

Knie, Andreas

Working Paper — Digitized Version

Das Konservative des technischen Fortschritts: Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs- und Konstruktionsstilen in der Technikaenese

WZB Discussion Paper, No. FS II 89-101

Provided in Cooperation with:

WZB Berlin Social Science Center

Suggested Citation: Knie, Andreas (1989) : Das Konservative des technischen Fortschritts: Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs- und Konstruktionsstilen in der Technikaenese, WZB Discussion Paper, No. FS II 89-101, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/77638>

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.

Veröffentlichungsreihe der Abteilung **Organisation und Technikgenese**
des Forschungsschwerpunkts Technik-Arbeit-Umwelt
des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung

FS II 89-101

DAS KONSERVATIVE DES TECHNISCHEN FORTSCHRITTS -

Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs-
und Konstruktionsstilen in der Technikgenese

Andreas Knie

Berlin, Februar 1989

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB)
Reichpietschufer 50, D-1000 Berlin 30
Telefon (030) 25 49 1-0

Zusammenfassung

Der folgende Beitrag stellt einen ersten, noch sehr vorläufigen Versuch dar, einen sozialwissenschaftlichen Zugang zum Problem der "Technikgenese" zu skizzieren. Am Beispiel von zwei technikgenetischen Untersuchungsfeldern, der Entwicklung des Dieselmotors und der mechanischen Schreibmaschine, werden die konkreten Entstehungszusammenhänge technischer Artefakte, die Bedingungen für die Durchsetzung bzw. Nichtdurchsetzung von technischen Optionen, die Selektionsprozesse sowie die zugrundeliegenden Eliminierungsentscheidungen untersucht.

Im Zusammenwirken von organisationsspezifischen Problempertzeptionen und den kognitiven Anknüpfungen an vorhandene Wege der technischen Problemlösung werden grundlegende Entscheidungen zur Selektion und inhaltlichen Ausprägung der Qualität von Techniken vermutet, denen durch die Verwendung von heuristischen Kategorien wie "technischer Kern", "Konstruktionstraditionen" und "Forschungs- und Konstruktionsstile" Rechnung getragen wird.

Die technikgeschichtlichen Fallanalysen von Dieselmotor und Schreibmaschine lassen neben ihrer gemeinsamen Einbettung in den allgemeinen gesellschaftlichen Kontext der Jahrhundertwende eine Reihe von unterschiedlichen Entstehungs- und Nutzungskontexten erkennen, die für die Entstehung von technischen Artefakten vermutlich wichtige Voraussetzungen bilden und daher die Auswahl dieser beiden Techniken begründen. Hierzu wird zunächst ein kurzer Überblick über Aspekte der Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der beiden Techniken gegeben. Daran werden einige weiterführende konzeptionelle Überlegungen angeschlossen, in denen die im empirischen Teil verwendeten Kategorien in ihrer möglichen generellen Aussagekraft zur Erklärung von Technikgeneseprozessen diskutiert werden.

Abschließend wird der Frage nachgegangen, inwieweit die hier gewonnenen Erkenntnisse über Geneseprozesse dieser Periode - jeweils Entwicklungen des ausgehenden 19. Jahrhunderts - auch zur Erklärung aktueller Entstehungs- und Entwicklungsprozesse von Techniken verwendet werden können.

Inhalt:

I.	Einleitung und Überblick	3
II.	Schreibmaschine und Dieselmotor als technikgenetische Untersuchungsfelder	9
	1. Die Schreibmaschine	10
	Exkurs: Zur Verwissenschaftlichung technischer Arbeit	24
	2. Der Dieselmotor	27
III.	Konzeptionelle Schlußfolgerungen	41
	1. Zum Verständnis von Technikgenese	41
	2. "Konstruktionstraditionen"	45
	3. "Forschungs- und Konstruktionsstile"	47
IV.	Abschließende Bemerkungen	54
V.	Literatur	58

I. Einleitung und Überblick

Die Einstellung großer Teile der Bevölkerung zur Technik hat sich in den letzten Jahren zweifelsohne verändert. Technischer Fortschritt wird nicht mehr per se mit "gesellschaftlichem Fortschritt" identifiziert, die Entstehung und Entwicklung technischer Artefakte oder technischer Systeme nicht mehr nur als ein Resultat ökonomischer und technischer Rationalitäten begriffen.

Theorieansätze, in denen Technik mit Bezug auf eindimensionale Erklärungsmuster "eigendynamischer" oder "ökonomischer" Determinismen erklärt werden konnte, haben zur Zeit daher kaum Konjunktur. Besonders augenfällig zeigt sich dies in der vielfach angekündigten Kurskorrektur sozialwissenschaftlicher Technikforschung. Die bislang dominierende Perspektive einer "Folgenforschung" soll durch eine "Entstehungsforschung" erweitert werden, die "Technikbewertung" durch Forschungen zur "Technikgenese" ergänzt werden. Der Ausgangspunkt dieser Neuformierung der Forschungsinteressen ist die Überlegung, daß durch eine Einbeziehung der frühen Entstehungsphasen von Techniken die Existenz möglicher alternativer technischer Entwürfe mit ganz unterschiedlichen ökologischen und sozialen Implikationen herausgearbeitet werden kann und daß die sozialen Bedingungen für die Auswahl und Eliminierung der getroffenen Entscheidungen deutlicher gekennzeichnet werden können¹.

Obwohl die Sozialwissenschaften durch Forschungen über die Auswirkungen von Rationalisierungsstrategien beim Einsatz neuer Techniken in Betrieben und Verwaltungen oder aber durch Arbeiten über Gefährdungspotentiale großtechnischer Entwicklungslinien sehr viel zur Verbesserung des Wissens- und Erkenntnisstandes über Verlaufsformen von Techniken beitragen konnten, herrschte bislang doch eher eine Konzentration auf makrostrukturelle Kontextbedingungen des technischen Wandels in der sozialwissenschaftlichen Technikforschung vor. Fragen, ob überhaupt und, wenn ja, in welcher Weise die Entstehung und die inhaltliche Definition einer Technik durch das soziale Milieu geprägt werden, in dem sie entsteht, wurden bislang kaum ge-

¹ Vgl. zu diesem sogar als "Paradigmawechsel" beschriebenen Wechsel der Forschungsperspektive Lutz, 1983; Dierkes, 1987; Rammert, 1988; NRC, 1988; Memorandum, 1984.

stellt. Der Frage, ob die dominanten ökonomischen und funktionalen Anforderungen sich in unterschiedliche technische Optionen umsetzen lassen, wurde vielmehr mit Verweisen auf die "strukturelle Affinität" zwischen kapitalistischer Wirtschaftsordnung und technischer Entwicklung begegnet, oder sie wurde mit Hinweisen auf den "immanenten Zusammenhang" von zweckrationalem Handeln und Technik abgehandelt².

Unter dem Eindruck des enormen Folgenpotentials moderner Technik sind jedoch in den letzten Jahren alte, fast schon verschüttet geglaubte Arbeiten wieder aufgegriffen worden und als Grundlage für einen neuformierten Ansatz in der Technikforschung verwendet worden. Diese zumeist historisch-empirisch angelegten Untersuchungen versuchen, sich von den verschiedenen deterministischen Ansätzen zu befreien und Technik als eine "geronnene Form" sozialer Systeme zu begreifen. Sie "fahnden" nach dem in die Technik eingelassenen kulturellen Code und begreifen die inhaltliche Ausgestaltung von technischen Artefakten oder technischen Systemen als einen potentiell offenen, aber real herrschaftsdominierten, politischen Aushandlungsprozeß³.

Im sichtlichen Bemühen um die Erschließung optionaler technischer Entwürfe stehen diese neueren Forschungsansätze allerdings häufig vor der Gefahr, eine nahezu unbegrenzte Gestalt- und Modellierbarkeit von Techniken zu unterstellen, ohne die in den Geräten, Maschinenelementen und Systemen eingelagerten und damit der Disposition entzogenen Machtstrukturen und Nutzungskontexte angemessen zu reflektieren (vgl. Ropohl, 1987: 148). Ein Grund für diese überaus starke Betonung des Gestaltungsprimats kann in der

² Daß in dieser sozialwissenschaftlichen Perspektive kaum Interesse an der konkreten materiellen Form von Techniken entstehen kann, wird bspw. bei Habermas in seiner Kritik an Marcuse deutlich. "Wir sehen für den institutionalisierten Fortschritt von Wissenschaft und Technik, ihrer Struktur nach beurteilt, nirgendwo eine funktional gleichwertige Alternative. Die Unschuld der Technik, die wir gegen ihre ahnungsvollen Verächter verteidigen müssen, besteht ganz einfach darin, daß die Reproduktion der Menschengattung an die Bedingung instrumentalen, überhaupt zweckrationalen Handelns gebunden ist - und daß deshalb nicht die Struktur, sondern nur die Reichweite der technischen Verfügungsgewalt historisch sich ändern kann, so lange diese Gattung organisch bleibt, was sie ist" (Habermas, 1963: 348).

