

# Technikgeschichte

## HINWEISE

### Autor

Schmayl, Winfried. Ausgewählte Beiträge zur Technikgeschichte. Aus tu/ Zeitschrift für Technik im Unterricht 1998 bis 2013. Der Autor war Professor für Technik und Didaktik an der PH Karlsruhe.



Abb. 102 | Werbemaßnahmen der Elektrizitätswirtschaft

Bilder sind ein geeignetes Mittel, um technische Sachverhalte anschaulich darzustellen. Winfried Schmayl und die Zeitschrift für «Technik im Unterricht» (kurz: tu) stellt der Lehrmittelreihe «Technik und Design» freundlicherweise die Serie zur Technikgeschichte zur Verfügung. Die bebilderten Originaltexte sollen den Anstoß geben, sich mit der einen oder andern Erfindung näher zu Beschäftigen.

Winfried Schmayl schreibt in einer unveröffentlichten Broschüre «Bilder zur Technikgeschichte»: «Anhand eines informativen Bildmaterials soll an bedeutende technische Neuerungen der jüngeren und älteren Vergangenheit erinnert werden ... Die Erläuterungen stellen die durch die Bilder veranschaulichten technischen Sachverhalte in einen größeren Zusammenhang, um auf ihre kulturgeschichtliche Bedeutung hinzuweisen.»

### LEHRPLAN 21, KULTUR UND GESCHICHTE

**Bedeutung und symbolischer Gehalt:** Schülerinnen und Schüler kennen kulturelle und historische Aspekte von Objekten und können deren Bedeutung für den Alltag abschätzen (2. Zyklus: z. B. Bekleidung, Wohnen, Spiel, Mobilität, Elektrizität).

**Erfindungen und Entwicklungen:** Schülerinnen und Schüler können Auswirkungen von Erfindungen auf den Alltag einschätzen (2. Zyklus: z. B. Nähmaschine, Webstuhl, Bohrmaschine, Rad, Zahnrad).

**Erfindungen und Entwicklungen:** Schülerinnen und Schüler können Erfindungen und deren Folgen verstehen und bewerten (3. Zyklus: z. B. synthetische Materialien, Bionik, Energiebereitstellung, Robotik).

## INHALTSVERZEICHNIS

## THEMENFELD BAU/WOHNBEREICH

Technisierung der Hausarbeit	181
Schaukelwaschmaschine	182
Anfänge des Telefons	183
Entwicklung des Bügeleisens	184
Bakelit	185
Knabenhandarbeitsunterricht	186
Tischlerwerkstatt	187

## THEMENFELD MECHANIK/TRANSPORT

Maschinenweberei	188
Spinnfabrik	189
Lehrwerkstatt	190
Motorisierung der Landwirtschaft	191
Dreschmaschine mit Göpelantrieb	192
Lokomobile	193
Dreschen mit der Dampfmaschine	194
Rudolf Diesel und sein Motor	195
Schienenzeppelin	196
Elektrische Strassenbahn	197
Eine Fahrt im Benz-Motorwagen	198
Petroleum-Reitwagen	199
Viertaktmotor	200
Deutschlands erste Eisenbahn	201
Puffing Billy	202
Reisen mit der Postkutsche	203
Ein 3500 Jahre altes Räderfahrzeug	204

## THEMENFELD ELEKTRIZITÄT/ENERGIE

Lobpreis der gebändigten Elektrizität	205
Ein Ballett zur Verherrlichung der Technik	206
Allegorien technischer Errungenschaften	207
Von der Kohlefaden- zur Wolframglühlampe	208
Bogenlicht: die erste elektrische Beleuchtung	209
Glühlampe	210
Elektrisches Licht verdrängt die Petroleum- lampe	211
Der lange Weg der Elektrizität zur beherrschenden Energieform	212
Der Elektromotor wird Maschinenantrieb	213
Von Siemens Dynamomaschine	214
Anfänge städtischer Stromversorgung	215
Windmühle	216

## TECHNISIERUNG DER HAUSARBEIT



Abb. 103 | Waschküche um 1932

Der Einsatz moderner Geräte und Maschinen im Haushalt seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hing entscheidend daran, ob Gas oder Strom als Energieträger zur Verfügung waren. Zu Beginn dominierte das Gas. In den Städten hatten die Gasversorgungsnetze bereits beachtliche Ausmasse erreicht, als zur Jahrhundertwende die Elektrizitätsgesellschaften den Ausbau der Stromversorgung beschleunigten. Zwischen beiden Energieträgern entzündete sich ein heftiger Konkurrenzkampf. Er verschärfte sich noch, als die Elektrizitätsgesellschaften ab Mitte der 1920er Jahre, unterstützt durch die Elektroindustrie, intensiv die Elektrifizierung der Haushalte betrieben und sie als Kleinabnehmer umwarben.

Die erste elektrische Haushaltsmaschine, die technische Reife erlangte und weite Verbreitung fand, war der Staubsauger. Auf einem anderen Gebiet der Hausarbeit, dem Wäschewaschen, kam die Technisierung relativ langsam voran, obwohl sich die Elektroindustrie sehr um geeignete Maschinen bemühte. Die Ziele waren teilweise sogar zu weit gesteckt. So versuchte die Firma Siemens 1928, in ihrem «Turbowascher» die Arbeitsgänge des Waschens, Spülens und Schleuderns zu vereinen. Diese Maschine bewährte sich jedoch nicht; ihre Produktion wurde bald eingestellt. Die einzelnen Vorgänge stellten zu divergierende Anforderungen an die Maschinenkonstruktion. Befriedigende Kompaktlösungen liessen noch Jahrzehnte auf sich warten. Erst die Vollautomaten der 1960er Jahre erledigten die ganze Wäsche selbsttätig.

Lange Zeit blieben Waschen und Entwässern der Wäsche getrennt. Zur Waschmaschine kam ergänzend eine Wäscheschleuder hinzu. Das Photo von 1932 zeigt eine Hausfrau beim Umfüllen der Wäsche von der Wasch- in die Schleudermaschine. Die links an der Wand stehende Waschmaschine ist der sogenannte «Kraftwascher» von Siemens. Er wusch die Wäsche in einer waagrecht angeordneten Trommel, deren Drehrichtung während des Betriebes elektromechanisch gewechselt wurde. Für das Klarspülen der Wäsche verfügte die Maschine über eine Durchspülfunktion. Solche Garnituren aus Wasch- und Schleudermaschine wurden wegen des hohen Preises in der ersten Zeit vor allem für Waschküchen und Gemeinschaftsanlagen beschafft.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 105/2002.

## SCHAUKELWASCHMASCHINE

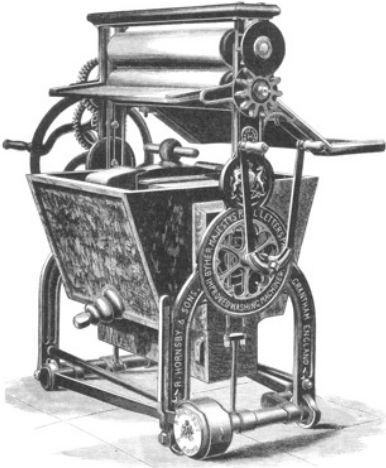


Abb. 104 | Schaukelwaschmaschine

Im 19. Jahrhundert verstärkte sich das Bestreben, schwere Arbeiten zu technisieren. Es richtete sich über Gewerbe und Landwirtschaft hinaus auch auf den Haushalt. Hier galt das Interesse der Erfinder in besonderem Mass dem Wäschewaschen, das ausserordentlich mühsam und langwierig war. Es gab zahlreiche Anläufe, wirkungsvolle Waschmaschinen zu bauen. Diese ahmten die herkömmlichen Handverfahren nach. Die Waschfrauen pressten, schlugen und bürsteten die Wäsche, sie rieben sie über die Rippen des Waschbretts, und sie schwenkten sie im Seifenwasser. Diese Tätigkeiten der Hand wollte man mechanisieren und erleichtern.

Von den Handverfahren her ging die Entwicklung zu zwei Maschinentypen. Bei dem einen Typ wurden in einem Bottich meist über einen Kurbelantrieb Quirle, Rührwerke oder ähnliche Elemente in Bewegung gesetzt, die die Wäsche rieben, stiessen, stauchten. In der anderen Grundkonstruktion wurde der Bottich selbst zusammen mit der Wäsche bewegt, um ein Fallen, Stauchen und Aneinanderreiben der Wäschestücke zu bewirken.

Die abgebildete englische Schaukelwaschmaschine mit ihrem hängenden Trog gehörte zum zweiten Typ. Wilhelm Hamm stellte sie in Deutschland vor und pries überschwenglich ihre Vorzüge: «das gesamte Geschäft des Waschens geht bei dieser nützlichen Maschine mit einer Güte, Sicherheit, Schnelligkeit und Wohlfeilheit vor sich, wie dies bisher zu erreichen noch nicht möglich gewesen ist.»<sup>1</sup> Gegenüber dem Waschen mit der Hand bot diese Maschine gewiss eine Entlastung. Es blieb allerdings noch sehr viel Handarbeit übrig.

Bevor die Wäsche in die Waschmaschine gegeben wurde, legte man sie, um den Schmutz anzulösen, noch für einige Stunden in eine Lauge. Im Trog wurde sie dann zuerst mit kochendem Seifenwasser übergossen. Nachdem der Deckel aufgesetzt war, musste der Trog über längere Zeit an den Doppelgriffen hin und her bewegt werden. Dreikantige Querleisten innerhalb des Troges erhöhten die Reibung im Gewebe. Es folgte ein zweiter Waschgang mit kaltem Wasser. Nach dem Ausspülen konnte die Wäsche entwässert werden. Dazu diente die aufgesetzte Wringmaschine mit ihren beiden Gummiwalzen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 106/2002.

1 Hamm 1872, S. 78.

## ANFÄNGE DES TELEFONS



Abb. 105 | Erste Telefonanlagen

Die Idee des Telefons hat im 19. Jahrhundert eine ganze Reihe von Erfindern beschäftigt. Vornan stehen zwei Lehrer: der Deutsche Johann Philipp Reis und der aus Schottland stammende Amerikaner Alexander Graham Bell. Unter den Forschern, die nach Möglichkeiten elektrischer Sprachübermittlung suchten, fand Reis zuerst einen praktikablen Weg.

Reis liess sich bei seinen Versuchen vom Aufbau des menschlichen Ohres leiten. Er experimentierte seit etwa 1860 mit einem Ohrmodell, um Schallwellen in Stromimpulse umzuwandeln: Eine Membran beeinflusste einen Kontaktmechanismus, der innerhalb eines Stromkreises im Rhythmus der Schallwellen elektrische Schwingungen verursachte. Ein Empfänger verwandelte mithilfe eines Elektromagneten die elektrischen Schwingungen zurück in mechanische und machte sie über einen Resonanzkasten hörbar. Mit seiner Apparatur konnte Reis überzeugend eine Form der elektrischen Schallübertragung demonstrieren. Doch blieb die Sprachverständigung unzulänglich.

Für die Sprachübertragung war Bells Lösung besser geeignet. Bell, von Hause aus Gehörlosenlehrer, unterrichtete Stimmphysiologie an der Universität Boston. Die Abbildung zeigt ihn bei Telefonexperimenten mit seinem Assistenten Thomas Watson. Bell benutzte zum Sprechen wie zum Hören die gleiche Anordnung: Eine durch den Schall zum Schwingen gebrachte Metallplatte induzierte über einen Magneten in einer Spule einen pulsierenden Strom. Auf der Gegenseite verwandelten Spule, Magnet und Metallplatte die durch Leitungen übertragenen elektrischen Impulse wieder in Schallwellen. Zuerst bereiteten grössere Entfernungen noch Schwierigkeiten. Durch den Einsatz des Kohlemikrofons konnte dann aber die Übertragungstrecke erheblich vergrössert werden.

Anders als Reis hatte Bell von Anfang an die wirtschaftliche Verwertung seiner Erfindung im Auge. 1876 erhielt er ein grundlegendes Patent auf seine Konstruktion. Mit diesem Patent als geistigem Kapital gründete er 1877 eine Telefongesellschaft, die schnell eine marktbeherrschende Stellung erlangte.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 117/2005.

