

Knie, Andreas

**Article — Digitized Version**

## Die Kultivierung eines Mangels: wie der Verbrennungsmotor ins Auto kam und weshalb er dort immer noch ist

Wechselwirkung: Technik, Naturwissenschaft, Gesellschaft

**Provided in Cooperation with:**

WZB Berlin Social Science Center

*Suggested Citation:* Knie, Andreas (1991) : Die Kultivierung eines Mangels: wie der Verbrennungsmotor ins Auto kam und weshalb er dort immer noch ist, Wechselwirkung: Technik, Naturwissenschaft, Gesellschaft, ISSN 0172-1623, proMedia, Berlin, Vol. 13, Iss. 50, pp. 32-36

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/112142>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



## WZB-Open Access Digitalisate

## WZB-Open Access digital copies

---

Das nachfolgende Dokument wurde zum Zweck der kostenfreien Onlinebereitstellung digitalisiert am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB). Das WZB verfügt über die entsprechenden Nutzungsrechte. Sollten Sie sich durch die Onlineveröffentlichung des Dokuments wider Erwarten dennoch in Ihren Rechten verletzt sehen, kontaktieren Sie bitte das WZB postalisch oder per E-Mail:

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH  
Bibliothek und wissenschaftliche Information  
Reichpietschufer 50  
D-10785 Berlin  
E-Mail: [bibliothek@wzb.eu](mailto:bibliothek@wzb.eu)

The following document was digitized at the Berlin Social Science Center (WZB) in order to make it publicly available online.

The WZB has the corresponding rights of use. If, against all possibility, you consider your rights to be violated by the online publication of this document, please contact the WZB by sending a letter or an e-mail to:

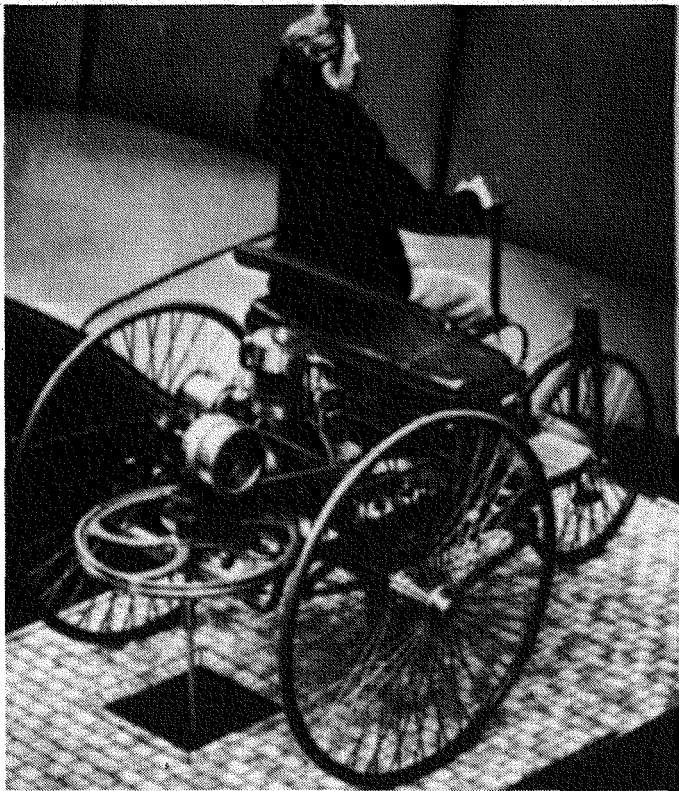
Berlin Social Science Center (WZB)  
Library and Scientific Information  
Reichpietschufer 50  
D-10785 Berlin  
e-mail: [bibliothek@wzb.eu](mailto:bibliothek@wzb.eu)

---

Digitalisierung und Bereitstellung dieser Publikation erfolgten im Rahmen des Retrodigitalisierungsprojektes **OA 1000+**. Weitere Informationen zum Projekt und eine Liste der ca. 1 500 digitalisierten Texte sind unter <http://www.wzb.eu/de/bibliothek/serviceangebote/open-access/oa-1000> verfügbar.

This text was digitizing and published online as part of the digitizing-project **OA 1000+**. More about the project as well as a list of all the digitized documents (ca. 1 500) can be found at <http://www.wzb.eu/en/library/services/open-access/oa-1000>.

## Die Kultivierung eines Mangels: Wie der Verbrennungsmotor ins Auto kam und weshalb er dort immer noch ist



Der erste Motorwagen von Carl Benz aus dem Jahre 1885.

### von Andreas Knie

Während auf technischen Nachgebieten, beispielsweise in der Flugzeugantriebstechnik im Schienenfahrzeugbereich oder selbst in der stationären Kraftwerkstechnik, im letzten Jahrhundert immer mal wieder grundlegende "technische Sprünge" beobachtet werden können, verharret die Automobilindustrie bei der Wahl des schon über 100 Jahre alten Verbrennungsmotors als Kernelement der automobilen Antriebstechnik. "Die Motoren werden weiterhin Otto- und Diesel-Hubkolbenmotoren sein, mit nochmals verringerten Verbrauchs- und Abgaswerten" legt sich beispielsweise der Entwicklungschef der Audi AG fest. Die Möglichkeit des Durchbruchs

alternativer Lösungen wird von den Industrievertretern kollektiv ausgeschlossen und mit Verweis auf den hohen Reifegrad eben dieses "Standes der Technik" begründet.<sup>2</sup> Es muß daher der Verdacht entstehen, daß in einem blinden Vertrauen auf den Erfahrungs- und Erkenntnisvorsprung des klassischen Hubkolbenmotors die grundlegenden Prinzipien des Verbrennungsmotorenbaus gar nicht mehr zur Disposition stehen, daß vielmehr mit der Ausweisung dieser versiegelten Wissensbestände im "herrschenden Stand der Technik" eine Art Denkmalschutz betrieben wird. Denn es ist schon erstaunlich, daß sich eine solche - auf kurzfristige Nutzungskonzepte ausgelegte und mit den Beschränkungen des ausgehenden 19. Jahrhunderts behaftete - Technik bis heute erhalten hat. Als in den 80er Jahren des vorigen