³ Vgl. bspw. Weingart, 1982; Rammert, 1985; Dickson, 1974; Mumford 1964; Nobel, 1984 sowie die Beiträge in Bijker/Hughes/Pinch, 1987.

- vor allem von den Sozialwissenschaften bislang gepflegten - Distanz zum "technischen Kern" (Hausen/Rürup, 1975: 21) vermutet werden, die ein Verständnis von den sozialen Mechanismen bei der Erzeugung technischer Artefakte bislang wohl eher verhindert hat⁴.

Während traditionellerweise die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften die ökonomischen, politischen, sozialen und kulturellen Rahmenbedingungen technischer Entwicklung untersucht haben, galt die konkrete Ausprägung technischer Merkmale, die inhaltliche Spezifikation technischer Verfahren und Systeme lange Zeit als Domäne der ingenieurwissenschaftlichen Technikgeschichte. Dieser in Deutschland auf eine lange Tradition zurückblickende Ansatz⁵ war allerdings ursprünglich primär an der Herausarbeitung des "Kulturwerts der Technik" orientiert, um durch illustrierende Darstellungen ingenieurwissenschaftlicher Leistungen einem vermeintlichen Mangel an gesellschaftlicher Wertschätzung und Anerkennung entgegenzutreten (vgl. Klemm, 1983: 168f.; Zweckbronner, 1980: 331f.). In dieser Absicht war man bemüht, die Gestaltung technischer Artefakte aus einer eigenständigen, vom gesellschaftlichen Kontext unabhängigen Gesetzmäßigkeit zu erklären (vgl. Kapp, 1877; Erhard, 1929) und insbesondere die Leistungen einzelner Techniker und Ingenieure herauszuarbeiten (Matschoß, 1925). Die Suche nach möglicherweise konfliktorischen Entscheidungssituationen in technischen Entwicklungen wird daher nicht unterstützt, vielmehr dominiert die Prämisse einer sich letztlich "objektiv" durchsetzenden funktional wie ökonomisch "besten" Lösung. Festgehalten wird daher auch nur, was "Wind und Wetter wirtschaftlich praktischer Verwendung auszuhalten vermochten" (Matschoß, hier zit. nach Schimank, 1965: 3).

Die folgenden Ausführungen verstehen sich vor diesem Hintergrund als ein

⁴ Möglicherweise versperrt gerade ein "entmaterialisierter Handlungsbegriff" den Zugang zu konkreten technischen Artefakten. "Maschinerie repräsentiert hier nicht Handeln, deshalb ist sie nicht behandelbar; Soziales spielt sich um sie herum ab, sie selbst, ihre innere soziale Struktur, bleibt aber verdeckt" (Joerges, 1988: 202).

⁵ Vgl. hierzu als Überblick bspw. Troitzsch, 1980; Lange, 1977; Ludwig, 1974. Als zentrale Figur der frühen Technikgeschichte gilt C. Matschoß, der durch sein zweibändiges Werk zur "Geschichte der Dampfmaschine" (1909) sowie als Herausgeber der "Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie", der späteren "Technikgeschichte", in programmatischer Absicht wirkte.

erster, noch sehr vorläufiger Versuch, zu einem umfassenderen Verständnis von Technikgeneseprozessen zu gelangen⁶. Am Beispiel von zwei technikgenetischen Fallanalysen, der Entwicklung des Dieselmotors und der Schreibmaschine, wird der Frage nach den konkreten Entstehungszusammenhängen technischer Artefakte, den Bedingungen für die Durchsetzung bzw. Nichtdurchsetzung von technischen Optionen, den Selektionsprozessen und den zugrundeliegenden Eliminierungsentscheidungen nachgegangen.

Hierzu wird zunächst ein kurzer Überblick über Aspekte der Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der beiden Techniken gegeben.

Insbesondere im Zusammenwirken von organisationsspezifischen Problempereptionen und kognitiven Anknüpfungen an vorhandene Wege der technischen Problemlösung werden grundlegende Entscheidungsdeterminanten zur Selektion und inhaltlichen Ausprägung der Qualität von Techniken vermutet. Die der Darstellung beider Techniken zugrundeliegenden Annahmen lassen sich daher in zwei zentralen Hypothesen zusammenfassen:

1. Technikgeneseprozesse konstituieren sich - auch bereits im ausgehenden 19. Jahrhundert - im Kontext von Organisationen oder in Kooperation unterschiedlicher Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen.

Bislang wurden vor allem bei Unternehmen ökonomische Bedingungen als Determinanten des Entscheidungsverhaltens anerkannt, während organisationspezifisch ausgebildeten Wertvorstellungen und Perzeptionsmustern kaum Interesse entgegengebracht wurde. In einer organisationskulturellen Perspektive lassen sich die vorwiegend den ökonomischen Rentabilitätskalkülen verpflichteten Ansätze der Innovationsforschung dort erweitern, wo sich das Interesse insbesondere auf inhaltliche Ausformungen und Prägungen von Techniken konzentriert, also möglicherweise unterschiedliche Qualitäten und Eigenschaften in der Technikerzeugung bei ansonsten gleichen ökonomischen Rahmenbedingungen erkennbar sind.

⁶ Die hier vorgeschlagenen Begriffe, Kategorien und Argumentationslinien wurden in enger Zusammenarbeit mit den KollegInnen der Abteilung "Organisation und Technikgenese" am WZB in der Vorbereitung auf ein Forschungsprojekt formuliert. Zur Diskussion weiterer Forschungsansätze in der Abteilung vgl. bspw. v.Thienen, 1988.

2. Im Prozeß des Konstruierens neuer technischer Artefakte ist als typische Verhaltensweise eine enge Orientierung am "herrschenden Stand der Technik" zu erkennen, indem durch den Rückgriff auf alte, in anderen Produktions- und Nutzungskontexten bewährte Techniken neue Lösungswege erschlossen werden.

In Verhaltensweisen technischer Arbeit läßt sich bei der konkreten Problemlösung eine überaus starke Orientierung an bewährten Lösungsmustern erkennen. Diese allgemeinen, in der technischen Ausbildung einsozialisierten kognitiven Orientierungsmuster werden im folgenden als "Konstruktionstradition" bezeichnet. Mit der Betonung des "herrschenden Standes der Technik" als Grundlage für neue technische Entwicklung wird insbesondere das "konservative Moment" im Konstruktionshandeln betont.

Ob sich diese allgemeine Orientierung aber auch in den organisatorischen Kontexten von Unternehmen und Forschungseinrichtungen fortträgt oder aber "aufgebrochen" wird, hängt von dem Zusammenwirken von Konstruktionstraditionen und Organisationskulturen ab. Diese spezifisch organisatorische Ausprägung von kognitiven Orientierungen wird hier als "Forschungs- und Konstruktionsstil" bezeichnet.

Hierbei wird vermutet, daß es sich bei der frühen Phase der Technikentstehung, um einen für die Entwicklung und inhaltliche Ausprägung von Techniken maßgebenden Abschnitt handelt: Der organisatorisch angeleitete und abgesicherte Suchprozeß findet zunächst in einer ersten materialisierten Form einen vorläufigen Abschluß. In diesem "technischen Kern" werden aber "unsichtbar" die zugrundeliegenden Selektionsmuster fortgeschrieben und schränken damit auch die weiteren Entwicklungsoptionen ein.