## ENTWICKLUNG DES BÜGELEISENS



Abb. 106 | Entwicklung des Bügeleisens

Der Vorgang des Bügelns mit dem Eisen ist seit Jahrhunderten bis heute im Prinzip gleich geblieben: Es galt, das Eisen auf einfache Weise zu erhitzen und die geeignete Temperatur möglichst lange zu halten. Zufriedenstellend ist das erst im 20. Jahrhundert mit dem Reglerbügeleisen gelungen.<sup>1</sup>

Bügeleisen sind seit dem frühen 17. Jahrhundert nachgewiesen. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts dienten feste Brennstoffe zur Beheizung. In dieser Zeit waren mehrere Bügeleisentypen gleichzeitig in Gebrauch. Beim Bolzenbügeleisen wurden passend geformte Metallelemente, die Bolzen, im Ofen erhitzt und dann in den Hohlraum des Bügeleisens geschoben. Das Kohlenbügeleisen wurde direkt beheizt, indem man es mit glühenden Kohlen bestückte. Weit verbreitet waren massive Block- und Flacheisen. Man stellte sie zum Erhitzen auf den Herd oder einen speziellen Bügelofen.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts kamen neue direkte Beheizungsverfahren auf. Man verwendete Glühstoffelemente (präparierte Hohlkohle), Spiritus und später Gas. Die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts brachten eine steigende Nutzung der elektrischen Energie, auch im privaten Bereich. Haushalte, die ans Stromnetz angeschlossen waren, nutzten die neue Energie zumeist auch zum Bügeln. Da anfangs noch keine Wandsteckdosen verlegt wurden, konnte man elektrische Bügeleisen an der Lampe anschliessen. Auch bei ihnen musste die Hausfrau noch ständig auf die richtige Temperatur achten und aufpassen, dass die Wäsche nicht anbrannte. Dies wurde erst bei den Reglerbügeleisen überflüssig, die die Elektroindustrie ab Ende der 1920er Jahre anbot. Ihre Temperatur konnte für verschiedene Stoffarten eingestellt werden, von Kunstseide bis zu Leinen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 115/2005.

1 Vgl. Strobel 1987.

## BAKELIT



Abb. 107 | Anwendungen von Bakelit

Schon über drei Jahrzehnte hatten Chemiker in verschiedenen Ländern vergeblich nach einem brauchbaren Syntheseprodukt aus Phenol und Formaldehyd gesucht, als sich um 1905 der Flame Leo Hendrik Baekeland (1) dieser Aufgabe stellte. Bei allen früheren Versuchen waren harzige und schmierige Massen entstanden, keine definierte chemische Verbindung.

Baekelands Forschungen erbrachten innerhalb relativ kurzer Zeit Klarheit über den Syntheseprozess. Zu seinem Erfolg trug gewiss bei, dass er nicht unbesehen die Arbeiten seiner Vorgänger fortsetzte, sondern alle vorliegenden Versuche und Rezepte sorgfältig überprüfte. Baekeland löste schliesslich das Problem, indem er Phenol und Formaldehyd unter Druck und bei hohen Temperaturen verband, wobei er gezielt saure und basische Katalysatoren einsetzte. Im abgebildeten Versuchsgefäss (2) entstand 1907 zum ersten Mal Phenolharz. Das Bakelit, wie Baekeland es nannte, war das erste Material, welches nur aus künstlichen Ausgangsstoffen erzeugt wurde. Insofern gilt es als erster wirklicher Kunststoff.

Für die vielfältige Anwendbarkeit schuf Baekeland weitere Voraussetzungen. Er entdeckte, dass sich Bakelit als Bindemittel für alle möglichen Füllstoffe wie Sägespäne, Textilschnitzel, Mineralien, Farben eignete. Ausserdem erreichte er, dass die Bakelitformlinge in kurzer Zeit im Formwerkzeug aushärteten, was das Verfahren wirtschaftlich machte. 1909 stellte Baekeland seinen neuen Kunststoff der Öffentlichkeit vor und zwar in Deutschland, wo 1910 bei Berlin mit der Bakelitfabrikation begonnen wurde. Werke in anderen Ländern folgten.

Seine grosse Zeit hatte das Bakelit zwischen beiden Weltkriegen. Für manche Gebiete wie die sich gerade entwickelnde Elektroindustrie war es der ideale Werkstoff, denn es isolierte zuverlässig und widerstand grosser Hitze. Als Gehäusematerial sorgte es für die Verbreitung von Radio, Telefon und Kamera (3, 4, 5). Viele Gegenstände des täglichen Lebens wurden aus Bakelit gefertigt, wegen seiner guten Formbarkeit oft in neuartigen Gestaltungen (6). Auch in die Welt des Dekorativen und Schönen fand es Eingang. Mit Schmuck und Damenhandtaschen etwa traten leuchtende Farben zu den sonst gewählten dunklen Tönen hinzu.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 132/2009.

## KNABENHANDARBEITSUNTERRICHT

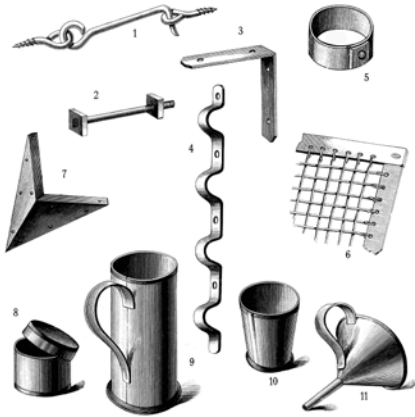


Abb. 108 | Metallarbeiten des Knabenhandarbeitsunterrichts

Die abgebildeten Gegenstände sind Werkstücke des «Normallehrgangs für Metallarbeiten», wie er unter Woldemar Götze an der Leipziger Lehrerbildungsanstalt des Deutschen Vereins für Knabenhandarbeit um 1890 entwickelt worden ist. Götze bezeichnete sie als «ländliche Metallarbeiten», denn die Aufgaben sollten dem Interessenkreis der Schüler entnommen und im Alltag verwendbar sein. So enthielt der Metalllehrgang für Schülerwerkstätten auf dem Lande u. a. die Objekte: Haken für Türverschluss (1), Schraube mit Kopf und Mutter (2), Winkel für Holzverbindung (3), Werkzeug oder Löffelhalter (4), Zwinde für Holzstiel (5), Rahmen und Drahtgitter (6), Ecke für Kistenbeschlag (7), Büchse (8), Halblitermass (9), Becher (10), Trichter (11).

Das Konzept der Normallehrgänge ist auch als Leipziger Methode bekannt geworden. Es stellt ein nach Werkstoffen gegliedertes, in allen Einzelheiten ausgearbeitetes Curriculum für den Handfertigkeitsunterricht dar. Die Lehrgänge für die Papp-, Holz- und Metallarbeit sowie für das Modellieren gaben die herzustellen Objekte genau vor. Der Unterricht thematisierte ihre Fertigung, nicht aber ihre funktionale und konstruktive Beschaffenheit. Die Aufgaben waren so gestuft, dass die Schüler von einfachen zu schwierigen Fertigungsverfahren geführt wurden. Wegen seiner hohen Anforderungen war der Metalllehrgang erst für ältere Schüler gedacht.

Innerhalb der breiten Strömung des Handfertigkeitsunterrichts im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts hatte Götze eine besondere Version entwickelt. Sie stand zwischen Ansätzen des sogenannten Dilettantismus und solchen strenger Handwerksorientierung. Der pädagogisch ausgerichtete Ansatz Götzes fand in der Lehrerschaft grossen Anklang. Sein Arbeitsunterricht wollte einen Beitrag zur allgemeinen Bildung leisten. Die «erziehliche Handarbeit» sollte Hand, Sinne, Geschmack und Willen schulen und damit die intellektuelle Bildung der herkömmlichen Schulfächer ergänzen.

Aus: *tu*/Zeitschrift für Technik im Unterricht 114/2004.



## TISCHLERWERKSTATT



Abb. 109 | Tischlerarbeiten Anfangs 19. Jahrhunderts

Die Darstellung der Tischlerwerkstatt stammt aus einer Sammlung mit 30 Berufsbildern, die die lithografische Kunstanstalt J. F. Schreiber, Esslingen, um 1840 herausgegeben hat. Alle Bilder sind gleich aufgebaut. In der Mitte findet sich eine Szene, die das Geschehen an der Arbeitsstätte des betreffenden Handwerks wiedergibt. Handwerker sind bei charakteristischen Tätigkeiten ihres Berufs zu sehen. Die Werkstattszene wird von Abbildungen der Hauptwerkzeuge und typischer Erzeugnisse des Handwerks eingerahmt.

Auf dem Blatt mit der Tischlerwerkstatt handhabt ein Mann die Bohrwinde, ein anderer hobelt. Zwei Männer schneiden ein Brett mit der Gestellsäge zu, zwei weitere setzen einen Schrank zusammen und leimen das Stück einer Zwischenwand ein. Tischlerwerkzeuge und verschiedene Möbel umrahmen das Werkstattbild.

Die Bilderbogen wurden im damals noch recht neuen Flachdruckverfahren der Lithografie hergestellt. Es erlaubte auf einfache Weise und zu günstigem Preis, grössere Auflagen zu produzieren. Zu jedem Bogen gehörte ein erklärender Text. Die Handwerksdarstellungen verfolgten didaktische Absichten. Sie waren vornehmlich für den Anschauungsunterricht gedacht, hatten also die Funktion von Unterrichtsmedien. Insgesamt sollten sie ein umfassendes Bild vom Handwerk der damaligen Zeit geben. Die Heranwachsenden konnten einen Eindruck von den wichtigsten Berufen der vorindustriellen Epoche gewinnen und sich besser auf die zu treffende Berufswahl einstellen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 119/2006.

## MASCHINENWEBEREI

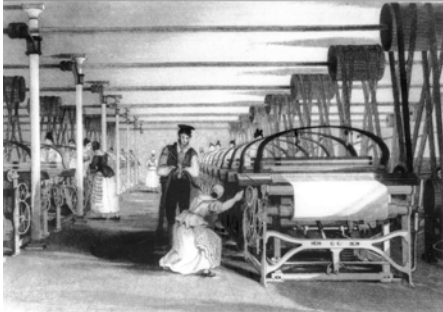


Abb. 110 | Maschinenweberei

Die Industrialisierung des Textilgewerbes begann im 18. Jahrhundert mit dem Spinnen. In Stufen verbesserte Spinnmaschinen ermöglichten eine erhebliche Steigerung der Garnproduktion. Obwohl der nun sich einstellende Garnüberfluss das Gleichgewicht zwischen Spinnerei und Weberei störte, kam es erst Jahrzehnte später zu einer vergleichbaren Industrialisierung des Webens. Zwar liess sich bereits 1785 der englische Geistliche Edmund Cartwright einen mechanischen Webstuhl patentieren, der aber kaum leistungsfähiger war als übliche Handwebstühle. Auch der 1803 von William Horrock zum Patent angemeldete verbesserte Maschinenwebstuhl erzielte noch nicht den Durchbruch. Das hatte in erster Linie technische Gründe: Der mechanische Webstuhl erforderte verglichen mit der Spinnmaschine eine kompliziertere Bauweise. Maschinenkonstruktionen mussten damals noch überwiegend in Holz ausgeführt werden, was einer effektiv arbeitenden Webmaschine entgegenstand. Erst als die Metallverarbeitung genügend fortgeschritten war und bessere Maschinenkonstruktionen ermöglichte, wurde nach dem Spinnen auch das Weben industrialisiert.

Vater der dritten Generation von Webmaschinen war Richard Roberts, ein Metallfachmann. Er stellte 1822 eine grösstenteils aus Eisen und Stahl bestehende, sehr kompakte Webmaschine vor. Sie war den Webstühlen der Handweber deutlich überlegen und brach dem maschinellen Weben die Bahn. Der abgebildete Stahlstich zeigt einen Fabriksaal mit Roberts'schen Webmaschinen. Eine ausserhalb in einem Kesselhaus untergebrachte Dampfmaschine treibt über ein System von Wellen und Transmissionsriemen die reihenweise aufgestellten Webmaschinen an. Wie das Bild ersehen lässt, musste noch jede Maschine durch eine Person betreut werden, die sie mit Garn beschickte, den Fertigungsablauf überwachte, gerissene Fäden wieder anknüpfte usw. Solche Anlerntätigkeiten übernahmen durchweg Frauen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 99/2001.