Das Auto als Verkehrsmittel ist schon seit Jahren heftiger Kritik ausgesetzt. Neben dem großen Flächen- und Ressourcenverbrauch sind vor allem die hohen Schadstoffgehalte der Verbrennungsmotoren hierfür verantwortlich. Während in der dieselmotorischen Variante die Stickoxide und Rußpartikel im Verdacht stehen, große gesundheitliche Schäden zu verursachen, ist es beim Ottomotor u.a. der enorme Ausstoß des hochgiftigen Kohlenmonoxids, das sich zwar nach wenigen Stunden zum ungiftigen, aber als Verursacher des Treibhauseffekts geltenden Kohlendioxid umwandelt. Obwohl zwischenzeitlich bei der Beherrschung der innermotorischen Verbrennungsprozesse einige Fortschritte erzielt werden konnten und selbst die klassischen "end-of-pipe"-Maßnahmen schadstoffmindernde Erfolge verzeichneten, sind die Maßnahmen der Automobilindustrie zur Lösung der drängenden Abgasprobleme insgesamt sehr bescheiden geblieben. "Bis auf ein paar verschämte Entwicklungsversuche in Richtung Elektroautos, Sparmobile und verstärktes Recycling wird hier noch mit PS-Zahlen, Sportfelgen und Spoilern, Anzahl von Ventilen und Spitzengeschwindigkeiten geklotzt, als ob die Welt vor 70 Jahren stehen geblieben wäre.

Jahrhunderts die ersten Autobauer sich aus den besonderen Bedingungen jener Zeit heraus für den Hubkolbenmotor entschieden und in ihre kutschenähnlichen Fahrzeuge montierten, wurde der bis dahin nur stationär eingesetzte Verbrennungsmotor zwar tatsächlich ortsbeweglich, es änderte sich aber auch sein ganzer Betriebs-habitus. Obwohl ursprünglich dafür gar nicht vorgesehen, wurden dieser Technik nun plötzlich heftig wechselnde Antriebsleistungen bei unterschiedlichsten Drehzahlen abverlangt. Und erst eine Reihe von "technischen Krücken" ermöglichte ihm überhaupt das Laufen in einem Auto". Bei der Konstruktion war man der Dampfmaschine treu geblieben, nahm die Kurbelwelle und das immer größer und lauter werdende Hammerwerk der Ventile in Kauf, um den kompakten Ort der Verbren-

nung zu behalten. Doch alle Maßnahmen zur Verbrauchs minderung haben den Hubkolbenmotor nur komplizierter und teurer gemacht. Der Hubkolbenmotor ist daher auch eigentlich "eine höchst unnatürliche Bauart, bei ihm wird der Kolben hin und herbewegt, d.h. immer wieder abgebremst, zum Stillstand gebracht und in der entgegengesetzten Richtung beschleunigt". Mit der Konservierung des Viertakt-Hubkolbenmotors im Automobilbau blieben diese typischen technischen Mängel nicht nur erhalten, sie wurden auch gepflegt und in der Anwendung "kultiviert" und fallen heute deshalb gar nicht mehr auf: Nicht nur, daß der Verbrennungsmotor alleine gar nicht starten kann, sondern dafür immer eine externe Kraftquelle benötigt, diese Antriebstechnik gibt ihre Leistungsfähigkeit nur sehr "sprunghaft" ab. Weil das Arbeitsmedium Gas ja immer wieder neu zusammengestellt, gemischt und verbrannt wird, kann der durch die Verbrennung ent wickelte Druck nicht kontinuierlich und mit höherer Drehzahl steigend auf die Antriebswelle der Räder abgegeben werden, sondern benötigt einen Drehmomentwandler (Getriebe), der eine gleichmäßige Kraftentfaltung simuliert, aber auch nicht verhindert, daß mit höherer Drehzahl die Druckentwicklung relativ abnimmt. Das bedeutet, daß auch bei modernen Mehrventilmotoren immer nur in einem sehr schmalen Drehzahlbereich maximale Leistungen bei günstigem Brennstoffverbrauch erreicht werden. Konstruktive Maßnahmen für eine optimale Verbrennung, wie Aufladung oder günstiger Ventilquerschnitt, sind in ihrer Wirkung auf diesen kleinen Bereich zugeschnitten und drohen sich bei anderen Drehzahlbereichen eher negativ bemerkbar zu machen. Angesichts dieser doch sehr grundlegenden und prinzipiellen Mängel "erscheinen alle Maßnahmen, die bislang - erfolgreich für bessere Verbrennung und Kraftstoffnutzung getroffen wurden, fast wie Hilfsmittel, um das in ökologisch-sozialen Umweltdruck geratene Auto attraktiv zu halten".<sup>3</sup>

Es gilt daher einmal auszuloten, unter welchen Bedingungen der Motor damals überhaupt favorisiert wurde und weshalb er sich bis heute als automobiler Antriebstechnik erhalten konnte. Denn es erscheint absurd, wenn die drängenden verkehrstechnischen Probleme des anbrechenden 21. Jahrhunderts mit den technischen Möglichkeiten des 19. Jahrhunderts gelöst werden sollen.