Die technikgeschichtlichen Fallanalysen von Dieselmotor und Schreibmaschine lassen schließlich neben einer gemeinsamen Einbettung in den allgemeinen gesellschaftlichen Kontext der Jahrhundertwende eine Reihe von unterschiedlichen Entstehungs- und Nutzungskontexten erkennen, die für die Entstehung von Techniken vermutlich wichtige Voraussetzungen bilden und daher die Auswahl dieser beiden Techniken begründen: Während der Dieselmotor aus einem traditionellen industriellen Technikfeld heraus entwickelt wurde, entstehen die ersten Konstruktionen von Schreibmaschinen in einem handwerklichen und kleinbetrieblich strukturierten Milieu. Bei der Entwicklung der

Schreibmaschine existierten keinerlei mechanische Geräte zur Unterstützung manueller Schreibtätigkeiten, die Konstruktionsentwicklung konnte daher nicht an bereits vorhandene Wissensbestände funktionsadäquater Vorbilder anknüpfen. Die Entwicklung des Dieselmotors hingegen wurde explizit als Erweiterung bereits existierender Energietechniken betrieben. Während bei der Frühphase der Schreibmaschinenentwicklung noch der Einzelerfinder und Bastler die bestimmende Figur im Konstruktionsprozeß ist, Organisationen erst später an Bedeutung gewinnen, ist der Entstehungsprozeß des Dieselmotors bereits Teil der "Verwissenschaftlichung" technischer Arbeit. Theoriefortschritte der Thermodynamik verbinden sich mit analytischen Erkenntnisinteressen und ökonomischen Motiven zu einer organisatorisch abgesicherten Struktur der Technikproduktion. Darüber hinaus läßt sich in einem Vergleich der beiden Techniken die Bedeutung unterschiedlicher Angebots- und Nachfragekonstellationen für die Technikgenese überprüfen, deren Diskussion bislang durch die häufig eher unglücklich gegeneinander ausgespielten "supply-push" und "demand-pull" Hypothesen geprägt wurde: Während sich im Motorenbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts ein wachsender Bedarf nach dezentralen Energietechniken artikuliert, ist für die Schreibmaschine in den ersten Jahrzehnten ihrer Entwicklungsgeschichte überhaupt keine Nachfrage zu erkennen.

Abschließend werden schließlich einige weiterführende konzeptionelle Überlegungen formuliert, in denen die im empirischen Teil verwendeten Kategorien in ihrer möglichen generellen Aussagekraft zur Erklärung von Technikgeneseprozessen diskutiert werden. Dabei wird der Frage nachgegangen, inwieweit die hier gewonnenen Erkenntnisse über Geneseprozesse des ausgehenden 19. Jahrhunderts auch zur Erklärung aktueller Entstehungs- und Entwicklungsprozesse von Techniken verwendet werden können.

II. Schreibmaschine und Dieselmotor als technikgenetische Untersuchungsfelder

Daß es durchaus sinnvoll ist, zum Verständnis moderner technischer Entwicklung sich einmal weit in die Vergangenheit zurück zu orientieren, zeigt ein Blick auf die Tastatur moderner Schreibmaschinen oder Personal Computer. Die Anordnung der Buchstaben, Zahlen und Zeichen wird auch in modernen Schreibautomaten nach der "QWERTY" Einteilung vorgenommen. Die Verwendung dieser "Universaltastatur", benannt nach den ersten fünf Buchstaben der ersten Reihe des englischen Keyboards, führt aber zu einer sehr unterschiedlichen Belastung der beiden Hände und bringt daher nicht nur Nachteile für die Gesundheit, sondern auch für die Schreibgeschwindigkeit mit sich. Dennoch sind alle Versuche zur Durchsetzung einer "Idealtastatur" gescheitert und "QWERTY" ist auch heute noch weltweit dominierender Industriestandard. Dies ist um so erstaunlicher, als die ursprünglichen technischen Zwänge für eine solche Tastenanordnung nur für die ersten Jahren der industriellen Fertigung von Schreibmaschinen Gültigkeit hatten: Die ursprünglich alphabetische Anordnung auf dem Tastenfeld führte bei schnellerer Schreibgeschwindigkeit immer wieder dazu, daß einzelne der damals verwendeten Typenhebel sich miteinander verhakten. Aus dem daraufhin vorgenommenen Austausch dieser Typen entstand schließlich das heute noch gültige Tastaturfeld. Diese "Urtastatur" wurde auch nicht aufgegeben, als bereits wenige Jahre später andere technische Systeme bzw. technische Erweiterungen des Typenhebelsystems so weit fortgeschritten waren, daß technische Zwänge als Begründung für die Anordnung entfallen konnten (vgl. Stümpel, 1985; Salthouse, 1984).

"Wer Optionen für die Zukunft erschließen will", wird also auf die "Diskontinuitäten in der Vergangenheit" zu achten haben, um der technischen Entwicklung den "naturwüchsigen Charakter" zu nehmen (Sachs, 1985: 37). Dieser kurze Hinweis auf das "Beharrungsvermögen" technischer Merkmale illustriert die Notwendigkeit einer Analyse der Entstehung "geronnener" technischer Strukturen aus dem unmittelbaren sozialen Entstehungskontext heraus.

In der für die Entstehung und Herausbildung der ausgewählten Techniken wichtigen Phase des ausgehenden 19. und des beginnenden 20. Jahrhunderts

vollzieht sich in Deutschland ein bis dahin nicht gekannter gesellschaftlicher Veränderungsprozeß, in dessen Verlauf sich wichtige und heute noch gültige Kennzeichen moderner kapitalistischer Gesellschaftsformationen herausbilden⁷. Wichtige Stichworte in diesem Kontext sind der einsetzende Industrialisierungsprozeß, der auf der Grundlage einzelwirtschaftlichen und marktvermittelnden Handelns eine ökonomische und technische Dynamik entfaltet, die sich aus den traditionellen sozialen und politischen Regularien befreite. Der einsetzende politische Zentralisierungsprozeß wurde von einer wachsenden Ausdifferenzierung der Naturwissenschaften in Einzeldisziplinen, akademischen Organisationen und Universitäten sowie von einer beginnenden Professionalisierung der technischen Arbeit begleitet. Die in dieser Phase gegründeten technischen Ausbildungsstätten und Technischen Hochschulen waren der sichtbare Ausdruck einer Akademisierung der technischen Arbeit, die schließlich im Jahre 1899 mit der Verleihung der Promotionsrechte durch Wilhelm II. auch ihre politische Anerkennung fand⁸.

1. Die Schreibmaschine

Bereits 1714 reichte der Engländer Henry Mill ein Patent für eine "Maschine (ein, um)... Buchstaben abzudrucken oder abzuschreiben, einzeln oder fortlaufend einen nach dem anderen wie in der Schrift, so daß jeglicher Text auf Papier oder Pergament so klar und deutlich abgeschrieben werden kann, daß man die Schrift von Druck nicht unterscheiden kann..." (zit. nach Mar-

⁷ Vgl. bspw. in diesem Zusammenhang die Aussage von Braun (Braun, 1975: 309), daß zu Problemen der Wissenschaftstheorie der Ingenieurwissenschaften wie auch zum Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik ganz allgemein "die etwa nach 1960 erschienene Literatur zu Teilaspekten dieser Themen, ... nicht nur die Themenstellung eine fast gleiche ist wie um 1900, sondern daß sich auch bei der Beantwortung der aufgeworfenen Fragen gleiche oder ähnliche Resultate ergeben. Es entsteht der Eindruck, daß man - ein wenig überspitzt gesagt - bei der Behandlung mancher allgemeiner Fragen der Technik nicht oder nur unwesentlich über den Reflexionsstand (dieser Zeit um die Jahrhundertwende - A.K.) hinausgekommen ist".

⁸ vgl. Otten, 1986: 221f.; Burchhardt, 1981: 167f.; Schnabel, 1934: (163ff.); Hortleder, 1970 sowie Manegold, 1970 und Armanski u.a., 1986

tin, 1949: 6)⁹. In einem ersten Überblick kann die technische Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Schreibmaschine in Phasen grundlegender Konstruktionsentwürfe und erster Prototypenfertigungen (1714-1873), einer konstruktiven Konsolidierung und Verbesserung bis zur industriellen Reife (1873 -1898) sowie der konstruktiven Standardisierung und Massenfertigung (ab 1900) unterteilt werden (vgl. Kunzmann, 1979: 44).

In der vorindustriellen Phase lassen sich darüber hinaus drei unterschiedliche, wenngleich wechselseitig aufeinander bezogene Orientierungen und Motivbündel zur Technikerzeugung erkennen. Bereits in dieser vorindustriellen Phase ist die Konstituierung eines "herrschenden Standes der Technik" erkennbar, deren kognitive Orientierungsfunktion als "Konstruktionstraditionen" eine tendenzielle Standardisierung der Konstruktionsentwürfe nach sich zieht.