## SPINNFABRIK



Abb. 111 | Spinnfabrik Anfang des 19. Jahrhunderts

Bei der Mechanisierung und Industrialisierung der Produktion übernahm das Textilgewerbe eine Vorreiterrolle. Innerhalb der Textilverfahren ging ab Mitte des 18. Jahrhunderts die Baumwollspinnerei mit der Erfindung und dem Einsatz produktionssteigernder Maschinen voran.

In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts war in England bei der Verarbeitung von Wolle zu Garn ein Engpass entstanden, der Bestrebungen in Gang setzte, das Spinnen stärker zu technisieren. Um 1764 konstruierte der Weber James Hargreaves seine «spinningjenny», deren Benennung vermutlich auf eine Verballhornung des englischen «engine» zurückgeht. Die Jenny war eine handbetriebene Maschine, welche die Tätigkeit der Spinnerin mit technischen Mitteln nachahmte. Sie erzeugte weichgedrehte Garne, die nur als Schussfäden beim Weben taugten.

Ein weiterer Schritt in der maschinellen Spinnerei gelang Richard Arkwright. Er liess sich 1769 eine für den Kraftmaschinenantrieb ausgelegte Spinnmaschine patentieren. Da sie anfangs mit Wasserkraft betrieben wurde, erhielt sie den Namen «waterframe». Die Waterframe konnte nur festgedrehte Garne (Kettgarne) spinnen. Während die Jenny überwiegend in der Heimindustrie verwendet wurde, lohnte sich der Einsatz der Waterframe im industrialisierten Grossbetrieb.

Die Abbildung zeigt einen Fabriksaal mit Maschinen der nächsten Stufe. Es handelt sich um Mulemaschinen. Die Mule war eine 1779 vorgestellte Erfindung des Webers Samuel Cromton, in der er die Arbeitsweise von Jenny und Waterframe auf originelle Weise kombiniert hatte. Auf diese Kreuzung deutet auch der Name Mule (englisch: Maulesel) hin. Um vor allem die Bewegungsabläufe sachgerecht zu steuern, waren gute technische Fachkenntnisse erforderlich. Mulemaschinen wurden von entsprechend ausgebildeten Männern bedient. Frauen und Kinder verrichteten Hilfsarbeiten wie das Beheben von Fadenbrüchen oder das Auffegen des Faserstaubes.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 113/2004.

## LEHRWERKSTATT



Abb. 112 | Siemens-Lehrwerkstatt, 1900

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts richteten grosse Industrieunternehmen in wachsender Zahl Lehrwerkstätten für ihren Facharbeiternachwuchs ein. Die Abbildung zeigt eine Werkstatt der Firma Siemens aus der Zeit um die Jahrhundertwende. Das Erscheinungsbild bestimmen noch Treibriemen, Vorgelege, Mechanikerdrehbänke mit Fussantrieb und Bogenlampen. Der Name der Lampen verweist auf den Lichtbogen, den sie zwischen zwei Kohlestäben erzeugten.

Anfangs kamen die qualifizierten Facharbeiter der Industrie aus dem Handwerk. Dieses bildete mehr Gesellen und Meister aus, als es selbst beschäftigen konnte. Bald jedoch wurde der Bedarf an Facharbeitern so gross, dass er auf diesem Wege nicht mehr gedeckt werden konnte. Ausserdem unterschieden sich handwerkliche und industrielle Produktion mehr und mehr voneinander. Das veranlasste die Industrie, ihren Facharbeiternachwuchs selbst heranzuziehen. Sie tat das zunächst ähnlich wie das Handwerk in einer Art Nebenher-Qualifizierung. In Fabriksälen wurden Lehrlingsecken eingerichtet. Dort schulte ein bewährter Meister seine Lehrlinge an Aufgaben von steigender Schwierigkeit. Diese Aufgaben waren auf die Fertigung bezogen, in der der Lehrling immer wieder mitarbeitete.

Zunehmende Arbeitsteilung, eine verfeinerte Technik und beschleunigte Fertigungsabläufe machten in der Folgezeit die Produktion schwerer durchschaubar und liessen die «enpasant-Lehre» fragwürdig erscheinen. Das führte zu einem neuen formalisierten Konzept der Berufsausbildung mit der Trennung von Ausbildung und Produktion. An die Stelle der Lehrlingsecke trat die betriebliche Lehrwerkstatt, in der die angehenden Facharbeiter systematisch in die Grundfertigkeiten ihres Berufs eingeführt wurden. Zur theoretischen Ergänzung der praktischen Ausbildung in der Lehrwerkstatt besuchten die Lehrlinge eine staatliche Fortbildungsschule oder, sofern am Standort vorhanden, die firmeneigene Werkschule. Als dann seit Ende des 19. Jahrhunderts die Fortbildungsschule zur Berufsschule umgewandelt wurde, wozu Georg Kerschensteiner entscheidende Impulse gab, kristallisierte sich langsam das duale System der Berufsausbildung heraus.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 108/2003.

## MOTORISIERUNG DER LANDWIRTSCHAFT



Abb. 113 | Erster serienmässig produzierter Kleinschlepper

Die Dampfmaschine ersetzte bis ins 20. Jahrhundert hinein nur in einzelnen Bereichen der Landwirtschaft menschliche und tierische Muskelkraft, vor allem beim Dreschen. Der Elektromotor war zum Betrieb landwirtschaftlicher Maschinen erst nutzbar, nachdem die Stromversorgung auch die ländlichen Bezirke erreicht hatte. Das trat sehr langsam in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ein. Da elektrische Energie nur in stationären Maschinen einsetzbar war, kam sie als Ersatz der Pferde- und Ochsespanne nicht in Betracht. So begann die Mechanisierung der Landwirtschaft nach dem Ersten Weltkrieg, als Traktoren mit Dieselmotoren entwickelt worden waren. Mit dem Traktor erhielt die Landwirtschaft eine wendige und vielseitige Kraftmaschine, die nicht nur als Zugmaschine für Wagen, Pflug und anderes Ackergerät diente, sondern auch als Antrieb für verschiedenste Arbeitsmaschinen zu gebrauchen war. Das Foto zeigt den ersten serienmässig produzierten Kleinschlepper, wie er über einen Transmissionsriemen eine Dreschmaschine antreibt. Er war mit einem Einzylindermotor ausgerüstet, der 11 PS erzeugte. Von 1936 bis 1950 gebaut, leitete dieser Traktor die Motorisierung der kleinen Bauernbetriebe ein.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 100/2001.

## DRESCHMASCHINE MIT GÖPELANTRIEB



Abb. 114 | Dreschmaschine mit Göpelantrieb (um 1850)

Der im frühen 19. Jahrhundert von England ausgehenden Technisierung vieler Produktionszweige konnte sich die Landwirtschaft nicht lange entziehen. Arbeitsbedingungen und Löhne lockten Landarbeiter in die wachsenden städtischen Industrien. Das zwang die Landwirtschaft dazu, ebenfalls mehr Maschinen einzusetzen.

Die technischen Neuerungen betrafen allerdings nicht die Kraftmaschinen. Auf dem Gebiet der Energiequellen gab es bis ins 20. Jahrhundert hinein keine wesentlichen Änderungen; es blieb überwiegend bei menschlicher und tierischer Muskelkraft. Die Dampfmaschine spielte nur beim Lohndrusch durch wandernde Dreschkolonnen eine Rolle. Aber noch um 1900 droschen zwei Drittel der Bauern mit dem Göpel und nur ein Drittel mit Dampfkraft. Fortschritte erzielte die Landtechnik dagegen bei den Arbeitsmaschinen. Das war der sich rasch entwickelnden Metallbearbeitung zu verdanken. Sie ermöglichte Maschinen, die dauerhafter waren, exakter funktionierten und wirtschaftlicher arbeiteten.

Eine der gebräuchlichsten Landmaschinen wurde die Dreschmaschine. Auf dem Bild ist eine 1849 konstruierte englische Dreschmaschine zu sehen. Sie war ganz aus Metall und zeichnete sich durch ihren kompakten Bau aus, der eine bequeme Aufstellung gestattete. Acht Mann konnten sie tragen, und auf einen Karren verladen liess sie sich samt Göpel zum Einsatz aufs Feld schaffen.

Der Dreschvorgang lief so ab: Über einen geneigten Tisch mussten dünne Lagen Getreidehalme in die Maschine geschoben werden. Die sich mit hoher Geschwindigkeit drehende Dreschtrommel ergriff die Halme und schlug sie gegen einen konzentrischen Mantel von Eisendraht. Dabei lösten sich die Körner aus den Ähren. Das Stroh glitt über einen Rost ab, während sich die Körner unterhalb der Trommel sammelten.

Die 800 Umdrehungen pro Minute, die zum einwandfreien Betrieb der Maschine erforderlich waren, wurden in zwei Stufen erzeugt. Ein Übersetzungsgetriebe befand sich im Zylinder des Göpels, ein weiteres an der Maschine. Das hier sichtbare Stirnradgetriebe an der Maschine wurde während des Betriebs mit einer Verschalung abgedeckt. Auch diese verhältnismässig kleine Dreschmaschine benötigte mindestens sechs Personen als Bedienung. Eine Reihe von Arbeiten taten Frauen. Zwei Pferde drehten den Göpel; Ochsen waren wegen ihrer langsameren Gangart nicht geeignet.

## LOKOMOBILE

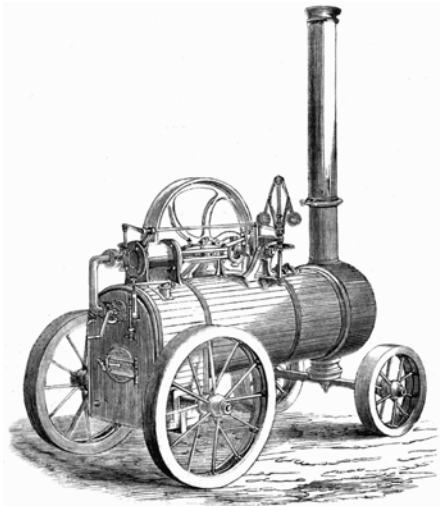


Abb. 115 | Lokomobile

Dampfmaschinen sind auf dreierlei Weisen zum Einsatz gekommen. Die ursprüngliche Verwendungsart war die als stationäre Kraftmaschine. Überwiegend in einem eigenen Maschinenhaus aufgestellt, trieb die Dampfmaschine in angrenzenden Gebäuden zumeist eine ganze Reihe von Arbeitsmaschinen. In dieser Verwendung hat sie den Wandel von der Manufaktur zur industriellen Produktion bewirkt. Die zweite Verwendung als transportierende Kraftmaschine war nicht weniger spektakulär und folgenreich. In den Gestalten von Lokomotive und Schiffsmaschine hat die Dampfmaschine das Transportwesen revolutioniert. Die dritte Verwendungsweise als transportable Kraftmaschine trat hinter den beiden anderen zurück. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden besonders für die Landwirtschaft fahrbare Dampfmaschinen, sogenannte Lokomobile, gebaut. Pferdegespanne zogen sie an ihre wechselnden Einsatzorte. Spätere leistungsfähigere Ausführungen waren dann zugleich selbst Zugmaschine und konnten eine Arbeitsmaschine mitführen.

Der Holzschnitt zeigt eine der ersten Lokomobilen. Sie ist in England hergestellt worden, wo auch diese Form der Dampfmaschinenutzung aufkam. Die abgebildete Lokomobile leistete 7 PS und war zum Betreiben von Holzsäge, Häckselschneide, Schrotmühle, Dreschmaschine u. a. gedacht. Das Schwungrad fungierte gleichzeitig als Riemenscheibe zur Kraftabgabe an die Arbeitsmaschinen. Für die Fortbewegung durch Zugtiere wurde an der schwenkbaren Vorderachse eine Gabel oder Deichsel angebracht. Der obere Teil des Schornsteins konnte für den Transport abgenommen werden.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 104/2002.