### Mercedes: schneller Erfolg mit Langzeitwirkung

Zum Ende des 19. Jahrhunderts war die Frage der geeigneten Motortechnik für Automobile noch völlig ungeklärt. Neben Verbrennungsmotoren experimentierten die Unternehmen mit kompakten Dampfmaschinenanlagen und insbesondere auch mit Elektromotoren, die in den USA um 1900 in 40%

der Fahrzeuge zu finden waren, während nur 20% der Autos mit Verbrennungsmotoren fuhren. Dabei ist daran zu erinnern, daß sich das Interesse für Automobile in Deutschland überhaupt nur sehr langsam entwickelte und die Verkaufszahlen für Personenkraftwagen weit hinter der Entwicklung anderer großer Industriestaaten wie den USA, Großbritannien oder auch Italien zurückblieb. Vor allem aber erlebte Frankreich in den letzten Jahren des alten Jahrhunderts einen wahren "Autoboom", der von den aristokratischen und bürgerlich-industriellen Oberschichten getragen und promoviert wurde. Die konkrete Nutzung als Verkehrsmittel stand dabei weniger im Mittelpunkt des Interesses, vielmehr galt die Aufmerksamkeit den rennsportlichen Veranstaltungen, die das Auto als ein weithin sichtbares Statussymbol zur Geltung brachten.<sup>4</sup>

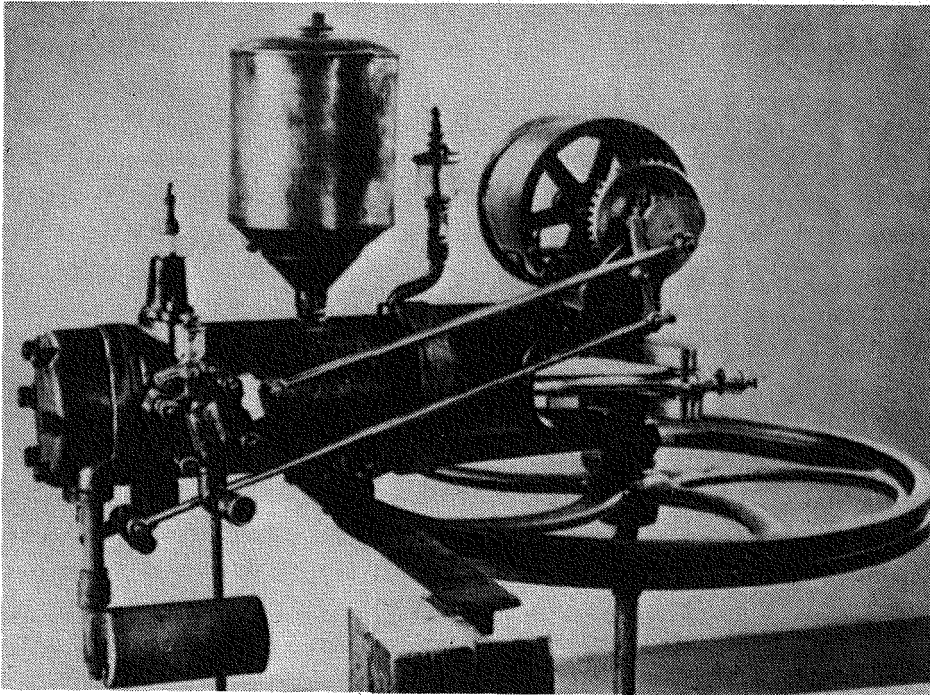
Vor diesem Hintergrund sollte eine nur für wenige Jahre bestehende enge und optimal aufeinander abgestimmte Interessenallianz zwischen Kapitalgebern, einem Konstrukteur und einem Autofahrer den Verlauf der technischen Entwicklung für Jahrzehnte bestimmen. Ein typischer Vertreter dieser klassenbewußten und abenteuerlustigen frühen Automobilisten war der österreichisch-ungarische Konsul, ehemalige Direktor der Credit Lyonnais in Paris und als selbstständiger Kaufmann in Nizza lebende Emil Jellinek, dessen Erfahrungen und Bedürfnisse bei dem Chef-Konstrukteur der Daimler-Motoren-AG (DMG) Wilhelm Maybach auf ein offenes Ohr stießen und vom Aufsichtsratsmitglied Frederick Simms unterstützt wurden. Jellinek schrieb über diese Zusammenarbeit später, daß "Maybach wie alle Erfinder" "einseitig" sei und deshalb "dirigiert" werden müsse, und daß es ihm eine zeitlang gelungen sei, alle seine Wünsche durchzusetzen und Maybach wie "auf Kommando erfunden" habe.<sup>5</sup> Jellineks Interessen waren zeitbedingt auf die Verwendung der Fahrzeuge als Rennautos konzentriert. Während noch 1894 beim ersten Wettbewerb Paris - Rouen für die Platzierung ein ganzes Bündel technischer Merkmale wie Bequemlichkeit, Sicherheit und Sparsamkeit entscheidend waren, entwickelten sich die weiteren Autofahrten zu reinen Wettrennen, bei denen die erzielte Geschwindigkeit immer stärker in den Mittelpunkt des Geschehens rückte. Jellineks Sportinteressen und die konstruktive Übersetzung durch Maybach verwandelten die Motorkutsche Ende des Jahrhunderts zu einem Rennauto, dessen typische Merkmale für die spätere Automobilentwicklung Vorbildcharakter haben sollte. Mit dem tiefer gelegten Schwerpunkt, dem vorne liegenden Motor und dem Hinterradantrieb, waren unter der Federführung von Maybach zumeist schon bekannte konstruktive Merkmale nun in einem Automobil vereint und dem Zweck entsprechend optimiert. Kernelement des neuen Autos war ein mit dem feuergefährlichen Benzin betrieb-

ener Viertakt Otto-Hubkolbenmotor, dessen für die damalige Zeit hohe Leistung durch einen schnelleren Gaswechsel erreicht wurde, also statt der bis dahin üblichen Vergrößerung des Hubraums, setzte man hier auf die Mobilisierung von Leistung in hohen Drehzahlbereichen.<sup>6</sup>