Eine erste sich zur Konstruktionstradition ausbildende Entwicklungslinie entstand aus der Überlegung, durch die Konstruktion eines mechanischen Apparates für Blinde einen Schreibbehelf zu konstruieren.

"Ein Rückblick auf die Entstehung der Schreibmaschine zeigt die überraschende Tatsache, daß nicht allein zahlreiche Blinde als Erfinder brauchbarer Schreibmaschinen auftreten, sondern auch die Erfindung der Schreibmaschine in erster Linie dem Bestreben entsprungen ist, dem Blinden ein Hilfsmittel zum Schreiben zu bieten..." (Picht, 1925:1).
Allerdings wirkte sich diese Konstruktionslinie insofern nachteilig auf die weitere Entwicklung aus, da hier der Schreibgeschwindigkeit kaum Aufmerksamkeit entgegen gebracht wurde. Den vorläufigen technischen Höhepunkt dieser Konstruktionslinie von Blinden-Schreibmaschinen stellte die vom Direktor des Kopenhagener Taubstummeninstituts, Pastor Malling Hansen, 1865 konstruierte Schreibkugel dar. "An ihr erkennt man schon verschiedene, den modernen Schreibmaschinen eigene Einrich-

⁹ Die Forschungen zur Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Schreibmaschine sind noch sehr lückenhaft. Sozial- oder kulturgeschichtliche Ansätze einer Technikgeschichtsschreibung wie sie bspw. durch die Arbeit von K. Hausen zur Nähmaschine (Hausen, 1978) oder des Fahrrades (Pinch /Bijker, 1987) vorliegen, fehlen bislang. Die existierenden Überblicksarbeiten (vgl. bspw. Martin, 1949; Adler, 1973; Beeching, 1974; Pfeiffer, 1923; Müller, 1900) konzentrieren sich primär auf die Rekonstruktion der technischen Entwicklungslinien. Informationen über Marktentwicklung, Branchenstruktur und Absatzbewegung lassen sich überhaupt nur sehr schwer und z.T. nur sehr ungenau ermitteln (vgl. Burghagen, 1898; Kittler, 1986; Brauner, 1925, Beninger, 1986). Sozialwissenschaftliche Arbeiten zur Entwicklungsgeschichte der Schreibmaschine integrieren die Behandlung dieser Technik in größere Fragestellungen und Untersuchungszusammenhänge der Büroautomation (Pirker, 1962) oder konzentrieren sich auf die Analyse der sozialen Folgen dieser Technik für den Arbeitszuschnitt und Arbeitsalltag von Frauen in der Büroarbeit (expl. Nienhaus, 1982; Davies, 1979).

tungen, wie die Klaviatur der Tasten, die selbsttätige Fortführung des Papierwagens, das Glockenzeichen am Zeilenschluß und das Farbband" (Picht, 1925: 3). Diese Stoßstangenmaschine war die erste in Serie produzierte Schreibmaschine, die sich aber kaum verkaufen ließ. Hansen entwickelte seine Maschine ausgehend von der Beobachtung, daß die Fingersprache seiner Taubstummten schneller funktionierte als Handschrift. "Allerdings war bei ihrer Herstellung nicht auf die Bedürfnisse des Geschäftslebens Rücksicht genommen (worden)" (Burghagen, 1898: 119)¹⁰.

In einer zweiten Konstruktionslinie finden sich schließlich Apparate, die primär zur maschinellen Ersetzung der Handschrift und zur Verbesserung der Schreibgeschwindigkeit konstruiert waren. Diese Traditionslinie ließ sich bei den ersten Entwürfen und Konzeptionen von der Klavierkonstruktion leiten, was sich allerdings hinsichtlich Schreibgeschwindigkeit ebenfalls nachteilig auswirkte. Erst als es gelang, sich insbesondere von der zweireihigen Klaviertastatur zu lösen und neue Konstruktionen für die Anordnung von Schreibmaschinentasten zu entwickeln, konnten die technischen Voraussetzungen für eine höhere Schreibgeschwindigkeit geschaffen werden.

Der Jurist G. Ravizza setzte in dieser Konstruktionslinie neue Akzente. In seiner Patentschrift aus dem Jahre 1855 heißt es: "Die Mechanik zu Hilfe zu rufen für die ausgedehnte und wichtige Operation des Schreibens, den allgemeinen Gebrauch, mit der Hand die Buchstaben zu zeichnen, durch die Tätigkeit eines Mechanismus zu ersetzen, wobei die Buchstaben schon vollständig und gleichmäßig geformt sind, ferner mit allen 10 Fingern statt nur mit einer Hand zu arbeiten: das ist das Problem, welches ich mir vorgenommen habe und an dessen Lösung ich schon seit 19 Jahren arbeite" (zit. nach Pfeiffer, 1923: 97). Deutlich treten hier andere Vorstellungen für eine zukünftige Nutzung von Schreibmaschinen hervor als bspw. die Idee zur Erfindung einer Kommunikationstechnik für Blinde. Entsprechend anders sieht auch die Grundstruktur der Konstruktion des "Schreibclaviers" aus: eine zweireihige, alphabetisch geordnete Tastatur; kreisrunde Anordnung der Typen, die bereits mit konischen Zapfen in gabelförmigen Lagern ruhten und von unten nach oben schlugen. Das Papier war oben in einem Rahmen befestigt, der - federgezogen - durch ein Radschaltwerk reguliert wurde. Das Ende der Zeile wurde mit einer Glocke angezeigt und zur Einfärbung der Typen ein seidenes Band benutzt. Die ursprünglich nur mit Großbuchstaben ausgestattete Maschine verfügte in einer späteren Version über ein Umschaltwerk, in der durch Zwischenhebel ein neuer Satz Typen angesteuert werden konnte (vgl. Beeching, 1974:18).

¹⁰ Dafür standen hier Überlegungen zur Konzeption "bedienerfreundlicher" Tastaturen im Mittelpunkt des Konstruktionsinteresses. Die an langen Stangen befestigten Typen wurden zu einer Art Halbkugel zusammengefaßt und erlaubten daher eine recht schnelle Orientierung über die zur Verfügung stehenden Abdruckoptionen und benötigten durch diese Drucktechnik nur sehr wenig Kraftaufwand beim Anschlag.

Zu dieser Konstruktionslinie sind schließlich noch die Modelle des Tischlers P. Mitterhofer aus Meran zu zählen, der seine Apparate in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts fertigte. "Die Merkmale, die Mitterhofers Maschine als einen der vollendetsten Vorgänger der Remington erscheinen lassen, sind die kreisförmig gelagerten Typenhebel mit dem Anschlag von unten nach der zentralen Druckstelle, die zusammengedrückte dreireihige Tastenordnung, mit der Mitterhofer das irreführende Vorbild des Klaviers schon lange vor den Erfindern der Remington verlassen hatte; und die Schreibwalze, die Sholes und Glidden auch in ihrem zweiten Patent ... noch nicht hatten (Pfeiffer, 1930: 151). "(Aber) keiner jener Funktionäre des damaligen Österreichs, die mit Mitterhofers Schreibmaschinenmodellen in Berührung gekommen waren, dachten daran, daß diese Idee industriell ausgewertet werden könnte, obwohl der Gedanke nahelag, die Präzisions- und Reihenfertigung, die schon damals die Waffenindustrie Österreichs groß und weltberühmt gemacht hatte, auch auf die Erzeugung von Schreibmaschinen anzuwenden" (zit. nach Martin, 1949: 43).

In einer dritten Techniklinie lassen sich schließlich jene Versuche zusammenfassen, die auch zum Ersatz manueller Schreibtechnik gedacht waren, sich aber in ihrer Grundkonstruktion bereits frühzeitig aus dem "Bann" des Klaviervorbildes zu befreien versuchten, indem nicht mehr für jede einzelne Type ein eigenes Befestigungsgestänge benutzt wurde. Um den dann unausweichlichen Hebelkorb mit einem komplizierten Stangengebilde zu vermeiden, wurden alle Typen auf einem Körper, der als Rad oder als Zylinder ausgeformt war, zusammengefaßt (vgl. Burghagen, 1898: 9f.).