## DRESCHEN MIT DER DAMPFMASCHINE

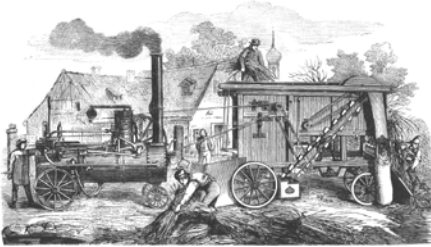


Abb. 116 | Dreschen mit der Dampfmaschine

Die Dampfmaschine war wörtlich und in übertragenem Sinn Motor der Industrialisierung. Für die Landwirtschaft hat sie jedoch, selbst in fahrbarer Ausführung als Lokomobile, keine ausschlaggebende Bedeutung erlangt. Dafür war sie zu schwerfällig und zu teuer. Auf grossen Gütern kamen hier und da Dampfpflüge zum Einsatz. Den weitesten Gebrauch von der Dampfkraft machte die Landwirtschaft beim Dreschen. In früheren Jahrhunderten hatte das mühselige Dreschen mit dem Flegel oft mehrere Wintermonate in Anspruch genommen. Später erleichterten und beschleunigten Dreschmaschinen, die von Pferdegöpeln angetrieben wurden, diese Arbeit. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ging man dazu über, die Kraft der Tiere durch die von Dampflokomobilen zu ersetzen. Da sich kleine und mittlere Betriebe keine eigene Dampf Dreschkombination leisten konnten, zogen Dampf Dreschkolonnen von Hof zu Hof und besorgten in wenigen Tagen den Getreidedrusch.

In seiner Autobiografie «Das Leben eines Landarbeiters» (Hamburg 1985) beschreibt Franz Rehbein, Jahrgang 1867, die gefährlichen Arbeitsbedingungen: Als junger Bursche hatte er einmal die sechs Pferde am Göpel anzutreiben. Eine Frau war versehentlich der Göpelstange zu nahe gekommen. «Schon hatten sich ihre Röcke in der rotierenden Stange verfangen, und mit unwiderstehlicher Gewalt wurde sie zu Boden gerissen. Bei diesem Anblick packte mich wilde Angst. Wie besessen schrie ich: «Prrr, prrr!» Gottlob, die Pferde standen. Noch eine paar Schritte der Tiere, noch eine paar Umdrehungen der Triebstange – und der Frau wäre rettungslos das Kreuz gebrochen worden» (S. 49). Mit 28 Jahren machte ihn selbst ein Unfall an der Dampf Dreschmaschine zum Krüppel. Er schildert den Unfall in seinen Erinnerungen so: «Es war an einem Septembersonntag, als wir mit der Dreschmaschine auf dem Hofe eines Landwirts in Hödienwisch tätig waren [...] Emsig und unverdrossen hatten wir den ganzen Vormittag über in Staub und Zug gearbeitet. Als nun der Heizer an der Lokomobile zu Mittag pfiff, hielt ich wie gewöhnlich eine Garbe umgekehrt in die noch stark rotierende Dreschtrommel, um diese dadurch eher zum Stillstand zu bringen. Hierbei glitt ich ein wenig aus. Sofort erfasste die Trommel die grosse rauhe Hafergarbe mehr, als wie sie es eigentlich sollte, und damit auch zugleich – meine Hand... Ich fühlte nur, dass ich in der Maschine sass. Die Trommel zog nach unten, ich zog nach oben – und schon im nächsten Moment war mir der rechte Arm weggerissen» (S.284 f.).

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 107/2003.



## RUDOLF DIESEL UND SEIN MOTOR

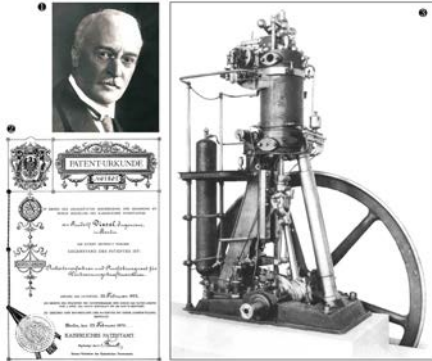


Abb. 117 | Rudolf Diesel und sein Motor

In seinem Ingenieurstudium bei Carl Linde wurde Rudolf Diesel genauer mit der Dampfmaschine und ihrem schlechten Wirkungsgrad bekannt. Er hörte dort auch von den Arbeiten des französischen Physikers Sadi Carnot und von dessen Theorie des Kreisprozesses, die eine ideale Verbrennungsmaschine mit einem Wirkungsgrad von 100 % beschreibt.

Das brachte Diesel auf den Gedanken, einen rationellen Motor zu konstruieren, der vielleicht sogar den Carnot-Kreisprozess verwirklichte. In Rudolf Diesels Biografie schrieb sein Sohn Eugen später, dass der Vater irgendwann zwischen 1889 und 1891 die Idee hatte zu einer «Verbrennungsmaschine mit überaus hoher Kompression reiner Luft und Einführung des Brennstoffs in die heisse Luft im oberen Totpunkt».<sup>1</sup>

Diesel beschrieb diese rationelle Verbrennungskraftmaschine und erhielt darauf 1893 das Deutsche Reichspatent Nr. 67207. Wie viele Patente dieser Zeit war es wenig realitätsbezogen aufgesetzt und in dieser Form nicht zu verwirklichen. Das hat ihm dann nicht wenig Ärger eingebracht. Sein Patent wurde angefochten; er selbst und sein Motor waren Angriffen ausgesetzt.

In der Maschinenfabrik Augsburg (später MAN) fand er ein Unternehmen, das ihm finanziell und technisch die Entwicklung seines Motors ermöglichte. Bereits im Sommer 1893 war ein Versuchsmotor fertig, der allerdings nicht funktionierte. Es brauchte noch jahrelange Anstrengung bis zum Erfolg. Im Februar 1897 lief schliesslich der erste praxistaugliche Dieselmotor. Er wog 4,5t und leistete 20 PS. Mit einem Wirkungsgrad von 26 % setzte er sich an die Spitze aller Verbrennungsmotoren. Bis heute ist der Dieselmotor die wirtschaftlichste Wärmekraftmaschine.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 149/2013.

1 Reuss 1993, S. 11.

## SCHIENENZEPELIN

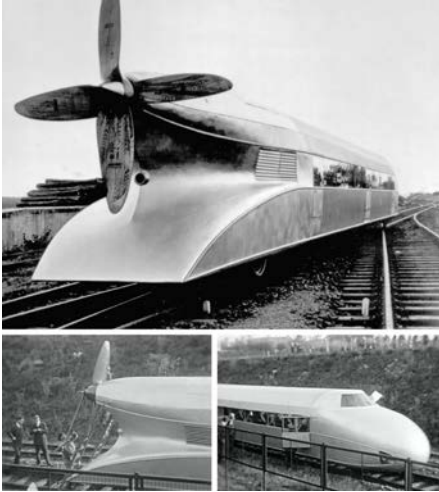


Abb. 118 | Schienenzeppelin

Der in die Eisenbahngeschichte eingegangene legendäre «Schienenzeppelin» Kruckenberg geht auf die Anstrengungen der Reichsbahn zurück, dem seit den 1920er-Jahren zunehmenden innerdeutschen Luftverkehr etwas entgegenzusetzen. Mit schnelleren Zügen sollte der Abwanderung von Reisenden zur Lufthansa begegnet werden. Im Auftrag der Reichsbahn entwickelte Franz Kruckenberg, der vorher im Luftschiffbau gearbeitet hatte, einen propellergetriebenen Schnelltriebwagen. Er war wie ein Flugzeug strömungsgünstig geformt und, um das Gewicht zu verringern, mit einer Aluminiumhaut versehen. Die Länge des zweiachsigen Wagens betrug 26 m. Der Propeller hatte seinen Sitz am Heck des Wagens. Wie die Bilder zeigen, wurden unterschiedliche Propeller erprobt. Während der vier Jahre dauernden Experimente kamen auch mehrere Motorversionen zum Einsatz.

Auf seinen Versuchsfahrten zwischen Hamburg und Berlin stellte der Schienenzeppelin 1931 mit 230 km/h einen Geschwindigkeitsrekord auf, der bis 1955 Bestand hatte. Von dem Propellerwagen hat bloss ein einziges Exemplar existiert. Es wurde später aus Gründen des Materialbedarfs verschrottet. Wegen gravierender Schwächen setzte sich der Propellerantrieb im Eisenbahnbetrieb nicht durch. Man konnte keine Waggons anhängen; zum Anfahren war ein zusätzlicher Antrieb nötig; an Steigungen riss der Luftstrom ab. Doch war der Schienenzeppelin in der Entwicklung des Schnellverkehrs auf der Schiene ein wichtiges Glied.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 120/2006.

## ELEKTRISCHE STRASSENBAHN

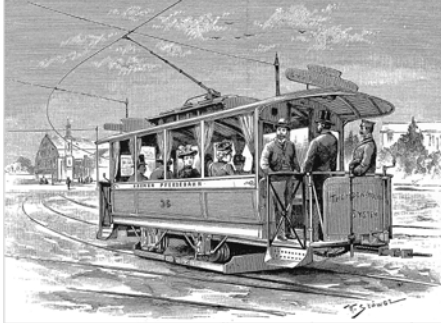


Abb. 119 | Die Gartenlaube, 1890

Mit den Städten wuchs im 19. Jahrhundert der Verkehr. Er blieb zunächst Individualverkehr zu Fuss. Gegen Mitte des Jahrhunderts richtete man Verkehrsverbindungen mit vielsitzigen Wagen, sogenannten Pferdeomnibussen, ein. Der Siegeszug der Eisenbahn gab den Anstoss, die Pferdeomnibusse auf Schienen fahren zu lassen.

Diese von Pferden gezogenen Strassenbahnen spielten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine grosse Rolle für den innerstädtischen Verkehr. Doch sie erforderten viel Personal und waren sehr kostspielig. Die Pferdehaltung machte etwa die Hälfte der Betriebskosten aus und brachte weitere Probleme mit sich wie die starke Beanspruchung des Pflasters und die ständige Reinigung der Strassen vom Pferdemist.

Die Nachteile der Pferdebahnen und der Wachstum der Städte veranlassten eine intensive Suche nach besseren Lösungen. Es gab z. B. Versuche mit Druckluftstrassenbahnen und Gasmotoren als Antrieb. Dampfstrassenbahnen, die in mehreren Städten fuhren, konnten sich wegen der von ihnen ausgehenden Lärm- und Rauchbelästigung nicht halten.

Den Durchbruch schaffte die elektrische Strassenbahn. Sie wurde möglich, als ab 1880 leistungsfähige Elektromotoren zur Verfügung standen. Schon 1881 baute Siemens eine Versuchsstrecke in Berlin-Lichterfelde. Die elektrische Strassenbahn hatte gegenüber der Pferdebahn klare Vorzüge: Sauberkeit, mehr Sicherheit, höhere Geschwindigkeit, grössere Kapazität. Trotzdem sträubten sich die Kommunen in Deutschland zunächst gegen ihre Einführung. Sie befürchteten eine Verschandelung des Stadtbildes durch Oberleitungen und Masten. In den amerikanischen Städten gab es diese Bedenken nicht. So erzielten sie einen Vorsprung bei der Elektrifizierung der Strassenbahnen. Als dann einige Jahre später europäische Städte nachzogen, griffen sie amerikanische Erfindungen auf. Dazu gehörte die Stromabnahme über eine Kontaktstange mit Rolle, wie sie der abgebildete Wagen der «Bremer Pferdebahn» zeigt. Dieses Unternehmen installierte 1890 in Europa die ersten Strassenbahnen mit Oberleitung. Es benannte sich 1891 um in «Bremer Strassenbahn».

In der Folgezeit entwickelte sich die elektrische Strassenbahn in allen Grosstädten zum dominierenden Nahverkehrsmittel. Sie war die Antwort auf Bevölkerungswachstum und Flächenausbreitung der Städte, wie sie umgekehrt den Urbanisierungsprozess förderte.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 133/2009.