Die Wahl des Benzins als Brennstoff sowie generell die Orientierung auf Luxus-Rennwagen war dabei keinesfalls unumstritten, sondern bei der Daimler-Gesellschaft schon seit Jahren Gegenstand heftiger Kontroversen. Die Kaufleute im Vorstand des Unternehmens interessierten sich mehr für die Entwicklung langsamlaufender und möglichst mit ungefährlichen Schwerölen oder Spiritus zu betreibenden Motoren, weil von den 201 im Jahre 1896 verkauften Aggregaten (Exportanteil 81%) nur ganze 33 Maschinen überhaupt in Autos montiert, hingegen 52 als ortsfeste Kraftanlagen und 104 als Schiffsmotoren installiert wurden. Mit den gefährlichen Motoren im zudem "windigen" Automobilgeschäft konnten daher kaum stabile und profitable Absatzmärkte erwartet werden.<sup>7</sup>

Bei den Konstrukteuren, Technikern und Ingenieuren hingegen stellten sich die Probleme vollkommen anders dar. "Man war froh in dem leicht erhältlichen Benzin einen so bequemen Brennstoff für den unter so seltsamen Verhältnissen arbeitenden Explosionsmotor gefunden zu haben, der durch einfaches Über- oder Durchleiten von Luft ein brennbares und arbeitstaugliches Gemisch erzeugte".<sup>8</sup> Der Streit um die zukünftigen technischen Konzepte eskalierte, als die beiden Mehrheitsaktionäre der DMG Lorenz und Duttonhofer 1899 mit der Gründung der "Motorfahrzeuge- und Motorenfabrik Berlin-Marienfelde" den Versuch unternahmen, mit einem neuen Konkurrenzunternehmen auch ein anderes technisches - und in den Augen der Gesellschafter - auch zukunfts-trächtigeres Konzept zu etablieren. In Lizenz der Columbia Electric Company wurde die Fertigung von Elektromobilen für den öffentlichen Verkehr aufgenommen.

Diese Auseinandersetzungen dauerten aber nur kurze Zeit und wurden durch die überragenden Rennerfolge der neuen Daimler-Rennwagen entschieden, die unter dem Markennamen Mercedes - benannt nach einer der Töchter Jellineks - vor allem in Frankreich für Furore sorgten. "Die Aufträge häuften sich so, daß nicht alle ausgeführt werden konnten". Der Umsatz der Firma verdreifachte sich in kurzer Zeit; er stieg von 815 Mio. RM im Geschäftsjahr 1898/99 auf 1584 Mio. RM (1899/00), schließlich sogar auf 2,5 Mio. RM im Geschäftsjahr 1901/1902.<sup>9</sup> Unter dem Eindruck dieser sehr guten Verkaufserfolge und dank der durch die hohe Produktion konsolidierten Konstruktionsentscheidungen stellte der im Mercedes eingesetzte Verbrennungsmotor auch für andere Hersteller einen attraktiven Wissensvorsprung dar, der dieser Motoren-



Motor des ersten dreirädrigen Motorwagens von Carl Benz aus dem Jahre 1885.

gattung schnell zu einem auch international weit verbreiteten technischen Standard verhalf. Daß dabei die Industrie tatsächlich "diesen Weg eingeschlagen hat, einen viel schwierigeren, indem sie aus einem hilflosen, spektakelnden, plumpen Geschöpf, wie es der erste Benzinmotor war", ein funktionstüchtiges Antriebsaggregat zu entwickeln, "diese Tatsache bildet einen weiteren Beweis dafür, welche ausschlaggebende Bedeutung, der Rennsport für die Entwicklung der Industrie gehabt hat". Damit war zwar in kurzer Zeit eine hohe Leistungsfähigkeit von Benzinmotoren erreicht worden, deren Gebrauchswert aber nur auf ein sehr schmales Marktsegment beschränkt bleiben mußte. Das Automobil blieb zwar in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts zunächst noch ein Luxusgegenstand, den sich nur wenige leisten konnten, der für beträchtlichen Ärger auf den öffentlichen Straßen sorgte und schon frühzeitig den Aufbau einer gut funktionierenden Lobbyarbeit erforderte. Die Versuche zum Bau von alltagstauglichen Kleinwagen blieben zaghaft und änderten nichts am dominierenden Image der Automobilisten. Das Wort Auto assoziierte - so der bekannte Wiener Kutschenfabrikant Lohner - "offener Wagen, Millionär, außen haariger Zottelpelz, Gesichtslarve, Achtzig-Kilometer-Tempo und undurchdringliche Staubwolke".

Erst um die Jahre 1906/07 traten in der noch jungen Automobilbranche große Absatzprobleme auf, die sogar in eine erste Strukturkrise mündeten. Der Verkauf von Daimler-Pkws beispielsweise fiel von 863 Fahrzeugen (1905) auf gerademal 109 (1908) Einheiten.<sup>10</sup> Eine zu große Ausweitung der Produktionskapazitäten, bei stei-