Der aus den USA stammende John Pratt ließ in den 60er Jahren in England eine Maschine patentieren, die als erstes Modell eine Typenzylinderkonstruktion aufweist, bei der durch einen einzigen Tastendruck, ein sämtliche Typen tragender Körper in die richtige Einstellung und die Type zum Druck gebracht wurden. Die Tasten wirkten auf ein System von Rahmen, von denen je nach der zu drückenden Type einzelne beim Tiefgang des Tastenhebels mitgenommen wurden und hierdurch Antriebs- bzw. Federkraftauslösung und Sperrmechanismus betätigten, die die Dreheinstellung und die axiale Verschiebung des Typenzylinders herbeiführten. Der Abdruck erfolgte durch einen federnden Hammer (vgl. Pfeiffer, 1923: 103).

Faßt man die Vorläuferperiode in ihren technischen Ergebnissen zusammen, zeigt sich, "daß eigentlich nicht mehr viel zu erfinden war", da alle für die spätere Entwicklung grundlegenden Konstruktionselemente bereits vorhanden waren. "Das Prinzip der nach einem gemeinsamen Druckpunkt schlagenden Hebel war gefunden, ebenso das der konvergierenden Stoßstangen und des einstellbaren Typenrades, die Schreibwalze war bekannt ... (sowie) der federgezogene und mit einem Schaltwerk verbundene Wagen, ferner das Farb-

band, endlich auch die Umschaltung (von Klein- auf Großbuchstaben - A.K.)" (Pfeiffer, 1923: 103).

In dieser vorindustriellen Phase kann darüber hinaus von Beginn des 19. Jahrhunderts an eine tendenziell zunehmende Verkettung einzelner Arbeitsschritte in der Konstruktionsentwicklung beobachtet werden. Während bei den ersten Modellen zum Abdruck eines Buchstabens noch drei Handgriffe notwendig waren (Einstellung der Type, Abdruck und Papiervorschub), lassen sich in den späteren Apparaten diese einzelnen Arbeitsschritte mit einem einzigen Tastendruck erledigen. Diese Erhöhung der Schreibgeschwindigkeit konnte allerdings nur um den Preis einer Erschwerung des Anschlags und damit eines wachsenden Kraftaufwandes beim Schreiben erreicht werden (vgl. Burghagen, 1898: 33f.)¹¹.

Die bisherigen Apparate waren zumeist unter der Regie von "Einzelernfindern" ohne die Nutzung der in Organisationen gebündelten Wissensbestände konstruiert worden und nicht über das Versuchsstadium hinausgelangt. Aus diesem Grund gilt deshalb auch erst das 1867 von den Amerikanern Sholes, Glidden und Soulé angemeldete Patent als die Geburtsstunde der industriell gefertigten Schreibmaschine.

Diese Gruppe arbeitete in ihrer Freizeit zusammen mit einigen anderen "Bastlern" in der Werkstatt eines Maschinenbauers. Angeregt zu dem gemeinsamen Vorgehen wurde die Gruppe durch einen Artikel über die erfolgreiche Vorführung der Prattischen "Pterotype" in der Londoner Society of Art, der im "Scientific American" erschienen war und in dem in überzeugender Weise

¹¹ Bereits hier deutet sich an, daß in der technischen Entwicklung von Schreibmaschinen Kriterien der Bedienerfreundlichkeit sicherlich nicht primär berücksichtigt wurden, zumal über die Anschaffung der Maschinen sowie die Auswahl des Systems nicht die unmittelbaren Nutzer oder Nutzerinnen, sondern die jeweiligen Dienstherrn entschieden (bzw. ja immer noch entscheiden). Deren Interesse lag aber mehr an vielfältigen technischen Einsatzmöglichkeiten und weniger in einem leichtgängigen Anschlag. Zumindest im 19. Jahrhundert waren nach den vorliegenden Unterlagen in Deutschland nur sehr wenige Maschinenschreiberinnen in der Lage, sich eine eigene Maschine anschaffen zu können und selbstständig Schreibdienste anzubieten. "In eigenem Besitz scheinen bisher nicht allzu viele Damen eine Schreibmaschine zu haben, bei männlichen Stenographen trifft man sie häufiger. Vorläufig scheint sich für Damen eine solche Kapitalanlage von 300-400 Mark auch gar nicht zu lohnen" (Specht, 1896: 282). Der durchschnittliche Monatslohn betrug nach der Erhebung von Specht in Berlin bei Maschinenschreiberinnen zwischen 60-90 Mark. Der Kaufpreis für Standardmaschinen lag hingegen in dieser Zeit kaum unter 400 Mark, zumal zu jener Zeit noch erheblich höhere Kosten für den Unterhalt der Maschinen hinzuzurechnen waren.

von der wirtschaftlichen Bedeutung der Schreibmaschine und ihrer zukünftigen Entwicklung berichtet wurde (vgl. Kunzmann, 1979: 60).

Sholes und dessen Kollegen setzten weniger durch technische Innovationen, sondern durch die Schaffung von organisatorischen Voraussetzungen einer industriellen Schreibmaschinenfertigung neue Akzente. Der unbedingte Wille zur Verwertung der Erfindung, der sich weniger auf das Ausprobieren mechanischer Möglichkeiten, sondern auf das Entstehen praktisch verwertbarer Produkte orientierte, setzte einen Selektionsprozeß in Gang, der alle kompliziert erscheinenden Konstruktionen von vornherein ausschloß. Während zu dieser Zeit Ravizza und auch Mitterhofer immer neue Detailraffinessen ausprobierten, eine immer größere technische Vervollkommnung ihrer Versuchsapparate anstrebten¹², arbeitete das Sholes-Team an einfachen und leicht reproduzierbaren Mechanismen.

"Erfinden" bedeutete in dieser Phase und unter diesen Bedingungen, daß Sholes und seine Mitarbeiter mit einem Satz bereits bekannter Elemente operierten, deren Beziehungen und Anordnungen neu kombinierten, auf die Kompatibilität mit den ökonomischen Zielvorstellungen achteten und in den damit bereits vorskizzierten Entwicklungskorridoren konstruktive Verbesserungen vornahmen (vgl. Pirker, 1962: 28).

Man entschied sich grundsätzlich für die Typenhebeltechnik und führte damit den bereits von Ravizza und Mitterhofer eingeschlagenen Konstruktionsweg von im Kreis angeordneten und von unten an die Walze anschlagenden Typenhebel weiter fort. Diese Grundkonstruktion zeichnete sich bspw. gegenüber Typenzylinderkonstruktionen durch eine einfache und überschaubare Mechanik aus, die sich für eine robuste Auslegung eignete. Da aber die Typenhebel in dieser Ausführungsart unten an die Walze angeschlossen, war das gerade Geschriebene nicht sofort sichtbar, die Maschinen schrieben infolgedessen nur "blind".

Sholes und sein Team waren aber auch auf die Verwendung und die Übernahme bereits existierender Konstruktionsprinzipien und -elemente angewiesen, die sich auch gegenüber den Profitmotiven als eine "eigenständige Macht" in der Technikerzeugung bemerkbar machten und eine sofortige direkte Umsetzung von Ideen und Motiven in adäquate technische Lösungen erschwerten. Durch

¹² Ein ebenfalls 1867 konstruiertes Modell Ravizzas verfügte bspw. über einen Mechanismus, der am Ende einer Zeile nicht nur ein akustisches Signal auslöste, sondern auch "a little door opened and a visible signal popped out which said "The line is finished"" (Beeching, 1974: 14).

die Anbindung an den "Stand der Typenhebeltechnik" standen auch diese Entwicklungsarbeiten noch weiterhin unter dem "Bann" der Klavierkonstruktion. Die zweireihige Tastatur und die dadurch bedingte Aufhängung der Typen standen aber der Erreichung höherer Schreibgeschwindigkeiten völlig entgegen. Das Festhalten an diesen Konstruktionsmerkmalen verhinderte lange Zeit, daß die gewünschte technische Qualität der Schreibmaschine auch erreicht werden konnte.