## EINE FAHRT IM BENZ-MOTORWAGEN



Abb. 120 | Benz-Motorwagen, 1888

In Mannheim und Cannstatt rollten die ersten Benzinkutschen über holpriges Pflaster. Ihre Konstrukteure waren Carl Benz (1844–1929) und Gottlieb Daimler (1834–1900), der Wilhelm Maybach (1846–1929) als Mitarbeiter zur Seite hatte. Etwa zur gleichen Zeit fassten sie den Entschluss, ein Strassenfahrzeug mit Benzinmotor zu bauen. Zur Verwirklichung ihres Vorhabens griffen sie auf bestimmte Vorleistungen anderer Techniker zurück, besonders auf den Viertaktmotor Nikolaus Ottos, den dieser für den stationären Betrieb mit Gas entwickelt hatte. Nachdem das Viertaktpatent Ottos durch das Reichsgericht 1886 aufgehoben worden war, konnten Benz in Mannheim und Daimler und Maybach in Cannstatt ungehindert ihre Pläne verfolgen. Sie setzten unterschiedliche Akzente. Benz wollte ein selbstfahrendes Strassenfahrzeug als Einheit von Motor und Wagen schaffen. Er widmete sich deshalb auch der Entwicklung weiterer Komponenten wie Fahrwerk in Leichtbauweise, Ausgleichsgetriebe, Zahnstangenlenkung. Seine ersten Wagen waren dreirädrige Gefährte, die sich über das Vorderrad gut lenken liessen. Daimler und Maybach verlegten sich dagegen besonders auf einen leichten Motor, in dem sie den Schlüssel für eine allgemeine Motorisierung des Strassenverkehrs sahen.

Schon im Juli 1886, nur wenige Monate nachdem die Hürde des Otto-Patents gefallen war, begann Benz in Mannheim mit Probefahrten. Als Pioniertat wird gern die Geschichte der ersten Fernfahrt erzählt, die seine Frau Berta 1888 mit dem dritten Exemplar des Benz-Autos unternommen hat. Ohne Wissen ihres Mannes war sie an einem frühen Sonntagmorgen, begleitet von ihren beiden Söhnen, in Mannheim aufgebrochen und spät-abends in dem gut 100 km entfernten Pforzheim bei der Grossmutter angekommen. Das Benzin musste unterwegs in Apotheken nachgekauft werden. Ausserdem waren einige Defekte zu beheben.

Obwohl Benz sich sehr anstrenge, mit seinem Automobil Geld zu verdienen, liessen wirtschaftliche Erfolge auf sich warten. Er stellte sein dreirädriges Fahrzeug 1888 auf der Kraft- und Maschinenausstellung in München und 1889 auf der Weltausstellung in Paris vor. Zwar berichtete die Presse recht wohlwollend. So konnte man in der Leipziger «Illustrierten Zeitung» 1888 einen Fahrbericht lesen und sich anhand des obenstehenden Bildes eine Vorstellung vom Benz-Motorwagen machen. Zu Geschäftsabschlüssen kam es aber noch nicht. Sie konnte Benz erst einige Jahre später mit anderen Modellen erzielen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 110/2003.

## PETROLEUM-REITWAGEN

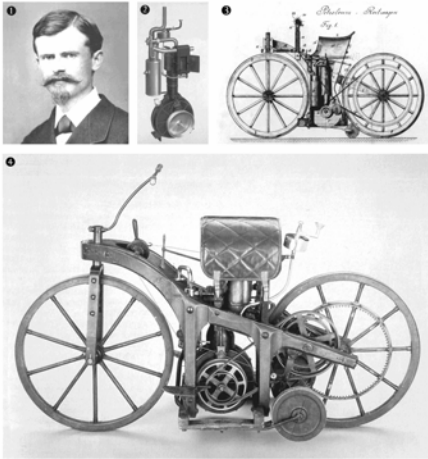


Abb. 121 | Wilhelm Maybachs Petroleum-Reitwagen

Das erste Motorrad ist eine erstaunlich einfallsreiche und in ihren Einzelheiten wohldurchdachte Konstruktion. Trotzdem war es als Versuchsobjekt nur ein Begleitergebnis der Entwicklungen Gottlieb Daimlers und seines Mitarbeiters Wilhelm Maybach. Es ging ihnen anfangs um den Motor. Beide hatten zuvor bei der Firma Deutz stationäre mit Leuchtgas betriebene Motoren gebaut. Im eigenen Unternehmen, das Daimler dann in Cannstatt gründete, verfolgten sie das Projekt eines mobilen, leistungsfähigen Benzinmotors. 1884 lief ein Prototyp der «Standuhr», wie sie den luftgekühlten Einzylinder wegen seiner hohen, schlanken Form nannten (2). Er gilt als Markstein in der Geschichte des Verbrennungsmotors.

Um die Eignung dieses Motors als Fahrzeugantrieb zu erproben, entwarf Wilhelm Maybach (1) 1885 ein hölzernes Zweirad, dem Laufrad des Freiherrn von Drais nicht unähnlich, und stattete es mit einer kleineren, verbesserten Version der «Standuhr» aus (3). Der Motor befand sich unter dem Sitz und trieb über einen Riemen das Hinterrad an. Mit seiner Leistung von einem halben PS war er bemerkenswert kräftig und elastisch. Im zweiten Gang beschleunigte er das Gefährt auf 12 km/h. Als Versuchsfahrzeug blieb der Reitwagen ein Einzelstück. Bild (4) zeigt einen Nachbau. Im nächsten Entwicklungsabschnitt wurden 1886 ein Boot und eine Kutsche motorisiert, was durch den Einbau stärkerer Versionen der «Standuhr» geschah.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 137/2010.

## VIERTAKTMOTOR

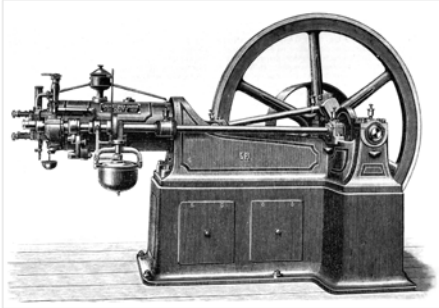


Abb. 122 | Nikolaus Ottos Viertaktmotor

Mitte des 19. Jahrhunderts hatte die Industrie mit der Dampfmaschine als bewährter Kraftmaschine eine bedeutende Stellung in der Wirtschaft erlangt. Handwerk und Kleingewerbe gerieten zunehmend ins Hintertreffen. Aus dieser Lage erwuchs der Wunsch nach einer kleinen, zuverlässigen und billig arbeitenden Energiemaschine.

Den Beginn machte der Gasmotor des Franzosen Lenoir. Er beruhte auf dem Zweitaktprinzip und nutzte direkt die Explosionswirkung des im Kolben gezündeten Leuchtgases. Vielerorts wurde darauf der Gedanke des Verbrennungsmotors aufgegriffen. In Köln veränderte Nikolaus Otto mit dem Beistand Eugen Langens die Lenoirsche Konstruktion. Er nutzte allerdings die Gasverbrennung nur indirekt, indem er damit im Zylinder einen Unterdruck erzeugte, der den Kolben hineinzog, wobei Arbeit verrichtet wurde (atmosphärisches Prinzip). 1867 war Ottos Gasmaschine ausgereift und überflügelte den Lenoir-Motor. Ein Jahrzehnt lang war sie die führende Maschine des Kleingewerbes.

Die Entwicklung ging weiter, und die Deutzer Gasmotorenfabrik von Otto und Langen drohte, ihre Spitzenstellung zu verlieren. Das veranlasste Otto, einen grundlegend neuen Motor zu konstruieren. Dieser war 1876 fertig. Er funktionierte nun auch mit direkter Verbrennung. Doch verdichtete er zuvor das Gas-Luft-Gemisch und arbeitete vor allem nach dem von Otto entwickelten Viertaktprinzip. Wegen seines ruhigen Laufs, seiner Robustheit und Wirtschaftlichkeit fand er die uneingeschränkte Bewunderung der Fachwelt. Otto hatte die Urform des Verbrennungsmotors geschaffen.

Der erste Viertakt-Otto-Motor von 1876 leistete 2 PS bei 180 Umdrehungen pro Minute. Links auf der Abbildung erkennt man den wassergekühlten Zylinder. Über ihm ist ein Schmiergefäß angebracht. Davor befindet sich die Steuerwelle, die von der Kurbelwelle über eine Kegelzahnradübersetzung angetrieben wird. Die Steuerwelle betätigt einen Schieber, der die Gaswechsellvorgänge im Zylinder und die Gasflammenzündung steuert. Der Fliehkraftregler unterhalb des Zylinders verschiebt bei zu hoher Geschwindigkeit die Gassteuernocken so, dass die Gaszufuhr aussetzt.

Rund zehn Jahre später richteten Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach sowie unabhängig von ihnen Carl Benz den Otto-Motor für Benzinbetrieb ein. Damit wurde er mobil verwendbar und zum bevorzugten Fahrzeugantrieb.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 136/2010.

## DEUTSCHLANDS ERSTE EISENBAHN



Abb. 123 | Deutschlands erste Eisenbahn

Mit der Ludwigsbahn zwischen Nürnberg und Fürth begann die Geschichte des deutschen Eisenbahnwesens. Ihren Namen erhielt die erste Bahn nach dem bayrischen Regenten, König Ludwig I. Der zeitgenössische Stich zeigt den ersten Zug, wie er Nürnberg verlässt.

Auf Betreiben des Nürnberger Bürgermeisters Johannes Scharer hatten im Mai 1833 einige Privatleute eine «Gesellschaft für die Errichtung einer Eisenbahn mit Dampffahrt zwischen Nürnberg und Fürth» gegründet. Gegen erhebliche Widerstände gelang es ihnen, die 6 km lange Strecke in zweieinhalb Jahren zu bauen und spektakulär am 7. Dezember 1835 einzuweihen.

Die Ausrüstung der Ludwigsbahn kam aus der Produktion des britischen Eisenbahnpioniers Stephenson in Newcastle, England. In rund 100 Einzelteile zerlegt gelangte die Lokomotive, der «Adler», per Schiff bis Köln und weiter per Fuhrwerk nach Nürnberg. Ein Angestellter der Firma Stephenson, William Wilson, besorgte den Zusammenbau des «Adler». Er war auch der erste Lokomotivführer.<sup>1</sup>

Mit dem «Adler» waren neun Personenwagen geliefert worden, die etwa 200 Fahrgästen Platz boten. Der Reporter des Stuttgarter Morgenblattes, der die zweite Fahrt mitgemacht hatte, versicherte seinen Lesern, «dass die Bewegung durchaus angenehm, ja wohltuend ist. Wer zum Schwindel geneigt ist, muss es freilich vermeiden, die vorüberfliegenden, nähergelegenen Gegenstände ins Auge zu fassen».<sup>2</sup>

Gleich am 8. Dezember 1835 wurde der Linienverkehr aufgenommen. Ausser dem «Adler» zogen auch Pferde die Wagen. Noch bis 1862 wurde ein Teil der Fahrten mithilfe von Pferdegesspannen zurückgelegt. Die Fahrzeit betrug mit Dampfkraft 15 Minuten, mit Pferdekraft 25 Minuten.

Allen skeptischen Stimmen zum Trotz wurde die erste deutsche Eisenbahnlinie wirtschaftlich ein Erfolg. Die Eisenbahnprojekte der nächsten Jahrzehnte halfen, die deutsche Kleinstaaterei zu überwinden. Friedrich List sah als Vorkämpfer des deutschen Eisenbahnsystems die politische Seite als wichtigste an.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 111/2004.

1 Vgl. Glaser 1994.  
2 Schulze 1908, S. 21.

## PUFFING BILLY



Abb. 124 | Puffing Billy

Das im 19. Jahrhundert aufblühende Eisenbahnwesen setzte die Schiene als Transportweg und die Dampfmaschine als Antriebskraft voraus. Holzschienenbahnen erleichterten seit Ende des Mittelalters in Bergwerken den Transport des Erzes und der Kohle. Auf den Gleisen zog ein Pferd im Vergleich zur Strasse eine sechsmal grössere Last. Bereits im 18. Jahrhundert begann man in England damit, die Holzschienen durch Schienen aus Gusseisen zu ersetzen.

