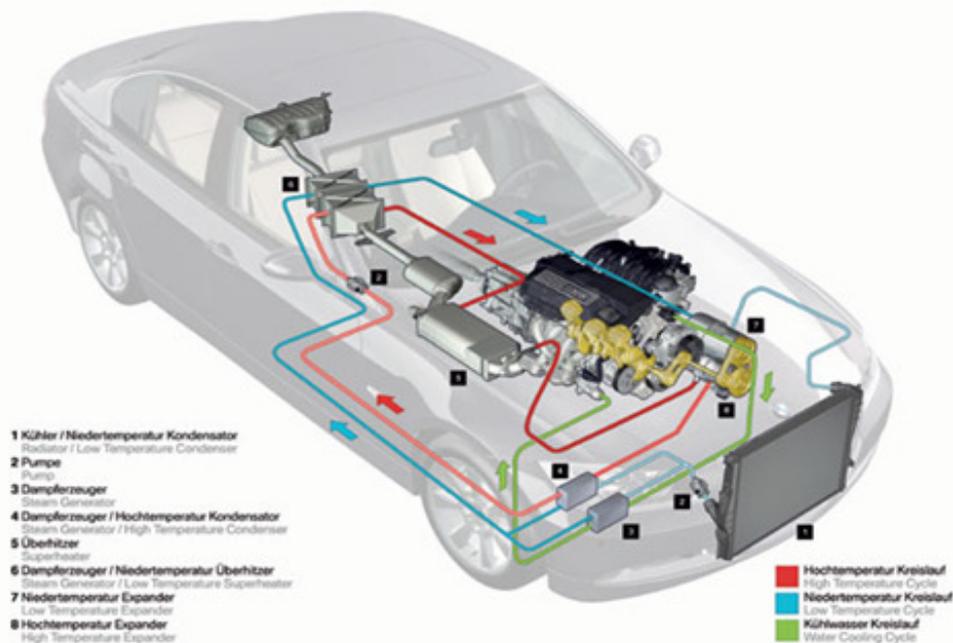
Die Frage die sich also allgemein stellt ist, ob BMW, welche ja durch einige Errungenschaften im Laufe ihrer Existenz immer wieder auf sich aufmerksam machten, es beispielsweise mit einer revolutionären Dampfmaschine zustande bringt, dass Diese wieder an Popularität gewinnt, und nicht immer mehr zum Ausstellungsstück verkommt.

Würde BMW dieser Meilenstein gelingen, dann würde sicher unmittelbar darauf eine Maschine für eine Lokomotive folgen.

Laut aktuellen Versuchen scheitert diese Wiederentdeckung der Dampfmaschine jedoch am altbekannten Problem, der überschüssigen Hitzeentstehung während des Prozesses.

Positiv ist jedoch, dass man laut BMW beim Testfahrzeug, einem 316i (Baujahr 2005) durch den Umbau eine Leistungssteigerung von 15PS erzielte (Leistung nach dem Umbau: 130PS).

Somit bleibt also abzuwarten ob die Verwendung von Dampfmaschinen immer rarer wird oder ob BMW das Wunder in Form des „Turbosteamers“ gelingt und Dampfmaschinen wieder „zurückkommen“.