Die Erfinder hatten sich unterdessen zu einem Unternehmen zusammengeschlossen, einige "Bastler" waren ausgeschieden, dafür aber ein Patentanwalt (Densmore) und ein Geschäftsmann (Yost) hinzugekommen. Obwohl mehrere Exemplare bereits in der Erprobung waren, gelang es dem neu gegründeten Unternehmen nicht, Maschinen mit der für einen Dauerbetrieb notwendigen Stabilität zu bauen: Dem Unternehmen fehlte es an Kenntnissen und an einer entsprechenden Werkzeugmaschinenausstattung, um die für die Qualitätsverbesserung notwendige Präzision der Einzelteilerfertigung erreichen zu können. In dieser Zeit zeigte sich - trotz intensiver Bemühungen - aber kein Unternehmen der Feinmechanikbranchen an der Entwicklung und Fertigung von Schreibmaschinen interessiert. Ohne eine solche fertigungstechnische Anbindung aber waren selbst bei dieser vergleichsweise einfachen Technik keine funktionsfähigen Maschinen in größerer Stückzahl zu produzieren. In solchen Situationen kann daher die Rolle von Unternehmen in ihren Markt- und Produktionsplanungen als eine Art "gate-keeper" umschrieben werden, da hier grundsätzlich über die Realisierungschancen technischer Optionen entschieden wird.

Erst als der Waffen- und Nähmaschinenhersteller Remington & Son durch das Auslaufen von Waffenaufträgen der US-Regierung dazu gedrängt wurde, für die weitere ökonomische Existenzsicherung neue Wachstumsfelder zu erschließen, konnte nach längeren Verhandlungen ein Vertrag für ein erstes Fertigungsprogramm abgeschlossen werden¹³.

¹³ Remington hatte insbesondere durch die Fertigung von Feuerwaffen während des amerikanischen Bürgerkrieges hohe Gewinne erzielen können, das Stammkapital des in eine Aktiengesellschaft umgewandelten Familienbetriebes erreichte zwischenzeitlich die für die damalige Zeit enorme Höhe von 1,5 Mio. Dollar. Das Unternehmen begann offensichtlich schon sehr früh durch die Aufnahme neuer Produktionszweige, insbesondere durch die Fertigung von Nähmaschinen und landwirtschaftlichen Geräten, den sich abzeichnenden Auf-

Nachdem sich das Unternehmen zunächst lediglich zur Produktion von tausend Maschinen verpflichtet hatte - den Verkauf und selbst eine Vorfinanzierung von 10.000\$ sollten Densmore und Yost übernehmen (Adler, 1973: 172) -, erkannte man in der Firmenleitung sehr schnell, daß die Konstruktion der Maschine für eine Serienfertigung noch erhebliche Mängel aufwies.

Im Entscheidungsverhalten des Unternehmens lassen sich bereits typische Merkmale erkennen, die auch später für Diversifizierungsentscheidungen anderer Unternehmen in der Schreibmaschinenbranche kennzeichnend sein sollten: Das primäre Interesse für die Aufnahme von Schreibmaschinen in die Produktionspalette galt einzig der Auslastung von Fertigungskapazitäten. Remington verzichtete nach den vorliegenden Informationen offenbar ebenso auf eine "Bedarfsanalyse" wie auf eine Begutachtung anderer existierender technischer Systeme, die sich möglicherweise für eine Fertigung besser eigneten, und konzentrierte sich in der Entwicklungsarbeit ganz auf den von Sholes, Densmore und Yost vorgeschlagenen Konstruktionstyp. Die Entwicklungsarbeiten wurden der Nähmaschinenabteilung überantwortet, die aber offenbar dem neuen Fabrikationszweig nur wenig Engagement entgegenbracht und der es nicht gelang, an den eingereichten Maschinen die gewünschten technischen Verbesserungen vorzunehmen. Die Unternehmensleitung entschied sich daraufhin gegen die Schreibmaschine als mögliches Diversifizierungsprodukt. Erst als einer der Techniker der Nähmaschinenabteilung anbot, die Weiterentwicklung der Maschine ganz persönlich und zudem noch unentgeltlich zu übernehmen, willigte die Unternehmensleitung in den Fortgang der Entwicklungsarbeiten ein (vgl. Martin, 1949: 61). Die Lagerung der Tasten, die Hebelbefestigung, der Wagenlauf sowie die Konstruktion des Farbbands wurden verbessert, während die Grundkonstruktion von unten anschlagender Typenhebel beibehalten wurde. Durch diese Koalition von unternehmensexternen und -internen Interessen konnte die Konstruktionstradition der "blind" schreibenden Typenhebeltechnik schließlich als unternehmensspezifischer Konstruktionsstil etabliert werden. Als kurze Zeit später zwei an der Weiterentwicklung der Sholes-Maschinen beteiligte Techniker mit Typenzylinder- und Typenradsystemen Konstruktionstypen zur Fertigung vorschlugen, die gegenüber der "blinden" Sholes-Konstruktion erhebliche technische Vorteile versprachen, entschied sich Remington aber für die Fortsetzung des bereits eingeschlagenen Entwicklungsweges (vgl. Martin, 1949: 64).

tragsschwund im Rüstungsgeschäft zu kompensieren (vgl. Martin, 1947: 509).

Indem die Erfahrungen mit der Fertigung von Nähmaschinen in die Produktion der Geräte eingebracht wurde, konnte schließlich auch die Stabilität der Maschinen erheblich verbessert und darüberhinaus auch weitere neue Entwicklungen erprobt werden. "Als alter Nähmaschinenfachmann" kam der beteiligte Konstrukteur auf die Idee, "daß der Wagenrücklauf durch ein Pedal besorgt werden (müßte), so daß die Hände das Tastenfeld nicht zu verlassen brauchten" (Martin, 1949: 62). Diese Kombination von unterschiedlichen Konstruktionslinien ließ in der Tat die Maschinen, mit Fußschaltung und auf Tischen postiert, einer Nähmaschine nicht unähnlich erscheinen. Diese durchaus praktische Neuerung wurde allerdings bereits kurze Zeit später, im Modell 2, wieder aufgegeben, da sich Überlegungen durchsetzten, zur Absatzsteigerung die flexible Handhabung der Maschinen zu verbessern und damit auf den Tisch zu verzichten.

"Die Schreibmaschine war auf dem Markt. Nun aber hieß es, sie zu verkaufen" (Pirker, 1962: 33). Das Problem bestand nun darin, daß nicht nur kein Bedarf an solchen Maschinen bestand, sondern sich sogar heftiger Widerstand gegen eine Nutzung von Schreibmaschinen regte. "Die großen (Handelshäuser) beanstandeten die Maschinenschrift für die Korrespondenz; - ein Geschäftsbrief dürfe nur mit der Hand geschrieben werden - so lautete das einstimmige Urteil der maßgebenden Kreise. Auch die jungen Leute stemmten sich gegen die Einführung der Schreibmaschine, durch die sie ihre Existenz bedroht glaubten. Kleinere Geschäfte hatten des verhältnismäßig hohen Preises wegen keine Veranlassung, eine Maschine anzuschaffen..." (Burghagen, 1898: 13). Auch die Orientierung auf öffentliche Verwaltungen als potentielle Absatzgebiet versprach wenig Erfolg. Die überwiegende Mehrheit der Washingtoner Bürokratie verhielt sich einer solchen Idee gegenüber mehr als reserviert, während interessierte Abteilungsleiter an der Einführung der Schreibmaschine durch eine Verordnung gehindert wurden, die mit peinlicher Genauigkeit festlegte, was und wie alles in Dokumenten niedergeschrieben werden sollte (Pirker, 1962: 32).

Als sich auch die Maschinen der zweiten Modellreihe, die technisch etwas verbessert waren, sie verfügten über eine Umschaltung von Groß- auf Klein-

buchstaben, zunächst kaum verkaufen ließen¹⁴, und daraufhin einige Ingenieure an weiteren technischen Verbesserungen zu arbeiten begannen, sprach man sich in der Unternehmensleitung gegen diese z.T recht grundlegenden Veränderung der eingeschlagenen Entwicklungslinien aus¹⁵. Diese Haltung sorgte schließlich für so große Konflikte, daß mehrere an der Schreibmaschinenentwicklung beteiligte Techniker das Unternehmen verließen und mit dem Aufbau eigener Produktionsstätten begannen. Unter Markennamen wie "Calligraph" (1883), "Yost" (1887) oder "Densmore" (1891) wurden Maschinen von Unternehmen angeboten, deren Techniker und Ingenieure die von Remington stabilisierte Konstruktionstradition des Unteraufschlags weiter fortführten. In anderen sozialen Milieus konnten nun durch offenere Konstruktionsstile aber neue wichtige Detailverbesserungen durchgeführt werden. Selbst als Remington eine Konstruktion angeboten wurde, die den technischen Mangel des "unsichtbaren" Anschlags durch die Einführung eines neuartigen Zwischengelenks behob, war die Unternehmensleitung nicht zur Kooperation bereit (vgl. Beeching, 1974: 26)¹⁶. Erst als Remington seine Marktführerschaft eingebüßt hatte, war man schließlich 1908 bereit, die Segmentschaltung als Konstruktionsprinzip zu übernehmen.