Der Erste, der mit Dampfwagen experimentierte, war Richard Trevethick. Er baute bereits eine brauchbare Lok. Doch gab er wegen des Schienenproblems auf, denn die gusseisernen Gleise zerbrachen unter dem Gewicht des schweren Dampfwagens. Beharrlicher war William Hedley, Direktor des Kohlenbergwerks im englischen Wylam. Ihm gelang es nach einigen Fehlschlägen, die Dampfmaschine für den Schienenverkehr zu etablieren. Er konstruierte für den Betrieb seiner Grube drei baugleiche Loks, die dort mehrere Jahrzehnte erfolgreich ihren Dienst verrichteten. Als Erste baute er 1813 die «Puffing Billy», wie sie später scherzhaft genannt wurde. Sie ist auch die älteste erhaltene Lokomotive überhaupt. Das Original steht im Londoner Science Museum. Der Name bezog sich auf Hedley und spielte auf sein asthmatisches Keuchen an.

Die Abbildung zeigt den getreuen Nachbau der Puffing Billy für das Deutsche Museum in München. Er entspricht in allen Details dem Zustand der Lokomotive um 1860. So kann der Nachbau wie sein Vorbild angeheizt und gefahren werden.

Lok und Tender ruhen auf Holzrahmen und sind ungefedert. Auf der Seite des Tenders befindet sich aussermittig neben dem ebenfalls zur Seite versetzten Schornstein die Feuertür. Gesichert durch ein Geländer hat auf der entgegengesetzten Seite der Lokomotivführer seinen Platz. In der Nähe des Führerstandes sind ausserhalb des Kessels die beiden stehenden Zylinder angebracht.

Die Puffing Billy verwendet noch den von stationären Dampfmaschinen bekannten Balkenantrieb. Dabei übertragen die Balken die Bewegung der nach oben arbeitenden Kolbenstangen über lange Treibstangen auf die Kurbelwelle unterhalb des Kessels. Diese wiederum dreht über ein Zahnradgetriebe die Antriebsachsen. Die Puffing Billy konnte in beiden Richtungen eingesetzt werden: den Zug ziehend oder schiebend.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 142/2011.



## REISEN MIT DER POSTKUTSCHE



Abb. 125 | Kutsche in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts

Wer in der Epoche vor der Industrialisierung nicht zu Fuss oder zu Pferd reisen wollte bzw. konnte, war auf die Kutsche angewiesen. Sie war bis zum Bau von Eisenbahnlinien das allgemeine Verkehrsmittel für die Personenbeförderung. Verfügte man nicht als Adliger oder begüterter Bürger über eine eigene Kutsche, musste man die öffentlichen Postkutschenverbindungen nutzen. Diese besorgten nicht nur den regelmässigen Posttransport, sondern ebenfalls den Personenverkehr.

An der abgebildeten Kutsche lässt sich der Stand des Kutschenbaus Anfang des 19. Jahrhunderts erkennen. Um den Wagenkasten abzufedern, ist er an Federn aus Stahlblättern und an Lederriemen aufgehängt. Trotzdem war das Reisen alles andere als erholsam. Das hing vor allem mit dem schlechten Zustand der Strassen zusammen. Gepflasterte Strassen gab es fast nur in den Städten.

In Wilhelm von Kügelgens «Jugenderinnerungen eines alten Mannes» (1870, Neuausgabe Leipzig 1992) findet sich die Schilderung einer Fahrt mit der Postkutsche. Als junger Bursche wollte von Kügelgen 1818 von Bernburg aus zurück ins heimliche Dresden. Den ersten Teil des Weges hatte er zu Fuss zurückgelegt. Für das zweite, grössere Stück ab Leipzig nahm er die Postkutsche:

«Nachdem ich hier bei Volkmanns einen Tag gerastet hatte, setzte ich die fernere Reise mit der Post fort. Zwischen Leipzig und Dresden gingen damals zwei Personenposten, die sogenannte gelbe und die grüne Kutsche. Die erste dieser Gelegenheiten stiess dermassen, dass Leib und Seele Gefahr liefen, voneinander getrennt zu werden, daher besonnene Leute die andere, etwas gelindere zu wählen pflegten. Doch war auch diese noch immer von der Art, dass man bisweilen vor Schmerz laut aufschrie, und wenn der Schwager nicht an jeder Schenke angehalten hätte, so würde man es kaum ertragen haben; mit solchen hochnötigen Intervallen war es aber eine gesunde Art zu reisen. Die heftigen Erschütterungen, denen man ausgesetzt war, solange das Vehikel in Bewegung blieb, erregten nämlich Löwenhunger, den zu befriedigen jedwede Schenke und Station ihren eigentümlichen und berühmten Leckerbissen darbot.»<sup>1</sup>

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 109/2003.

1 Von Kügelgen 1870, S. 337.

## EIN 3500 JAHRE ALTES RÄDERFAHRZEUG



Abb. 126 | Zweirädriger Prunkwagen aus dem Grab Tutanchamuns

Zu Recht gehört das «Räderfahrzeug» zu den Standardaufgaben des Technikunterrichts in der Grundschule. Die Gründe sind stichhaltig: der grosse Stellenwert des Rades und von Räderfahrzeugen in beinahe allen Kulturen; die noch gesteigerte Bedeutung in der Gegenwart; das Rad und seine Lagerung als grundlegender, exemplarischer technischer Sachverhalt; die Nähe der Kinder zum Thema und ihr grosses Interesse daran.

Unterrichtsgestaltungen versuchen oft die Ursituation zu vergegenwärtigen und aus einem elementaren Transportbedürfnis die Entwicklung des Rades und die Entstehung von Räderfahrzeugen zu rekonstruieren. Das muss naturgemäss spekulativ bleiben. Denn die frühen Gefährte haben die Zeiten nicht überdauert, und historische Darstellungen lassen keine genaue Vorstellung zu. Es gibt allerdings Glücksfunde von sehr alten originalen Wagen, die im Unterricht näher zu betrachten sich lohnt.

Die Abbildung zeigt einen solchen Fund. Es handelt sich um einen zweirädrigen Prunkwagen aus dem Grab Tutanchamuns, der heute im Ägyptischen Museum, Kairo, steht. Er hat die dreieinhalb Jahrtausende relativ unbeschadet überstanden. Die fast vollständige Belegung mit Blattgoldornamenten verweist auf den Repräsentationszweck und macht die Verwendung für Jagd oder Kampf unwahrscheinlich. Der Wagen beeindruckt durch seine leichte, elegante Erscheinung. Die Verarbeitung zeugt vom hohen Stand altägyptischer Wagenbaukunst.

Der Durchmesser der Räder beträgt 91 cm. Ein Gefüge von sechs Speichen macht sie belastbar und verringert die Bruchgefahr. Auffallend ist die weit ausladende Radnabe. Durch sie wird die 170 cm breite Spur stabil. Freilich dürften grössere Schmierungsprobleme die Folge gewesen sein.<sup>1</sup>

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 123/2007.

1 Decker 1986, S. 42 ff.

## LOBPREIS DER GEBÄNDIGTEN ELEKTRIZITÄT



Abb. 127 | Antike Siegesgöttin

Im Aufschwung der Technik während des 19. Jahrhunderts spielte die Nutzung der Elektrizität eine wachsende Rolle. Bändigung und Indienstnahme dieser früher unheimlich und verderblich erscheinenden Naturkraft waren ohne Frage staunenswerte technische Leistungen. Den Stolz darauf drückt ein Gemälde Ludwig Kandlers aus, das allegorisch in Gestalt der antiken Siegesgöttin elektrisches Licht und elektrische Nachrichtenübermittlung rühmt.

Das Bild erläuternd schrieb die Leipziger Illustrierte Zeitung 1884 über diesen Erfolg des Menschen: «Um den Erdball zieht sich ein Netz von Eisendrähten, auf denen das geschriebene und gesprochene Wort mit der Schnelligkeit des Gedankens hin- und zurückfliegt. Er holt den zündenden tötenden Blitz vom Himmel herab und macht ihn unschädlich, indem er ihn zwingt, vorgeschriebene Bahnen zu gehen, erhellt mit dem Glanze desselben Funkens, dem er beliebige Dauer verleiht, seine Städte wie sein trautes Heim.»<sup>1</sup>

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 138/2010.

<sup>1</sup> Leipziger Illustrierte Zeitung Bd. 83, 1884, S. 163.

## EIN BALLETT ZUR VERHERRLICHUNG DER TECHNIK



Abb. 128 | Schlusszene des Balletts «Pandora oder Götter-Funken»

Die «Internationale elektrotechnische Ausstellung» von 1891 in Frankfurt a. M. war ein Meilenstein für die Entwicklung der Elektrotechnik, insbesondere für den Ausbau elektrischer Versorgungsnetze. Auf ihr wurden die neuesten elektrotechnischen Errungenschaften vorgestellt. Das Prunkstück aber war die Energiebelieferung der Ausstellung. Dafür hatte man eigens eine über 175 km lange Leitung errichtet und übertraf an Länge alle vorher gebauten Leitungen.

Hintergrund der Ausstellung war der Streit zwischen Gleich- und Wechselstrom. Um eine Entscheidung zu erleichtern, organisierte man die Frankfurter Ausstellung. Mit ihr sollte ein Grossversuch zur Fernübertragung von hochgespanntem Drehstrom verbunden sein. Er konnte mit einem Wirkungsgrad von 75% übertragen werden. Auf dem Ausstellungsgelände erstrahlten in einem Hinweisschild effektiv 1000 Glühlampen, und eine 100-PS-Pumpe betrieb einen Wasserfall, der von einer künstlichen Anhöhe herabstürzte.

Ein besonderer Anziehungspunkt im Unterhaltungsteil der Ausstellung war das Ballett «Pandora oder Götter-Funken». Mit den Stilmitteln der Allegorie feierte es die Triumphe von Wissenschaft, Industrie und Technik. Die Handlung erzählte nach der griechischen Mythologie zunächst die Geschichte der Pandora: Zeus hatte sie geschaffen, um sich an den Menschen dafür zu rächen, dass Prometheus ihnen verbotenerweise das Feuer gebracht hatte. Er stattete Pandora, worauf der Name (die «Allbeschenkte») hinweist, mit reichsten Gaben aus, liess sie also als liebreizendes Geschöpf erscheinen. Aber er gab ihr ein versiegeltes Gefäss mit, das alle Übel enthielt. Obwohl die Menschen vor dem Inhalt gewarnt worden waren, überwog ihre Neugier, sie öffneten das Gefäss und erfüllten die Welt mit Unheil und Not.

Dann folgte im Ballett der Kontrapunkt: Mit ihren grossartigen technischen Errungenschaften gelang es den Menschen, Leid und Not einzudämmen oder gar zu besiegen. So stand am Ende nicht Pandora im Zentrum, sondern die technische Kultur. In der beliebten Familienzeitschrift «Die Gartenlaube» zeigte ein Holzstich die Schlusszene: Die «Siegerin Kultur» steht auf einem Säulenpodest und reckt nicht Schwert oder Fackel in die Höhe, sondern als Symbol technischer Brillanz: eine Edison'sche Glühlampe. Von Europa ist die moderne technische Kultur ausgegangen und in die übrigen Erdteile gelangt. So huldigen ihr auf dem Bild in personifizierter Gestalt Asien und Afrika, Amerika und Australien.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 121/2006.

## ALLEGORIEN TECHNISCHER ERRUNGENSCHAFTEN



Abb. 129 | Plakat der Stuttgarter «Ausstellung für Elektrotechnik und Kunstgewerbe»

Zur Darstellung der grossen technischen Erfolge im 19. Jahrhundert bediente man sich einer Vielzahl von Bildern, Allegorien, Personifizierungen, also symbolischer Mittel. Sie sollten die Leistungen der Technik ins rechte Licht rücken. Mit solchen übertragenen Darstellungen liessen sich Bedeutungen ausdrücken, die das vordergründig Erfahrbare und rational Fassbare übersteigen. Sie sollten zumeist aufwerten und überhöhen.