gender Zahl von Marktanbietern traf auf eine nur sehr beschränkt erweiterungsfähige Käuferschicht. Das Konzept des Luxusautos trat daher "in seiner Bedeutung etwas zurück und der Benzinmotor herrschte nicht mehr so uneingeschränkt wie ehemals; man begann einem bis dahin vernachlässigten Antriebsmittel mehr Interesse entgegenzubringen: der Elektrizität. Nun entdeckte man auch, daß der Verbrennungsmotor offensichtlich in seinen Eigenschaften zu sehr auf die Rennsportveranstaltungen zugeschnitten war. "Von einem Wagen für den täglichen Gebrauch verlangt der Besitzer (aber) von vorneherein Wirtschaftlichkeit (und Sicherheit) - für den Sportsmann dagegen trat die Kostenfrage zurück hinter die Möglichkeit, sportliche Tourenfahrten möglichst weit ausdehnen zu können und die Fahrgeschwindigkeit entsprechend zu steigern - Dinge, für die der Akkumulatorenwagen wegen seines beschränkten Aktionsradius allerdings nicht geeignet war".<sup>11</sup> Mit der 1905 gegründeten Berliner Elektromobil-Droschken AG" (BE-DAG), der "Automobil-Betriebs-Gesellschaft" (ABG) oder dem ebenfalls in Berlin ansässigen Unternehmen "Fortschritt" wurden in dieser Zeit eine Reihe von Automobilunternehmen gegründet, die sich alle für elektrisch betriebene Fahrzeuge entschieden.<sup>12</sup> Und obwohl der Berliner Polizeipräsident im Januar 1909 in einer Verordnung verfügte, daß zukünftig keine Explosionskraftmaschinen mehr für den Droschkenbetrieb zugelassen werden sollten, konnte sich der Erfahrungsstand der Elektroautomobile oder anderer Antriebssysteme nicht soweit konsolidieren, daß der benzinbetriebene Hubkolbenmotor mit Wechselgetriebe als dominantes Antriebssystem für Automo-

bile selbst bei diesen neuen Verwendungsformen noch ernstlich in Gefahr geriet. Selbst im öffentlichen Personennahverkehr waren die Elektromobile bald wieder verschwunden. Zwar hatte sich das ja ausschließlich auf Rennautos ausgelegte Nutzungskonzept der Verbrennungsmotoren überlebt, aber immerhin war auf diese Weise eine funktionstaugliche und vor allen Dingen eine mittlerweile betriebssichere Antriebstechnik entstanden, die mehrheitlich von der Industrie genutzt wurde und damit einen allgemein anerkannten Wissensstand bildete. Die großen Elektrokonzerne AEG und Siemens, die sicherlich über die notwendigen ökonomischen und technologischen Potentiale für einen Entwicklungsschub im Bereich des elektromobilen Fahrzeugbaus verfügt hätten, entschieden sich im Interesse einer schnellen ökonomischen Ausbeutung für die Nutzung des zwar nur suboptimalen, aber als funktionstauglich anerkannten Technikstandards und kauften sich - wie der Siemenskonzern das Berliner Unternehmen Protos - einfach den entsprechenden Sachverstand ein.

### Rasche Verständigung auf gemeinsame Konstruktionsgrundlagen als Voraussetzung für technische Wissensvorsprünge

Zeitgenössische Beobachter dieser Jahre waren bei der Suche nach Gründen für den schnellen Erfolg des Verbrennungsmotors einig, daß für eine elektromobile Antriebsoffensive die technischen und konstruktiven Voraussetzungen insofern im Vergleich zur Verbrennungsmotorentechnik sehr ungünstig waren, als hier zu viele Entwicklungstendenzen gleichzeitig verfolgt wurden und es hinsichtlich zentraler Fragen der Akkumulatoren- und Übertragungstechnik noch überhaupt keinen "herrschenden Stand der Technik" gab, auf dem dann eine ähnlich selektiv-kumulierte Wissensgenerierung möglich gewesen wäre wie beim Verbrennungsmotor. "Die konstruktive Verschiedenheit ist bei den einzelnen Typen so groß, wie bei dem Benzinwagen vor dem Jahre 1900; über die wichtigsten Grundprinzipien ist man noch zu keiner Klarheit gelangt" bedauerte man hier den mangelhaften Abstimmungsprozeß. "Am bezeichnendsten ist es vielleicht, daß die heute wirtschaftlichen Elektromobile auf Konstruktionsmöglichkeiten verzichteten, die gerade den Elektromotor charakterisieren und ihn für den Antrieb für Fahrzeuge prädestiniert erscheinen lassen", dafür aber - so bedauerte der Beobachter - "Einrichtungen vom Benzinwagen übernehmen (zum Beispiel das Differentialgetriebe), die nur bei diesem Wagen technische Berechtigung haben, weil jene" - gemeint sind die für die Elektromobile typischen Konstruktionselemente - "für

die Praxis noch nicht genügend durchgebildet" sind, aber die für den Benzinmotor wichtigen Konstruktionsmerkmale, wenn auch als technische Krücken, "jahrelang praktisch erprobt sind".<sup>13</sup>

Bereits zum Ende des ersten Jahrzehnts des neuen Jahrhunderts war die Frage der Antriebstechnik daher entschieden und in einem ersten Automobil-Lehrbuch, das 1912 unter dem Titel "Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff" erschien, konnte der Verfasser befriedigt feststellen, daß sich auch das Gebiet des Automobilbaus "in seiner heutigen Entwicklung schon ebenso wie andere Zweige der Technik gut für die Behandlung in einer der allgemein-theoretischen Vorbildung unserer Ingenieure angepaßten, wissenschaftlich-kritischen Art eignet", da über grundlegende Konstruktionsfragen bereits Einigkeit herrschte und die alternativen Pfade als nicht funktions- und betriebstaugliche Optionen eliminiert waren. Als "Normalbauart sind einfachwirkende Verbrennungsmaschinen für flüssige Brennstoffe, die mit vier stehenden, zumeist paarweise zusammengeordneten Viertaktzylindern mit Wasserkühlung und Ventilsteuerung versehen sind". Die Wahl der in Frage kommenden Brennstoffe wird durch die herrschende "Benzinphilosophie" des Verbrennungsmotorenbaus nun vollkommen bestimmt. "Da diese Brennstoffe verdampft werden müssen, bevor sie, mit Luft zu einem zündfähigen Gemisch vermischt, in den Zylinder der Maschine gelangen", ist "die Auswahl unter den verfügbaren flüssigen Brennstoffen von vorneherein auf solche beschränkt, die schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft werden können", Eigenschaften, die nur Benzin hatte, während die ebenfalls noch diskutierten Brennstoffe Benzol oder Spiritus damit vom Tisch waren.<sup>14</sup> Suchen wir nach Gründen für diesen schnellen und nachhaltigen Erfolg des Verbrennungsmotors als Automobilantrieb, geben uns auch hier wieder die zeitgenössischen Kommentatoren wichtige Hinweise. Der in den 20er Jahren noch durch seine unkonventionellen Karosseriebauten zu Ruhm und Ehre gelangende Konstrukteur Edmund Rumpler beschrieb die Situation im Automobilbau des Jahres 1906 nämlich so, daß "für den Automobilismus die Jahre des unsteten Tastens, des Erfinders, endgültig vorüber sind; daß die Zeit da ist, in welcher auf der Basis des bereits Errungenen eine sorgfältige Detailarbeit Platz greift, und 'nur' noch konstruiert wird". Der Maschinenbauunternehmer und Lehrbuchverfasser Hugo Güldner kritisierte 1905 den im Motorenbau früher herrschenden "entarteten Erfindereifer", mit jeder neuen Konstruktion unbedingt einen neuen, noch nicht dagewesenen Lösungsweg zu probieren. Als Zeichen für die "innere Gesundung" des Motorenbaus deutete er deshalb "die Tatsache, daß das Haschen nach Neuerungen mehr und mehr aufhört. An seine Stelle ist eine plan-