¹⁴ Verkaufszahlen der Remingtonmaschinen, Modell 2:

1879 = 146	1881 = 1710	1884 = 9000
1880 = 704	1883 = 7200	1885 = 14000
(zit. nach Martin, 1949 : 64)		

¹⁵ Sehr umstritten war bspw. zwischen Unternehmensleitung und einigen Technikern, die für die Zeilengradheit sich als äußerst nachteilig auswirkende Umschaltvorrichtung durch eine "Vollklaviatur" zu ersetzen, auf der alle Groß- und Kleinbuchstaben auf dem Tastenhebel verfügbar waren.

¹⁶ Die beiden Konstrukteure dieses Zwischenhebels, Vater und Sohn Wagner, stießen zunächst auf den Widerstand in der gesamten Branche. Es gelang ihnen auch nur sehr mühsam, diese Konstruktionsidee durch den Aufbau einer eigenen Schreibmaschinenfertigung zu verwerten. Als aber der Farbbandhersteller Underwood durch eine Kündigung von Remington ein großes Absatzgebiet für seine Farbbänder verlor, entschied sich die Unternehmensleitung, ihrerseits zu diversifizieren und die Konstruktion der beiden Wagners aufzugreifen. Die schließlich 1896 auf dem Markt erschienene Maschine "Underwood" war mit einer Typenhebelsegmentschaltung ausgerüstet, die einerseits die Fortführung der unterdessen stark verbesserten Typenhebelkonstruktion erlaubte, darüber hinaus aber durch die sofortige Sichtbarkeit des Anschlags den Schreibprozeß erheblich vereinfachte (vgl. Morschheuser, 1987: 29f.).

Inzwischen waren die Verkaufszahlen etwas angestiegen, und als es durch die Entwicklung von Lernprogrammen gelang, alle 10 Finger für den Schreibprozeß zu nutzen, konnten durch entsprechende Qualifizierung - insbesondere von stellungsuchenden Frauen - endlich auch die angestrebten Schreibgeschwindigkeiten in der Nutzung dieser Geräte erzielt werden. Die Genese der Schreibmaschine war somit entscheidend dadurch geprägt, daß zwar die für die technische Reproduzierbarkeit notwendige Anbindung an eine Werkzeugmaschinen-ausstattung gelungen war, dafür aber die Entwicklung der Maschinen - als "ungeliebtes Kind" der Unternehmen im Kontext der Diversifizierungsüberlegungen - in einem wenig innovativen Konstruktionsstil "eingezwängt" blieb. Engagierten Technikern war es nicht möglich, mit alternativen technischen Grundkonstruktionen zu experimentieren, denn ohne eine entsprechende organisatorische Anbindung und ohne technische Infrastrukturhilfe war die Entwicklung solcher technischen Optionen bereits von Beginn an erheblich eingeschränkt.

Es ist daher auch kaum verwunderlich, daß die von Nutzern geübte Kritik an der technischen Unvollkommenheit der Maschinen kaum auf fruchtbaren Boden fiel, da "in der Hauptsache die Maschinen wohl ihre definitive Form schon erhalten (hatten)". "Bisher waren nur die Ideen der Erfinder und die technischen Forderungen der Fabrikanten zu Worte gekommen. Jetzt galt es auch noch, die in der Praxis gemachten Erfahrungen zu berücksichtigen" (Burghagen, 1898: 13). Der sehr agile Schreibmaschinenhandel führte immer wieder Befragungen mit dem Ziel einer "idealen Schreibmaschine" durch, doch wurden nur solche Antworten zugelassen, deren technische Realisierung auf der Basis der eingeschlagenen konstruktiven Grundentscheidung möglich war (vgl. bspw. Müller, 1900: 17).

Verbesserte feinmechanische Fertigkeiten und die Gründung neuer Schreibmaschinenunternehmen führten schließlich um die Jahrhundertwende dazu, daß sich verschiedene technische Grundsysteme von Schreibmaschinen etablieren konnten¹⁷. Der technische Ausdifferenzierungsprozeß war aber in dieser Zeit

¹⁷ Neben den Typenhebelkonstruktionen als Unteraufschlag oder als Segmentschaltung existierten Typenzylinder bzw. Typenradsysteme sowie Typenstangensysteme und Typenplattensysteme in unterschiedlichen Ausführungsformen (vgl. für einen Überblick um die Jahrhundertwende Müller, 1900 sowie Rolf, 1988).

bereits weitgehend abgeschlossen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts setzte ein Standardisierungsprozeß ein, an dessen Ende nur Maschinen mit Typenhebel-segmentschaltung als universell genutztes System in der Produktion verblieben. Dies ist um so erklärungsbedürftiger, als die Bedürfnisse und Wünsche der Schreibmaschinennutzer bei steigendem Gebrauch der Maschinen immer vielschichtiger und umfangreicher wurden und andere Systeme diesen Bedürfnissen durch ihre technischen Eigenschaften in einem viel größeren Maße entgegen kamen als der nun ausschließlich verwendete Typenhebelmechanismus¹⁸.

Soweit bislang erkennbar, wurde diesen erweiterten Nutzerwünschen insbesondere in zwei Entwicklungspfade entsprochen: dem Einsatz von Elektrizität und Preßluft zur Minimierung des Kraftaufwandes sowie der Konstruktion von "geräuschlosen" Maschinen. Diese Entwicklungsarbeiten wurden aber nahezu ausschließlich auf der technischen Basis der Segmentmaschinen weitergeführt. In einer Anbindung an die herrschende Konstruktionstradition wurden damit aber wiederum unsichtbare "geronnene" Selektionsmuster weitergetragen, die der technischen Weiterentwicklung offensichtlich entgegenstanden und die angestrebten Verbesserungen eher behinderten (vgl. Martin, 1949: 360ff.).

Für die Entwicklung in Europa und speziell in Deutschland ist kennzeichnend, daß hier nicht an die vorhandenen Modelle und Apparate, etwa von Mitterhofer und Ravazzi, angeknüpft wurde. Die Schreibkugel von Malling-Hansen stieß beispielsweise kaum auf Interesse und spielte in der weiteren Schreibmaschinenentwicklung keine Rolle mehr. Die ersten Maschinen, die in deutschen Kontoren zu Beginn der achtziger Jahre des 19. Jahrhundert auftauchten, stammten vielmehr aus den ersten Remington-Modellreihen.

Der Beginn der industriellen Schreibmaschinenfertigung ist auch in Deutschland weniger der Reaktion auf einen existierenden Bedarf oder gar der Nach-

¹⁸ Eintastermaschinen waren wesentlich einfacher, handlicher und auch billiger herzustellen, Zylindermaschinen ließen sich durch ihre kompakte Technik hervorragend als Reiseschreibmaschinen verwenden. Typenradmaschinen zeigten sich hinsichtlich der Genauigkeit des Schriftbildes sowie durch die Möglichkeit der Austauschbarkeit der Typen gegenüber Typenhebelkonstruktionen überlegen (vgl. Burghagen, 1898: 32ff.). Möglicherweise erklären sich diese Standardisierungstendenzen auch als eine technische Konsequenz aus der Verwendung entsprechend genormter Werkzeugmaschinen durch die Feinmechanikindustrie.

frage nach Schreibmaschinen zu verdanken, sondern auch hier entschieden sich bereits existierende Feinmechanikunternehmen, solche Geräte aus Diversifizierungsgründen in die Produktpalette aufzunehmen. Vor allem einer Absatzkrise in der Fahrradindustrie war zu verdanken, daß Ende der 90er Jahre neben Nähmaschinenhersteller weitere Branchen mit der Fertigung von Schreibmaschinen begannen (vgl. Seyfert, 1912: 49). Obwohl auch in Deutschland weiter an verschiedenen Konstruktionen gearbeitet wurde, Patente eingereicht und auch erteilt wurden (vgl. Müller, 1900), entschieden sich die etablierten Unternehmen, ihre vorhandenen Fertigungskapazitäten durch die Lizenzfertigung patentgeschützter amerikanischer Maschinen auszulasten. Die Modelle wurden geringfügig verändert, deutsche Sonderzeichen eingeführt und nach Ablauf des Patentschutzes als "deutsches Produkt" weiterverkauft (vgl. auch R. Schneider, 1923).