Das Plakat der Stuttgarter «Ausstellung für Elektrotechnik und Kunstgewerbe» von 1896 ist ein Beispiel solcher Symbolisierung. Es wurde von Ferdinand Keller, Professor an der Kunstakademie Karlsruhe, entworfen.

Den Mittelpunkt bildet der «Genius» der Elektrizität in der Gestalt eines geflügelten Jünglings. Er stützt sich mit der Linken auf ein geflügeltes Rad, ein damals geläufiges Sinnbild für die Eisenbahn. Die Rechte hält eine elektrische Leuchte in die Höhe. Die Symbole des Plakats verweisen auf zwei herausragende technische Entwicklungen des 19. Jahrhunderts. In beiden Fällen sind die gefiederten Flügel sinnfälliges Zeichen für die Überwindung natürlicher Grenzen. Eisenbahn und Elektrotechnik erweiterten entscheidend die Handlungsmöglichkeiten des Menschen. Mit der Eisenbahn gelang es, den Raum zu überwinden. Das elektrische Licht hob die Grenzen zwischen Tag und Nacht auf und vergrösserte die verfügbare Zeit.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 122/2006.

## VON DER KOHLEFADEN- ZUR WOLFRAMGLÜHLAMPE



Abb. 130 | Von der Kohlefaden- zur Wolframglühlampe

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts war die Kohlefadenglühlampe ausgereift und an eine Entwicklungsgrenze gelangt. Als Glühmaterial nahm man nicht mehr Naturfasern, sondern künstlich hergestellte Zellulose, die durch eine Düse gepresst wurde. Der so entstandene Faden konnte zu Bögen oder Schleifen geformt und dann karbonisiert werden (1).

Das Prinzip der Glühlampe besass freilich noch genügend Entwicklungsmöglichkeiten. So setzte eine geradezu hektische Suche nach anderen Glühmaterialien ein, um Lichtausbeute und Lebensdauer der Lampen zu erhöhen. Das Interesse galt seltenen, hoch hitzefesten Metallen.

Als erste kam 1902 die Osmiumlampe heraus. Ihr Schöpfer war der österreichische Chemiker Auer von Welsbach. Wegen ihrer Schwächen blieb sie nur der Vorreiter weiterer Metallfadenlampen. Der Osmiumfaden war stossanfällig und musste gestützt werden (2). Die Lampe war teuer und nur mit Spannungen bis 55V zu betreiben.

Es folgte 1905 die Tantallampe von Siemens & Halske. Tantal liess sich gut walzen und zu langen Fäden von 0,05mm Stärke ausziehen. Der 70 cm lange Glühfaden wurde zickzackförmig an Haltekränzen ausgespannt, die auf einem Glasstab saßen (3). Die Tantallampe verdrängte rasch Kohlefaden- und Osmiumlampe. Ihr Stromverbrauch lag um 50% niedriger als der der Kohlefadenlampe. Sie war auch weniger empfindlich gegen Erschütterungen. Beides stellte die Londoner Tochtergesellschaft von Siemens in ihrer Werbung besonders heraus (5).

Im Wettbewerb um Patente und Märkte antwortete 1906 die Auergesellschaft mit der Wolframlampe, die sich als vorläufiges Optimum der Glühlampe erwies. Sie übertraf die Vorgänger in jeder Hinsicht. Die Auergesellschaft kombinierte die erste Silbe von Osmium mit der letzten von Wolfram und nannte ihr Produkt «Osramlampe» (4).

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 128/2008.

## BOGENLICHT: DIE ERSTE ELEKTRISCHE BELEUCHTUNG

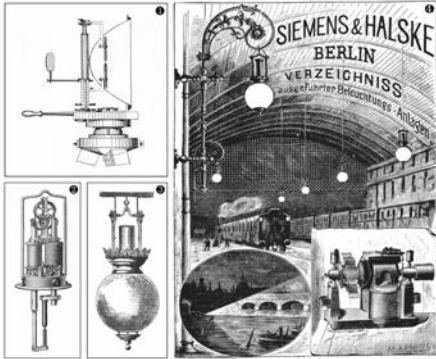


Abb. 131 | Bogenlicht

Elektrizität für Beleuchtungszwecke zu nutzen, gelang im 19. Jahrhundert zufriedenstellend zuerst mit dem Bogenlicht. Dabei wurde zwischen zwei Kohlestiften als Elektroden ein Lichtbogen erzeugt. Das so gewonnene Licht war von grosser Dichte und Helligkeit. Bogenlampen kamen deshalb dort zum Einsatz, wo eine starke Lichtquelle gebraucht wurde: für Leuchttürme, für das Anstrahlen von Bauwerken, für die Ausleuchtung von Strassen, Bahnhöfen, Festsälen, Fabrikhallen usw.

Das besondere Problem des Bogenlichts war, dass die Kohlelektroden sich im Betrieb verbrauchten und zum Erhalt eines gleichmässigen Lichtbogens nachgeführt werden mussten. Anfangs geschah das von Hand, was sehr unzulänglich blieb. Eine Zeichnung aus dem Jahr 1868 zeigt eine der frühesten Siemensbogenlampen auf Stativ mit Reflektorspiegel und Handregulierung der Elektroden (1). Auch die elektromechanische Nachführung der Elektroden beseitigte die Störanfälligkeit zunächst nicht, so dass man immer nur eine Lampe pro Stromkreis betreiben konnte. Deshalb wurden z. B. für einen Bahnhof mit 15 Lampen 15 Generatoren gebraucht.

Diese Schwierigkeit bewältigte die Firma Siemens & Halske mit der sogenannten Differentiallampe. Die Differentialkonstruktion regelte den Lichtbogen automatisch mithilfe von zwei Elektromagneten in je einem eigenen Stromkreis (2). Differentialbogenlampen (3) waren gegen Stromschwankungen unempfindlich. Sie konnten zu mehreren in einem Stromkreis angeordnet werden.

Auf Grund seiner Differentiallampen wurde Siemens & Halske führend in der Bogenlichttechnik. Eine Firmenschrift aus dem Jahr 1890 listete 1850 bis dahin in ganz Europa gebaute Anlagen auf, zu dieser Zeit überwiegend mit der erforderlichen eigenen Stromversorgung. Auf dem Titelblatt (4) sind Bogenlampen in Form eines Scheinwerfers und als Kugelleuchten aus Opalglas sowie ein Generator abgebildet.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 126/2007.

## GLÜHLAMPE

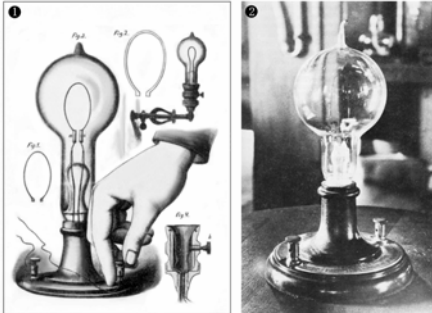


Abb. 132 | Kohlefadenglühlampe

Die erste elektrische Lichtquelle im 19. Jahrhundert, die Bogenlampe, eignete sich wegen ihrer blendenden Helligkeit und hohen Kosten nur für den grossräumigen Einsatz. In den privaten Haushalten behauptete sich weiter das Gaslicht oder, wo es keinen Gasanschluss gab, die Petroleumlampe.

Das elektrische Licht für den Hausgebrauch musste eine Lampe sein, die einen schlechten Leiter durch Strom zum Glühen und Abstrahlen von Licht bringen würde. Dieses Prinzip war allen interessierten Erfindern lange klar. Die praktische Verwirklichung liess trotz vielfacher Anstrengungen noch Jahrzehnte auf sich warten.

Als Geburtsjahr der Glühlampe wird oft 1879 und als Erfinder Thomas Alva Edison genannt. Denn vom 21. Oktober dieses Jahres datiert sein erfolgreicher Versuch mit einer Kohlefadenglühlampe. Auf Bild (1) ist eine Lampe aus den vorangegangenen Versuchsreihen zu sehen. Ihr Glühfaden besteht noch aus verkohltem Karton, dessen Fasern zu kurz waren. Bild (2) zeigt eine Nachbildung der Erfolgslampe, die schon einige hundert Stunden brannte und einen Glühfaden aus verkohlten Bambusfasern hatte.

Edison hat fraglos dem Glühlicht als Lichtquelle für kleinere Räume zum Durchbruch verholfen. Aber sein Erfinder war er nicht. Er hat nur längst bekannte Elemente modifiziert. Das Entscheidende für seinen Erfolg war: Er hat nicht nur Glühlampen produziert, sondern schuf ein ganzes Beleuchtungssystem mit allen Einrichtungen zur Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie.

Die Frage nach dem «wahren» Erfinder der Glühlampe wurde lange Zeit kontrovers diskutiert. Im Zuge des sich neu entwickelnden Elektromarktes kam es in 1880er-Jahren zu einer Vielzahl an Prozessen um das Glühlampen-Patent. Gerade im deutschsprachigen Raum wurde Heinrich Göbel als eigentlicher Erfinder der Glühlampe angesehen. 1893 führte dieser mit der Edison Electric Light Company einen Gerichtsprozess, in dem er behauptete, dass er bereits 1854 brauchbare Glühlampen produziert habe (also 25 Jahre vor Edison). Göbel verlor den Prozess aus Mangel an Beweismaterial. Auch die neuere Forschung widerlegte die lange Zeit vorherrschende Meinung, Göbel habe die Glühbirne erfunden.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 127/2008.



## ELEKTRISCHES LICHT VERDRÄNGT DIE PETROLEUMLAMPE



Abb. 133 | Werbungen für elektrisches Licht

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts kam es zu einem heftigen Kampf zwischen den verschiedenen Beleuchtungsenergien um Kunden, vor allem bei den privaten Haushalten. Dabei setzte man massiv als recht neues Mittel die Werbung ein. Und es störte offenbar nicht, dass ihr noch das Odium des Unseriösen anhaftete entsprechend dem Verdikt Werner Sombarts: «Reklame setzt den Schwachsinn der Massen voraus.»

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war das Gaslicht zur Standardbeleuchtung im öffentlichen wie privaten Raum geworden. Wo ein Gasanschluss fehlte, benutzte man die Petroleumlampe. Differentialbogenlampe und Kohlefadenglühlampe, die als elektrische Leuchtmittel dann hinzukamen, waren wegen hoher Kosten und kaum vorhandener Stromnetze keine ernsthaften Konkurrenten, zumindest im privaten Bereich.

Die Lage änderte sich im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts mit der Einführung der Metallfadenlampe. Sie brauchte im Vergleich zur Kohlefadenlampe nur ein Drittel des Stroms, hatte eine grössere Lichtausbeute und eine längere Lebensdauer. Nun setzte ein erbitterter Verdrängungswettbewerb ein. Er spiegelt sich deutlich in der zeitgenössischen Werbung: in Anzeigen, Plakaten, Flugblättern, Postkarten, Broschüren, Kundenzeitschriften. Die Elektrizitätswirtschaft warb für Strom als saubere, explosions- und feuersichere Beleuchtungsenergie. Dem standen die weiterhin recht hohen Stromkosten gegenüber.

Das Blatt wendete sich mit dem Ersten Weltkrieg. Die links abgedruckten Werbeblätter aus den Jahren 1914 und 1916 spiegeln die neue Situation. Die Kontinentalsperre durch die Ententemächte führte zur Verknappung und Verteuerung des zumeist importierten Petroleums, während Strom, aus heimischer Kohle gewonnen, nicht beeinträchtigt war. Das gab der Elektrizitätswirtschaft Auftrieb. Sie schaffte nun den Durchbruch bei den wirtschaftlich schwächeren Haushalten, die bisher Petroleum genutzt hatten. Es setzte eine kaum zu bewältigende Nachfrage nach elektrischer Beleuchtung ein. In grosser Zahl liessen sich Kleinabnehmer an die wachsenden Stromnetze anschliessen.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 145/2012.