mäßige Durchbildung und Vervollkommnung derjenigen Ausführungsarten getreten, die sich aus dem Wust vergangener Zeiten erhalten und - mehr oder weniger - zu Grundformen entwickelt haben". Der Autor des oben zitierten Lehrbuchs war ebenfalls überhaupt nicht für eine Diskussion der bereits getroffenen Entscheidungen zu gewinnen, die ja schließlich nicht unumstritten gewesen waren. Ganz im Gegenteil: Auch hier findet man eine ausgesprochene "Warnung", den in "irgendeiner neuen Gestalt immer wieder auftauchenden Neuerungen" nachzugehen, denn "die Entwicklung des Motorwagens ist durch den Erfindungsdrang in den ersten Jahren nicht wenig gehemmt worden. Nachdem sich die Ansichten geklärt und gewisse Normalbauarten herausgebildet haben", faßte Heller die bisherige Entwicklung abschließend zusammen, "ist es hauptsächlich die wissenschaftliche Forschung an dem heutigen Motorwagen, der der Ingenieur seine Aufmerksamkeit zuwenden soll".<sup>15</sup>

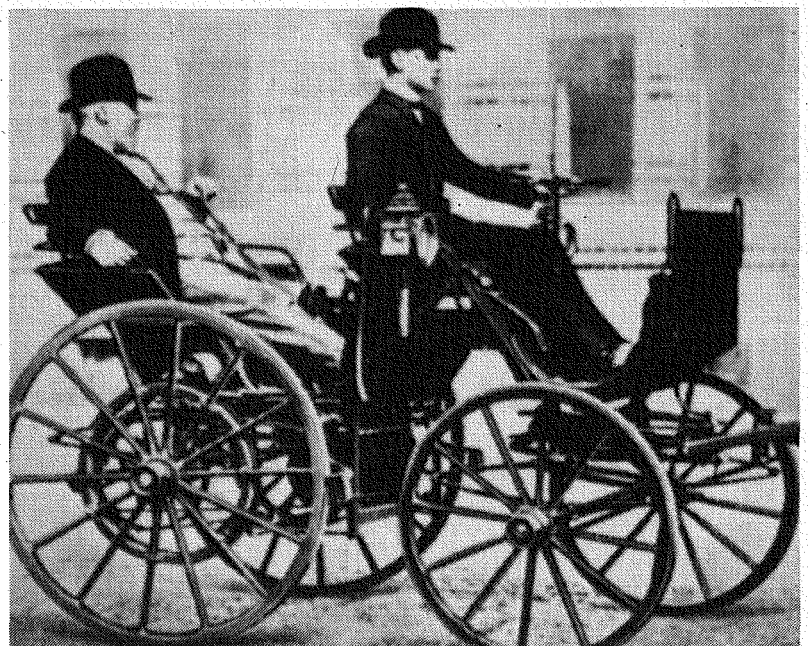
Es scheint tatsächlich nichts Bedrohlicheres für die technische Arbeit zu geben als einen ständigen Drang nach immer neuen Ausführungen, die eine kontinuierliche Ergebnisverbesserung auf einer allgemein akzeptierten Grundlage verhindern und die Konstruktionsarbeit immer wieder von Neuem beginnen lassen und mit dem Risiko eines Fehlschlages behaften. Im Verbrennungsmotorenbau konnte offensichtlich früher und verbindlicher als in den konkurrierenden technischen Linien diese Verständigung und Übereinstimmung auf grundlegende Konstruktionsmerkmale erzielt werden, die als anerkannte Konventionen der weiteren Disposition entzogen waren und den Entwicklungsprozeß damit auf feste, freilich auch eingeschränkte Bahnen lenkten, da für grundlegend andere Entwicklungsbahnen die Diskurse nun "geschlossen" waren. Die Festigung übersichtlicher Rah-

menbedingungen, Voraussetzungen für eine strukturierte Problemlösung, steht somit häufig höher im Kurs als die Suche nach grundsätzlichen funktionalen Erweiterungen und Verbesserungen der Technik, zumal sich offenkundige Mängel mit der Zeit "kultivieren" lassen. An das gefährliche und stinkende Benzin, die Notwendigkeit einer fremden Starthilfe oder eines schwerfälligen und unhandlichen Getriebes hatte man sich rasch gewöhnt, denn dafür war technisches Wissen in einen Mechanismus eingeschrieben worden, der zwar in seiner Verwendungstauglichkeit eingeschränkt war, dafür aber in einer Weise funktionierte, daß die von ihm geforderten Operationen - in bestimmbar Grenzen - orts- und zeitunabhängig ausgeführt werden konnten.