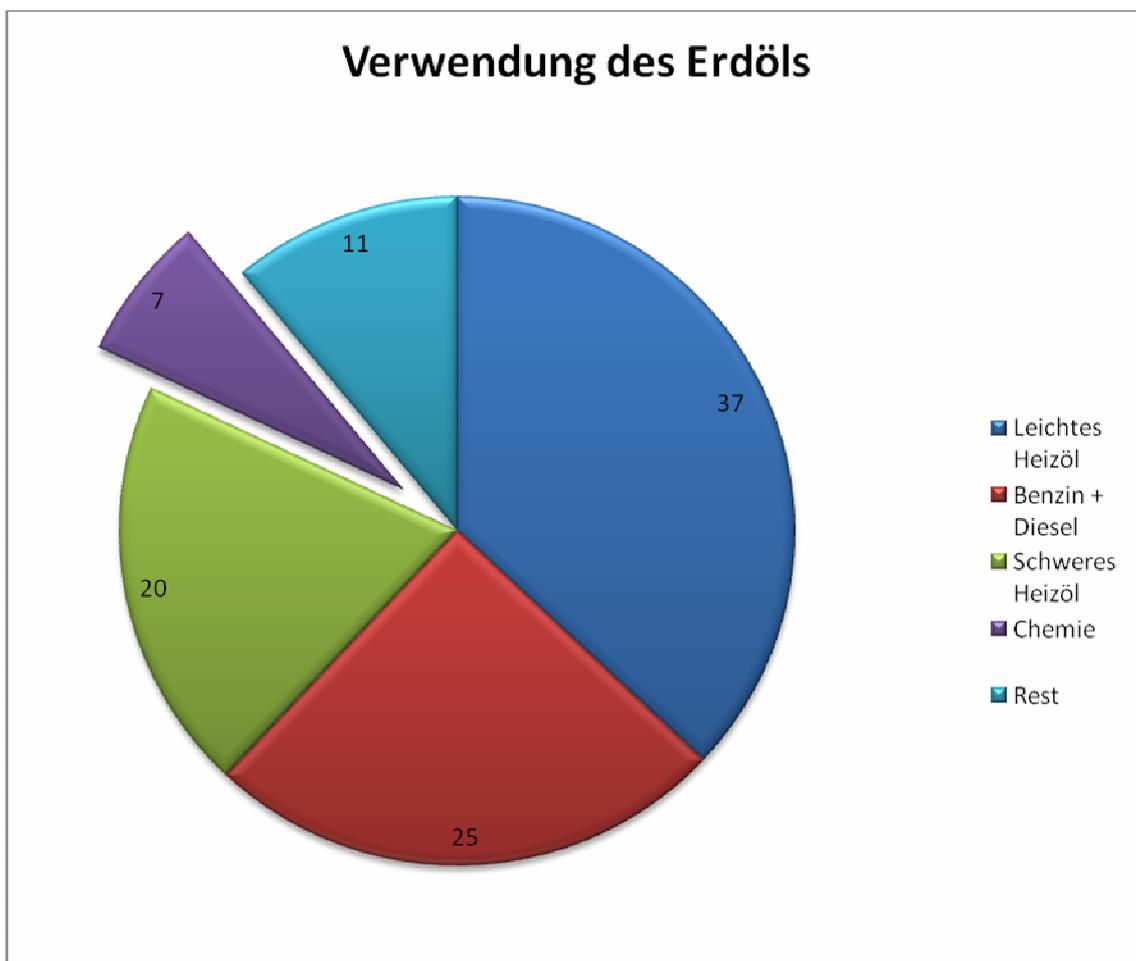


Skizze eines Versuchsfahrzeugs (Umgebauter 316i der Baureihe E92) aus 2007.

Quelle: <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/0,2828,22049,00.html>

## Entstehung und Verwendung in den früheren Zeiten

Als zähe, dickflüssige Masse quoll es an verschiedenen Stellen der Erde aus dem Boden und wurde in unterschiedlichster Weise genutzt. Wagenlenker schmierten die Achsen ihrer Räder, Bootsbauer schmierten ihre Schiffe damit und Ärzte erfanden geheimnisvolle Substanzen die als Medizin gegen Krankheiten verwendet wurden. Dabei handelt es sich um den neuen Energieträger, Erdöl. Im flüssigen Zustand wurde Erdöl auch Steinöl, Petroleum, sowie Naphtha genannt, im harten Erd- oder Bergharz. Erdöl, das aus verschiedenen Quellen stammt, hat weder dieselbe Farbe und Zähigkeit noch denselben Geruch. Heute sind Tausende von verschiedenen Erdölverbindungen analysiert. Dabei hat sich gezeigt dass die Grundzusammensetzung immer die gleiche bleibt. Man hat auch die Entdeckung gemacht, dass sich Öl nicht mit Wasser mischen lässt. Befindet sich also eine Quelle unter einem See, so schwimmt das Öl auf der Wasseroberfläche.