## DER LANGE WEG DER ELEKTRIZITÄT ZUR BEHERRSCHENDEN ENERGIEFORM



Abb. 134 | Werbemaßnahmen der Elektrizitätswirtschaft

Angesichts der einzigartigen Stellung der Elektrizität in der Gegenwart ist es nicht leicht zu verstehen, dass sie anfangs Mühe hatte, sich gegenüber anderen Energieformen zu behaupten und durchzusetzen.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war das Gas führender Energieträger. Nachdem in diesem Zeitraum auch die wesentlichen elektrotechnischen Erfindungen gemacht worden waren und dem Gas damit prinzipiell ein Konkurrent entstanden war, hat die Elektrizitätswirtschaft hart um wachsende Marktanteile kämpfen müssen. Bis zur Marktführung war der Weg mehrere Jahrzehnte weit.

Es fiel der Elektrizitätswirtschaft zunächst schwer nachzuweisen, was Strom besser oder zusätzlich leistete. Denn auch Gas konnte die Bedürfnisse nach Licht, Wärme und Kraft erfüllen. Die größten Hürden für die Ausbreitung der Elektrizität waren diese: Sie war sinnlich nicht fassbar wie die hergebrachten Energien. Sodann wies ihre Nutzung eine hohe Komplexität auf, und Erzeugung und Verteilung erforderten kostspielige Investitionen.

Während des Ersten Weltkriegs erzielte die Elektrizitätswirtschaft grosse Zuwächse durch die Verbreitung des elektrischen Lichts. Es fungierte als Türöffner für weitere Nutzungsmöglichkeiten. Denn mit dem Anschluss ans Stromnetz war die entscheidende Voraussetzung für den Betrieb von Elektrogeräten aller Art geschaffen. Nun kam es darauf an, die Netze auszubauen, den Strompreis zu senken und die Produkte der Elektrotechnik bekannt zu machen.

Mit intensiven Werbemaßnahmen gelang es der Elektrizitätswirtschaft, ihren Marktanteil zu steigern. Sie warb für das Kochen, Bügeln sowie für Antriebe. Dabei sprach sie gezielt potenzielle Kundenkreise an: private Haushalte, Handwerksbetriebe und zunehmend auch die Landwirtschaft. Mit kleinen Broschüren informierte sie über elektrische Möglichkeiten in deren Arbeitsbereich (siehe die Abbildungen). In den 1930er-Jahren hatte die Elektrizität schliesslich das Gas überrundet.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 146/2012.

## DER ELEKTROMOTOR WIRD MASCHINENANTRIEB

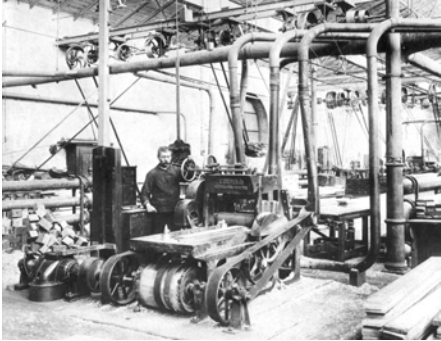


Abb. 135 | Fabrikhalle mit elektrischem Einzelantrieb und Transmissionsriemen

Etwa ab 1890 begann die Industrie, den Elektromotor als Maschinenantrieb zu verwenden. Er trat damit in Wettbewerb zur Dampfmaschine und zum Gasmotor. Im Vergleich zu ihnen arbeitete er wirtschaftlicher und war weniger unfallträchtig.

Der Elektroantrieb besass einen guten Wirkungsgrad, war schnell betriebsbereit und brauchte im Stillstand keine Energie. Sein Lauf verursachte weniger Geräusche. Elektrisch betriebene Maschinen waren freier aufzustellen, sodass die Produktionsabläufe flexibler organisiert werden konnten. Die gefährlichen durch den Raum gehenden Transmissionsriemen entfielen.

Trotz dieser auffälligen Vorzüge brauchte es Jahrzehnte, bevor der Elektromotor gängiger Antrieb bei Arbeitsmaschinen wurde. Bis dahin gab es je nach örtlichen Verhältnissen Zwischenlösungen:

Manchmal trat der Elektromotor an die Stelle der Dampfmaschine und versorgte über die vorhandene Transmission alle Maschinen des Betriebes. In anderen Fällen diente der Elektromotor als Gruppenantrieb für mehrere Arbeitsmaschinen. Diese Lösung vermied eine durch alle Säle gehende Haupttransmission mit ihren grossen Reibungsverlusten. In Arbeitspausen standen dann freilich alle Maschinen der Gruppe still. Die meisten Freiheiten bot der Einzelantrieb, bei dem jede Maschine ihren eigenen Motor erhielt.

Die Abbildung von 1895 zeigt eine Fabrikhalle mit Mischlösung. Die Hobelmaschine im Vordergrund besitzt einen elektrischen Einzelantrieb. Elektromotor, Transmission und Maschine bilden eine Einheit. Ansonsten beherrschen noch die von der Decke kommenden Transmissionsriemen das Bild.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 150/2002.

## VON SIEMENS DYNAMOMASCHINE



Abb. 136 | Werner von Siemens' Dynamomaschine

Im Jahre 1831 entdeckte Michael Faraday die elektromagnetische Induktion, die besagt, dass eine in einem Magnetfeld bewegte Drahtspule einen Strom bewirkt. Daraufhin wurden in den nächsten Jahrzehnten verschiedenste Maschinen zur Stromerzeugung konstruiert. Das erforderliche Magnetfeld lieferten entweder Dauermagnete, oder es wurde von Elektromagneten mittels Batterien erzeugt. Beides hielt die Leistung dieser Maschinen in sehr kleinem Rahmen.

Moderne Generatoren sind dagegen in ihrer Leistung fast beliebig steigerbar. Sie brauchen weder Dauermagnete noch eine externe Stromquelle; sie bringen den Strom für das Magnetfeld selbst hervor. Der Grund: sie arbeiten nach dem dynamo-elektrischen Prinzip, das Werner von Siemens fand (2).

Siemens stiess 1866 auf das Prinzip. Zu seiner Demonstration diente ihm ein umgebauter Kurbelinduktor (1 und 3). Auf der Pariser Weltausstellung von 1867 präsentierte er seine Versuchsmaschine einem grösseren Publikum und erhielt für seine Erfindung den Orden der französischen Ehrenlegion.

Mit seiner Dynamomaschine nutzte Siemens den in feststehenden Elektromagneten immer verbleibenden Restmagnetismus, um in der rotierenden Ankerwicklung einen kleinen Anfangsstrom zu induzieren. Ihn führte er in die Erregerwicklung zurück, was deren Magnetfeld verstärkte. Diese Selbsterregung der Dynamomaschine setzte sich fort bis zur maximalen Feldstärke. Siemens erkannte die Tragweite seiner Konstruktion. Er schrieb einige Tage später an die Berliner Akademie der Wissenschaften, «dass die Technik jetzt das Mittel erworben hätte, durch Aufwendung von Arbeitskraft elektrische Ströme jeder gewünschten Spannung und Stärke zu erzeugen, und dass dies für viele Zweige derselben von grosser Bedeutung werden würde».

Tatsächlich läutete Siemens' Dynamomaschine das Stromzeitalter ein. Schon ein Jahrzehnt später lieferten seine Generatoren den Strom für Bogenlichtanlagen. Bild (4) zeigt die Siemenssche Flachringdynamomaschine von 1876, mit der ab 1878 u. a. die Beleuchtung der Venusgrotte auf Schloss Linderhof betrieben wurde.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 143/2012.

## ANFÄNGE STÄDTISCHER STROMVERSORGUNG

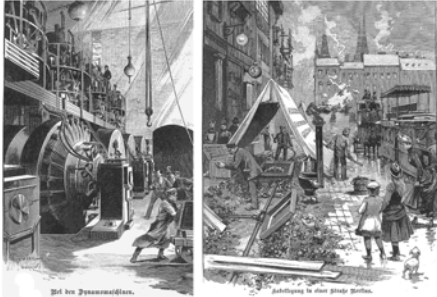


Abb. 137 | Städtisches Elektrizitätswerk in der Berliner Markgrafenstrasse

Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts konnte sich die Elektrotechnik etablieren; die Industrienationen brachen in das elektrische Zeitalter auf. Die Neuerungen der Elektrotechnik erregten grosse Bewunderung. Für eine breitere Nutzung der Elektrizität bedurfte es vor allem leistungsfähiger Kraftwerke und Leitungsnetze. Beides wurde erst im 20. Jahrhundert geschaffen.

Eines der frühesten städtischen Elektrizitätswerke wurde 1885 in Berlin in Betrieb genommen. Die sechs Dampfmaschinen trieben mit ihren etwa 900 PS über Riemen zwölf Generatoren, deren Gesamtleistung etwa 540 kW betrug. Als kommunales Unternehmen durfte das Kraftwerk seine Leitungen unter den Strassen verlegen. Dafür musste es jeden, der die Tarifbedingungen erfüllte, anschliessen. Die grössten Abnehmer waren das königliche Schauspielhaus und die Reichsbank.

In der ersten Zeit diente elektrischer Strom fast ausschliesslich Beleuchtungszwecken. Die in Bahnhöfen, Markthallen, Fabriken, Theatern, Strassen, auf Brücken und Plätzen installierten Lichtanlagen besaßen eine eigene Stromversorgung mit Kraftmaschine (Dampfmaschine, Gasmotor, Wasserrad) und Generator. Noch zu Beginn des Ersten Weltkriegs betrug die Stromproduktion dieser Eigenanlagen mehr als das Dreifache der öffentlichen Kraftwerke.

Der schnellen Vermehrung städtischer Kraftwerke standen mancherlei Schwierigkeiten entgegen. Eine der hauptsächlichen lag in der Stromart, die in der Elektrotechnik zu Beginn dominierte: Wie das in der Markgrafenstrasse, erzeugten die frühen Elektrizitätswerke Gleichstrom. Dessen Reichweite lag bei den gewählten konstruktiven Bedingungen unter 1000 m. Die Werke mussten also im Stadtkern errichtet werden und konnten nur ein kleines Umfeld versorgen.

Die Lösung des Reichweiteproblems lag im hochgespannten Wechselstrom, weil dieser sich über weite Strecken mit relativ geringen Verlusten übertragen lässt. Auf ihn konnte man freilich erst zurückgreifen, als in den 1890er Jahren brauchbare Transformatoren zum Hoch- und Abspannen zur Verfügung standen. Wechselstromkraftwerke konnten ausserhalb des Stadtgebietes angesiedelt werden, das so von Lärm und Schadstoffen entlastet wurde. Errichtete man sie an einem Wasserweg, war zugleich Kühlwasser vorhanden und für einen günstigen Kohletransport gesorgt.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 144/2012.

## WINDMÜHLE



Abb. 138 | Windmühlenbild aus den «Nova reperta» des Ioannes Stradanus, 1580

Das Windmühlenbild aus den «Nova reperta» des Ioannes Stradanus, entstanden um 1580, zeigt eine ganze Ansammlung von Mühlen vor der Stadt.<sup>1</sup> Im Hintergrund sehen wir Mühlen mit steinerne Gebäude, die nur für eine Windrichtung gebaut sind. Vorn in der Mitte des Kupferstichs sind zwei Bockwindmühlen dargestellt. Dieser Typ, der auch als deutsche Mühle bezeichnet wurde, ruht mit seinem hölzernen Gehäuse auf einem Bock. Darauf kann die Mühle als ganze in die jeweilige Windrichtung gedreht werden. Bockwindmühlen hatten sich bis zum 13. Jahrhundert überall in Europa verbreitet. Im 16. Jahrhundert kam dann die sogenannte Holländermühle auf. Sie besass eine drehbare Dachhaube, die sich samt den daran befestigten Flügeln in den Wind einschwenken liess. Die Verwendung der Windkraftmaschine war weniger vielseitig als die des Wasserrades. Sie wurde fast ausschliesslich für das Mahlen von Getreide und zum Betreiben von Schöpfwerken eingesetzt.

Aus: tu/Zeitschrift für Technik im Unterricht 96/2000.

1 Stradanus 1958.