### Stabilisierung und Sicherung technischer Konventionen

Die verschiedenen organisatorischen Voraussetzungen, die für die Entwicklung betriebsübergreifender technik-wissenschaftlicher Diskurse notwendig waren, zeigen aber auch, daß dieser Klärungs- und Verständigungsprozeß - trotz der kognitiven Vorteile - dennoch keineswegs zufällig zustande kam, sondern aktiv eingeleitet, institutionell abgesichert und im Konfliktfall auch machtpolitisch durchgedrückt bzw. verteidigt werden mußte. Neben den verschiedenen industriellen Interessensverbänden wurde hierzu Anfang 1904 in Berlin die "Automobiltechnische Gesellschaft" gegründet, die sich "als effizientes Forum des Gedankenaustausches" im Sinne der Konsensbeschaffung bewährt hat. "Dank intensiver Vortragspflege, diverser Fachveröffentlichungen, der Beeinflussung und Formung der Fachterminologie, der Mitwirkung bei der Aufstellung von allgemeinverbindlichen

**Gottlieb Daimlers Motor-kutsche aus dem Jahre 1886 hatte noch eine Drehmel- lenkung wie ein Pferde- wagen.**



Normen für die Bestandteile des Kraftwagens sowie durch die Vereinigung sachverständiger Gutachter für unterschiedliche kraftfahrzeugtechnische Probleme u.a. hat diese Gesellschaft bedeutenden Anteil am Fortschritt in der Kraftfahrzeugtechnik". Zur Durchsetzung und Absicherung des konsolidierten Wissensstandes bedurfte es allerdings noch weiterer Maßnahmen. So pflegte die Firma Benz & Cie in Mannheim, die älteste Automobilfabrik in Deutschland überhaupt, sehr gute Beziehungen zur Technischen Hochschule Karlsruhe und versorgte den dortigen "Lehrstuhl für Maschinenelemente, Gasmaschinen und Gebläse" jährlich mit Unterrichts- und Forschungsgegenständen wie Getrieben, Zylinder, Kurbelwellen, Kolben usw. und sorgte auf diese Weise für eine Multiplizierung der im Betrieb getroffenen Konstruktionsentscheidungen. Der Lehrstuhlinhaber Professor Bonte fühlte sich daher auch der Firma besonders verpflichtet und setzte im Studienjahr 1912/13 einen Lehrauftrag für Automobilbau durch, der von Oberingenieur Michelmann, selbstverständlich von der Firma Benz, übernommen wurde. Als 1913 zur schnelleren Motorisierung von Heer und Luftwaffe der Kaiserpreis "für den besten deutschen Flugmotor" ausgelobt wurde, gewann ein Benz-Benzinmotor das Preisgeld von 50.000 Goldmark. Der in der Jury sitzende Bonte freute sich, daß sich das Unternehmen bereit fand, dieses Preisgeld für den Aufbau eines neuen Labors für Verbrennungskraftmaschinen wieder "zurück" an die Technische Hochschule Karlsruhe fließen zu lassen, was aber durch den begonnenen Krieg zunächst verhindert wurde. Wie wichtig die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie zur Stützung überbetrieblicher Konstruktionsentwicklung einzuschätzen ist, darüber hatte schon 1905 der Aachener Professor Lutz berichtet. Dieser glaubte recht optimistisch die zunehmende Verbreitung des "Automobilmotors" - als Synonym für den benzinbetriebenen Verbrennungsmotor bereits zu dieser Zeit verbreitet - sogar auch in stationären Anwendungsbereichen zu beobachten, betonte aber gleichzeitig, daß "zur vollen Eroberung all dieser neuen Gebiete noch viel Ingenieurarbeit aufgewendet" werden müsse, die nur durch "ernste, auf wissenschaftlicher Erkenntnis und auf Erfahrungsaustausch gestützter Tätigkeit" zu erreichen wäre. Zur weiteren Absicherung des erreichten Standes forderte der Professor die Unternehmen nochmals zur verstärkten Zusammenarbeit und zum Erfahrungsaustausch auf, der über Vereine, Zeitschriften, gemeinsam finanzierter wissenschaftlicher Untersuchungen und durch die "Schaffung einer einheitlichen, alle Fragen des Automobilbaus betreffende Literatur" sowie gemeinsam auszurichtender Wettbewerbe organisiert werden könne.<sup>16</sup>

Die noch vor dem Ersten Weltkrieg gegründeten Hochschulinstitute übten damit neben den mittlerweile entstandenen Mas-

senfabrikationsanlagen zusätzlich einen starken Standardisierungsdruck aus. Eine teure Meß- und Apparateinfrastruktur zur Unterstützung und Optimierung der betrieblichen Konstruktionsarbeit konnte ja nur auf der Basis fester Konstruktionsentscheidungen und stabiler "Randbedingungen" zustande kommen.

Noch vor dem Ersten Weltkrieg war damit der Verbrennungsmotor als Motortechnik für Automobile durchgesetzt und allgemein anerkannt, aber noch war das Auto als Verkehrsmittel und damit auch das darin befindliche Antriebskonzept vor allen Dingen in Deutschland zu wenig populär und damit ständig von existentiellen Krisen bedroht, bis auch hier die staatlichen Aufrüstungspläne für Stabilität sorgten. "Mag dieser Krieg noch so viel Schreckliches gezeigt haben, für den Automobilismus war er die großartigste Propaganda, die man sich denken kann", urteilte der langjährige Daimler-Chef Berge bereits 1915 über die Folgen des Ersten Weltkrieges. "Durch diesen Krieg ist geradezu die Unentbehrlichkeit des Automobils aller Welt in einer überzeugenden Weise vor Augen geführt worden".<sup>17</sup> Mit der Verwendung als Transportmittel im Krieg kam der Typ des benzinbetriebenen Hubkolben-Ottomotors massenhaft zur Verbreitung und erreichte auf diese Weise einen konstruktiven und fertigungstechnischen Erfahrungsvorsprung, den alle anderen Antriebstechniken nicht wieder wettmachen konnten.