## Erdöl in der Gegenwart und in der Zukunft

Erdöl und Erdölprodukte spielen im gegenwärtigen Leben eine unersetzliche Rolle. Autos, Flugzeuge, die Mehrzahl der Heizungen, zahllose Kunststoffprodukte sind ohne Erdöl nicht mehr denkbar. Ein gewaltiger Sprung in den Förderungszahlen und eine nochmalige Verzehnfachung bis 1920, wurden durch den Einsatz von Motoren verursacht. Mittel- und Südamerika treten als neue und wichtige Produzenten auf. Die nächste Verzehnfachung der Produktion wird 1960 erreicht. Der mittlere Osten, also die arabischen Länder, fördert in dieser Zeit schon ein Viertel der Gesamtproduktion. Von 1960 bis heute ist noch einmal eine Verdreifachung der Erdölproduktion festzustellen. Bis 1976 wurden fast 3000 Millionen Tonnen Erdöl gefördert. Bei ständig ansteigendem Bedarf wurde die Suche nach neuen Quellen vorangetrieben. Die Erdölreserven sind in den letzten 20 Jahren durch neue Entdeckungen verdreifacht worden. Nachvollziehbarer Weise, haben sich die Zukunftsaussichten nicht verbessert. Nach dem Verbrauch und dem Stand der Reserven des Jahres 1960 müsste das Ende der Erdöl-Ära auf das Jahr 2000 berechnet werden, nach dem Stand von 1970 auf das Jahr 2005, nach dem Stand von 1977 auf das Jahr 2007, das heißt also, auf Grund der Entwicklung der beiden letzten Jahrzehnte ist kurz nach der Jahrtausendwende das Ende der Erdöl-Ära abzusehen (Peak oil = das Ölfördermaximum). Quellen hierzu sind die Prognosen der Erdölfirmer wie Shell, Esso und auch der Firma Siemens.

Rund 17 Prozent des Rohöls werden gegenwärtig in den Raffinerien in Benzin verwandelt. 1974 waren das 18 Millionen Tonnen für rund 18 Millionen Autos, 1400 Liter für jedes Auto.



Diese Karte zeigt die Erdölförderung in verschiedenen Ländern im Jahr 1976. Zwischen Förderung und Verbrauch des Rohöls liegen oft weite Entfernungen. Zentrale Bedeutung für die westlichen Industrieländer hat die Rohölproduktion im Nahen Osten.

## **Das Ölfieber**

Bekannt war das Auffinden von Erdöl in der Mitte des 19. Jahrhunderts an vielen Stellen der Erde. Der plötzliche Run auf das Erdöl seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist kaum zu verstehen, da sich in der jahrtausendlangen Geschichte Erdöls nichts Neues getan hat. Ab und zu erschienen Bücher, die die bemerkenswerten Eigenschaften dieser zähtröpfenden Flüssigkeit beschrieben. Im 19. Jahrhundert wurden solche Berichte bzw. Bücher über Erdöl mit lebhaftem Interesse von einer neuen gesellschaftlichen Schicht gelesen.

Das Ölfieber brach zuerst in Nordamerika (Pennsylvanien) aus, wobei die Suche nach Erdöl zur gleichen Zeit wie in Norddeutschland begann. Nach der damaligen wirtschaftlichen Auffassung ist Erdöl ein Teilprodukt der Kohle. Das konnte auch nachgewiesen werden. Beim Erhitzen der Kohle bilden sich Gase und zähe Flüssigkeiten, die mit verschiedenen Arten des Erdöls verglichen werden können.

Das Erdölzeitalter beginnt wie schon erwähnt in dem amerikanischen Staat Pennsylvanien, genauer in Titusville. Schon in 21 Metern Tiefe stieß der Bohrtrupp in einem Gebiet, das als Erdölträchtig galt, auf ein selbstsprudelndes Ölloch. 2000 bis 3000 Liter Erdöl schoss täglich auf die Erdoberfläche. Für die damalige Zeit war das sehr viel, sodass man kaum genügend Behälter auftreiben konnte um die Schätze zu bergen. Erfolg versprachen nur größer angelegte Unternehmen, da man für die Bohrungen das benötigte Werkzeug bzw. Gerät verfügen musste. Trotz der vorhandenen Geräte nahmen die Bohrungen Wochen und Monate in Anspruch. Diejenigen die das Finanzielle für so ein Gerät nicht aufbringen konnten, verkauften das Gelände sobald sie Öl gefunden haben.

	1860	1870	1890	1920	1960	1976
Produzent	nur USA	fast nur USA	60% USA 40% UdSSR	60% USA 5% UdSSR 25% Mittel- u. Süd- amerika	40% USA 15% UdSSR 25% Mittl. Osten Rest: Rumänien und Südamerika	17% USA/ Kanada 17% UdSSR 35% Mittl. Osten 9% Afrika Rest: Rumänien und Südamerika
Roehöl in Millionen Tonnen	0,1	1	10	100	1000	3000

In Pennsylvania gelang es John D. Rockefeller Raffinerien zu erbauen, die Petroleum lieferten. Er war sich darüber klar, dass der Erfolg nicht nur aus der Suche nach der kostbaren Flüssigkeit bestand, sondern, dass auch der Transport und die Lieferung einen großen Einfluss hatten. Viele Firmen gerieten in seine Abhängigkeit, da sie das Erdöl nicht transportieren und verarbeiten konnten. So konnte er die Preise diktieren. Er transportierte das Erdöl zum halben Preis und ruinierte somit die Konkurrenz. Er kontrollierte über Jahrzehnte das gesamte Ölgeschäft in ganz Nordamerika bis er schließlich die Kontrolle über den gesamten amerikanischen Markt übernahm. Seinen Einfluss begann er Europa und sogar auf China auszudehnen.