Der Konstituierungsprozeß einer technischen Linie, die Phase der "Technikgenese", scheint daher im Rahmen der technischen Gesamtentwicklung insofern einen für die Gestaltung besonders prägenden Einfluß zu gewinnen, als durch die Festlegung eines "Standes der Technik" und eine damit verbundene Kennzeichnung legitimer und brauchbarer Wissensbestände auch eine Festschreibung der gerade aktuellen herrschenden Bedingungen verbunden ist, die in maschinellen Lösungsmustern fixiert, später bei veränderten Bedingungen - nicht einfach mehr auseinandergerissen werden können und möglicherweise über ihr "Verfallsdatum" hinaus im Denken und Handeln der Akteure institutionalisiert bleiben. Sobald die Entwicklungsgrundlagen konsensuell abgesichert werden, scheinen veränderte externe Bedingungen sogar eher dazu zu führen, daß die festgelegten Konventionen in ihrer Substanz noch verteidigt werden. Der Hubkolben-Verbrennungsmotor, der in seiner Funktionsweise und mit seinen Konstruktionselementen das technische Wissen des ausgehenden 19. Jahrhunderts repräsentiert oder auch die Hauptsätze der Technischen Thermodynamik, die mit ihrem "Dampfmaschinenblick" auch heute noch die technikwissenschaftlichen Lehrpläne dominieren, sind Beispiele für diese den heutigen Ansprüchen völlig unangepaßten, aber nicht zur Disposition stehenden, "versiegelten" Wissensbestände, deren nach wie vor in

der technischen Arbeit hoch geschätzte Strukturierungsleistungen freilich auf der anderen Seite als sogenannte Sachzwänge bei der Schadstoffbekämpfung moderner Motoren wieder auftauchen. Zugespitzt läßt sich daher die These formulieren, daß in der technischen Arbeit in erster Linie auf die Anschlußfähigkeit vorhandener und bewährter Wissensbestände und die dort angelegenen Regeln der Konstruktionsarbeit geachtet wird, um Funktionssicherheit und Übersichtlichkeit zu gewährleisten und erst in zweiter Linie Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer berücksichtigt werden können und auch nur in dem Maße, wie sie mit dem gesicherten Bestand der Erkenntnisse bearbeitbar sind.

*Dr. Andreas Knie (Dipl. Pol.) ist Mitarbeiter des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung gGmbH. Seine Forschungsschwerpunkte sind Technik, Arbeit und Umwelt.*

#### Anmerkungen:

1. Vester, F., *Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen*, München 1990, S. 17
2. vgl. Knie, A., *Diesel: Karriere einer Technik. Genese und Formierungsprozess im Motorenbau*, Berlin 1990, S. 67 ff.
3. Linser, J., *Unser Auto - Eine geplante Felhkonstruktion*, Frankfurt 1977, S. 97; Elbert, C.P., u.a., *Alles über Motoren, "mot spezial"*, Stuttgart 1989, S. 105; Besonger, W. D., *Rotationskolben-Verbrennungsmotoren*, Berlin, 1970, S. 11; Hack, G., *Der schnelle Diesel*, Stuttgart 1987, S. 134
4. Eckermann, E., *Vom Dampfwagen zum Auto*, Reinbek 1981, S. 60; Hütten, H., *Motoren: Technik. Praxis. Geschichte*, Stuttgart 1988, S. 79
5. *Zit. nach* Sass, F., *Geschichte des deutschen Verbrennungsmotorenbaus*, Berlin 1962, S. 356
6. vgl. Horras, G., *Die Entwicklung des deutschen Automobilmarktes bis 1914*, München 1982, S. 64 ff.; Klapper, E., *Die Entwicklung der deutschen Automobilindustrie*, Berlin 1910, S. 5 ff.
7. Hanf, R., *Im Spannungsfeld zwischen Technik und Markt*, in: *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte*, Beiheft 17, Wiesbaden 1980, S. 46
8. Schwerdtfeger, W., *Die Brennstofffrage der Automobilmotoren*, in: *Zeitschrift des Mitteleuropäischen Motorwagenvereins*, 10, 1911, S. 387
9. Sass, a.a.O., S. 344; Hanf, a.a.O., S. 13
10. Kruk, M./Lingau, G., *Daimler Benz. Das Unternehmen*, Mainz 1986, S. 324
11. Klapper, a.a.O., S. 13
12. Siemens, R. v., *Der Automobilbau bei Siemens*, in: *Das Schnaufferl*, 1959, S. 6 ff.; Kubisch, U., *Automobile aus Berlin*, 1985, S. 9 ff.
13. Klapper, a.a.O. S. 14
14. Heller, A., *Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff*, Berlin 1912, S. 36
15. Rumpfer, E., *Quo Vadis?* in: *Der Motorwagen*, 8, 1906, S. 94; Güldner, H., *Entwerfen und Berechnen von Verbrennungskraftmaschinen*, Berlin 1912, S. 36
16. Kirchberg, P., *Erfahrungen und Erkenntnisse bei der Konstruktion von Kraftwagen*, in: Kirchberg, P. (Hg.): *Das Beste aus "Der Motorwagen"*, Teil I, Solingen 1988, S. 9; Thümmel, H.W., *Carl Benz und die Technische Hochschule Karlsruhe*, in: *Friderici-na*, 38, 1986, S. 29; Lutz, A., *Automobilbau und Hochschule*, in: *Der Motorwagen*, 7, 1905, S. 661
17. *zit. nach* Roth, K.H., *Der Weg zum guten Stern des "Dritten Reiches"*, in: *Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts* (Hg.): *Das Daimler-Benz Buch*, Nördlingen 1988, S. 33