Die Erdölprodukte wurden sehr bald auch in Lokomotiven verwendet, da sie gegenüber der Kohle Vorteile aufwiesen. Ein Vorteil bestand darin, dass der Heizer überflüssig wurde. Außerdem konnte Erdöl schneller als Kohle gebunkert werden. Diese Vorteile waren früher von großer Bedeutung. Rockefeller bot das Erdöl anfangs sehr günstig an und verlangte erst mehr, als die Mehrzahl der Lokomotiven auf Erdöl umgestiegen war.

### Die Entwicklung des Dieselmotors

Durch die Entdeckung des neuen Energieträgers, wurden neue Maschinen bzw. Motoren entwickelt, die diese neue Energieart anwenden konnten. Zuerst baute man 1867 die atmosphärische Gasmachine, die von Otto und Langen stammte. Neun Jahre, 1876, wurde sie von den Entwicklern der Gasmachine, hauptsächlich von N. A. Otto verbessert, bis letztendlich ein Viertakt-Gasmotor entstand. 1885 wurde der Benzinmotor von G. Daimler und W. Maybach entwickelt. Der auffälligste Teil des Benzinmotors war der

Schwimmvergaser. In ihm bildet sich ein Benzin-Luftgemisch, das dem Zylinder zugeführt wird. Über das Glührohr, das sich im Gehäuse befindet, wird nach dem Anlaufen des Motors die Luft zum Vergaser zugeführt. Anschließend wird Luft durch den Schwimmvergaser gesaugt und in den Zylinder geleitet. Die Luft wird während des Betriebes durch die Auspuffluft vorgewärmt. Der Benzinmotor leistete etwa  $\frac{1}{3}$  Kilowatt.

Im Laufe der intensiven Forschung und Entwicklung am Ende des 19. Jahrhunderts, hat sich Rudolf Diesel das Ziel gesetzt, eine thermische Maschine zu entwickeln, die einen wesentlich, höheren Wirkungsgrad haben sollte, als der Wirkungsgrad der damals schon 100 Jahre alten Dampfmaschine, der nur etwa 3% betrug. Als Rudolf Diesel 1892 sein Patent angemeldet hat und in einer Studie „Theorie und Konstruktion eines rationellen thermischen Motors“ 1893 veröffentlichte, hatte er die Türe für eine neue Wärmekraftmaschine, bekannt als der Dieselmotor, weit geöffnet [1]. Schon die ersten Dieselmotoren, die um 1897 gebaut worden sind, hatten einen Wirkungsgrad von 26,2% erreicht und damit um einen Faktor von 10 den Wirkungsgrad der Dampfmaschine übertroffen. Die Dampfmaschine wurde dann innerhalb der folgenden 50 Jahre durch den Dieselmotor vollständig verdrängt.

Zur Zeit Diesels waren die Dampfmaschinen weit entwickelt und erreichten Leistungen von über 1000 Kilowatt. Diesel wurde gedrängt, eine eigene Fabrik zum Bau seiner Motoren mit einigen anderen Teilhabern zu gründen. Die nächsten Jahre brachten nur bittere Rückschläge. Die neue Dieselfabrik war nicht in der Lage, einen einzigen Motor zu liefern, der längere Zeit anstandslos bei den Käufern lief. Erst als der Motor so vereinfacht war, dass er sich nicht mehr so störanfällig zeigte wie in seinen Anfangsjahren, und auf der anderen Seite genügend viele Ingenieure den neuen Motor kennenlernen hatten, konnte er in größeren Stückzahlen verkauft werden. Dies war ungefähr nach der Jahrhundertwende der Fall, Jahre nach der Herstellung des Prototyps.

## **Diesellokomotive**

Im Jahre 1880 baute die Lokomotivfabrik Hanomag in Hannover die erste Lokomotive mit einem Verbrennungsmotor. Trotzdem sollte es noch viele Jahrzehnte dauern, bis Diesellokomotiven, die im normalen Eisenbahnbetrieb eingesetzt werden konnten, in Serie gebaut wurden.

Das Hauptproblem war bei großen Lokomotiven mit Verbrennungsmotor der Antrieb. Deshalb fuhren zunächst nur kleinere Dieselloks als Werksbahnen oder in Erzgruben, da hier nicht so große Lasten bewegt werden mussten. Außerdem pusten Dieselloks weniger Abgase in die Luft als Dampflokotiven. Daher waren sie für den Einsatz unter Tage besser geeignet.

Die erste Diesellokomotive, die einen ganzen Zug ziehen konnte, wurde 1912 von der deutsch-schweizerischen "Gesellschaft für Thermolokomotiven" gebaut und getestet. Sie fuhr zunächst mit Luftdruck an, bis der Motor die notwendige Drehzahl erreicht hatte. Allerdings konnte sich diese Technik nicht durchsetzen.

Die ersten in Serie gebauten großen Diesellokomotiven mit immerhin 1200 PS wurden in der damaligen Sowjetunion eingesetzt. Die deutsche Maschinenfabrik Esslingen baute 1924 im Auftrag der Sowjetunion die erste wirklich für den Alltagsbetrieb geeignete Diesellokomotive. Diesellokomotiven konnten in den wasserarmen Gebieten der Sowjetunion ihre Vorteile gegenüber Dampflokomotiven voll ausspielen. Zum einen brauchten sie kein Wasser, zum anderen konnte eine Diesellok mit einer Tankfüllung viel weiter fahren, als eine Dampflokomotive mit einer Ladung Kohlen.

### **Resümee**

Abschließend werden in diesem Abschnitt nochmals die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst, um die Verständlichkeit der Arbeit zu fördern und den Text übersichtlicher zu machen.

Wie schon im Feedback des Wissenschaftsteams erwähnt, war es ein positiver Aspekt unserer Arbeit, dass wir eine „Geschichte“ erzählen.

Da wir nicht nur die Entwicklung der mobilen Dampfmaschinen sondern auch jene der Diesellokomotiven ausführlich (=Eigene Meinung) behandelten, haben wir in dieser Facharbeit nochmals die Veränderungen der Lokomotive und die damit verbundenen Auswirkungen verdeutlicht.

Da es aber unser Ziel war einen Überblick über dieses Thema zu schaffen, der nicht nur Informationen über die Eisenbahn beinhaltet, haben wir diverse Einschübe (z.B.: „BMW's Turbosteamer“) eingebaut, welche den Sinn haben, das Verständnis zu verbessern.

### **Durchgeführte Verbesserungen gegenüber der ersten Variante**

- Absatz zur Erklärung der Themenwahl in die Einführung eingefügt
- Bildbeschreibungen hinzugefügt

- Bildquellen als Bildunterschrift eingefügt
- Bildquellen zusätzlich im Quellenverzeichnis zusammengefasst
- Text über den BMW Turbosteamer überarbeitet
- Die Verwendung des Erdöls in übersichtlicherer Form dargestellt (Davor: 5 untereinander angeordnete Bilder)
- Bild- und Textquellen stehen jetzt nicht mehr unter der Überschrift „Diverses“, sondern finden sich nun unter der Überschrift mit der naheliegenden Bezeichnung „Quellen“
- Resümee verfasst

---

## Quellen

---

### **Texte:**

- 200 Jahre Eisenbahngeschichte von Franco Tanel von WHITE
- STAR VERLAG, Vertrieb durch TRAVEL HOUSE MEDIA (Gebundene Ausgabe - Oktober 2007)
- Erdöl-eine jahrtausendlange Geschichte geht ihrem Ende entgegen

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Industrialisierung>

### **Bilder:**

- <http://www.fg-deutschkurse.de/his/indrev/revunter.htm>
- <http://mikes.railhistory.railfan.net/r082.html>
- <http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/RArocket.htm>
- <http://www.fotosearch.com/IST501/1151063/>
- <http://www.kaisergruft.at/kaisergruft/nordbahn.htm>
- <http://www.flickr.com/photos/ennor/166671122/>
- [http://www.cuug.ab.ca/branderr/eeepc/017\\_coal.html](http://www.cuug.ab.ca/branderr/eeepc/017_coal.html)
- <http://www.zeno.org/Meyers-1905/A/Dampfmaschine>
- <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/0,2828,22049,00.html>