Die Maschinen wurden zwar mit den vorhandenen Fertigungskapazitäten in den Nähmaschinen- oder Fahrradabteilungen in einer soliden Ausführung geliefert, grundlegende Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde unter diesen Bedingungen aber offenbar nicht angestrengt¹⁹. Es ist daher auch kaum verwunderlich, daß sich Klagen der Schreibmaschinennutzer über die mangelnde Sorgfalt in der Behandlung der Schreibmaschinen durch die Unternehmen häuften. "Was nützen alle Techniker, wenn sie keine Ahnung von der Schreibmaschinenbranche haben", fragten kritische Stimmen zu Beginn des 20. Jahrhunderts in einer Fachzeitschrift, und in Anspielung auf die eigentlichen Betätigungsfelder der Unternehmen wurde reklamiert, daß "eine Schreibmaschine kein Klavier, kein Auto, keine Nähmaschine und kein Fahrrad" sei, daß eine Schreibmaschine "ein diffiziler, feinmechanischer, technisch durchdachter Apparat (sei), von dem etwas mehr verlangt wird als fahren und stinken, Akkorde schlagen oder Jacke und Hose nähen" (zit. nach Hechler, 1988: 14).

Von Unternehmen, die ausschließlich zur Fertigung von Schreibmaschinen gegründet worden waren, konnten aber nur wenige den Mangel an Erfahrung,

¹⁹ Im übrigen waren auch in Deutschland die Vorbehalte gegenüber dieser neuen Schreibtechnik wesentlich größer als der Bedarf nach diesen Maschinen. Gegenüber persönlichen Briefen, die mit einer Schreibmaschine geschrieben waren, wurden auch in der deutschen Bürowelt Bedenken geltend gemacht. Wenn auch bereits 1897 eine Verfügung des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe die Schreibmaschinenschrift im Verkehr mit der Regierung als zulässig erklärte (vgl. Kittler, 1986: 318), zögerten aber offenbar auch Behörden mit der Anschaffung von Schreibmaschinen (vgl. Beylerlen, 1909: 176).

feinmechanischem Können und betrieblicher Infrastruktur ausgleichen. "Wer ohne einschlägige Ressourcen ganz neu begann, mußte hohe Eintrittsgelder bezahlen". Solche Unternehmen meldeten in der Regel bereits wenige Jahre nach Gründung wieder Konkurs an (Kanzler AG) oder sicherten ihre mische Existenz durch eine strikte Standardisierung der Produkte und eine Verlagerung der Fertigung in Billiglohnggebiete, insbesondere nach Thüringen und Sachsen (Mercedes AG) (vgl. Fachgemeinschaft Büro- und Informationstechnik, 1984: 23).

Bis zum Ersten Weltkrieg konnten in Deutschland etwa 500.000 Maschinen produziert werden (vgl. Rolf, 1988: 16)²⁰, wovon zu dieser Zeit ein großer Teil exportiert wurde (vgl. Kunzmann, 1979: 141). Einen ersten regelrechten Auftragsboom erlebte die deutsche Schreibmaschinenindustrie aber während des Ersten Weltkriegs. Verantwortlich für den steigenden Absatz deutscher Fabrikate waren neben einem Einfuhrverbot für Schreib- und Rechenmaschinen vor allem der wachsende Bedarf der Kriegsverwaltungen an mechanischen Schreibgeräten (vgl. Lorenzen, 1916: 893f.).

Betrachtet man die heute zur Verfügung stehenden Modelle mechanischer Schreibmaschinen aus der Perspektive der Jahrhundertwende, fällt es schwer, von einem "technischen Fortschritt" zu sprechen, zumindest muß aber eine drastische Einschränkung technischer Optionen konstatiert werden. Für unterschiedliche Nutzungszwecke standen in dieser Zeit noch verschiedene technische Grundsysteme zur Verfügung, die aber nach dem Ersten Weltkrieg alle vom Markt verschwunden waren und erst wieder in den 60er Jahren in elektromechanischen und elektronischen Schreibmaschinen Verwendung fanden.

²⁰ Rolf nennt für die populärsten Modelle bis zum ersten Weltkrieg folgende Verkaufszahlen:

Adler	= 112.000	Continental	= 80.000	Mercedes	= 26.000
Ideal	= 100.000	Mignon	= 52.000	Torpedo	= 15.000

Exkurs: Zur Verwissenschaftlichung technischer Arbeit

Während die Frühphase der Entstehungsgeschichte der Schreibmaschine also noch sehr stark von Einzelerfindern in der Rolle "genialer Dilettantisten" geprägt ist, nimmt etwa ab Mitte des 19. Jahrhunderts die Professionalisierung der technischen Arbeit zu. Das technische Ausbildungswesen konsolidiert sich, Techniker und Ingenieure beginnen sich als Berufsstand zu konstituieren, und entwickeln in stabilen Diskurszusammenhängen ein ausgeprägtes Selbstverständnis von der technischen Arbeit. Sie beginnen, auf eingegrenzten Technikfeldern ein gemeinsames Problem- und Konstruktionsverständnis zu formulieren und prägen Standards für technische Lösungswege.

Dieses Selbstbewußtsein drückte sich zum Ende des 19. Jahrhunderts häufig in Konflikten darüber aus, daß in der industriellen Konstruktionsarbeit für viele technische Problemstellungen im Verständnis der Ingenieure nur sehr unbefriedigende Lösungen gefunden werden konnten. Ein konkurrierendes Verhältnis zwischen der "technischen Optimalität" im Denken der Ingenieure und der Dominanz ökonomischer Bewertungskriterien bei den Unternehmen läßt sich insbesondere auch in der frühen Etablierung einer eigenen Forschungsförderung durch die wissenschaftlich-technischen Vereine ablesen. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) spielte dabei bereits sehr früh eine führende Rolle und begann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der Organisation von "Preisausschreiben" zu ausgewählten technischen Konstruktionsproblemen, die in der industriellen Praxis überhaupt nicht oder als nur sehr unbefriedigend gelöst galten. Im Vordergrund standen Probleme im Umfeld der damals dominierenden Energietechnik, der Dampfmaschine. Hier wurde nach neuen Erkenntnissen zur Dampfkesselsicherheit geforscht oder Verfahren zur Entwicklung raucharmer Feuerungsverfahren in Industrie und Haushalt entwickelt (vgl. Lundgreen, 1979; Burchhardt, 1981).

Neben der Vermittlung grundlegender kognitiver Orientierungsmuster werden in den Sozialisationsinstanzen der technischen Arbeit aber auch spezifische, mitunter konkurrierende Problemsichten entwickelt. Im Blick auf die Genese von Techniken lassen sich vor allem in Fragen der Nutzung wissenschaftlicher Methoden zur Lösung von Konstruktionsproblemen unterschiedli-

che Grundorientierungen erkennen.

Seit der Gründung der technischen Hoch- und Fachhochschulen traten hier Probleme einer homogenen Verbindung von Forschung und Lehre auf (vgl. Mane-gold, 1970; Hertwig, 1950). Während die Forschungsarbeit primär Ansprüche an die praktische Verwertbarkeit des Artefakts oder des Systems stellt und die Relevanzkriterien aus der unmittelbaren Erfolgskontrolle der projektierten Zweckbestimmung bezieht, stellt die Lehrtätigkeit größere Anforderungen an eine Systematisierung und geschlossene, widerspruchsfreie Darstellung des Stoffes. Im Bestreben zur Formulierung allgemein gültiger Lehrsätze entwickelt sich hier eher eine Nähe zu den Naturwissenschaften. Es ist daher kaum verwunderlich, daß zum Ende des Jahrhunderts heftige Auseinandersetzungen über den Wert deduktiver Problemlösungsverfahren in der Technik auftraten. An der TH Berlin kam es durch diese unterschiedlichen Orientierungen zu einer hochschulpolitischen Kontroverse darüber, ob die Hochschulausbildung den Schwerpunkt mehr auf die Schulung theoretischer Kenntnisse im Rahmen systematischer Darstellungen zu legen habe oder aber die Vermittlung unmittelbar praktisch relevanter Fertigkeiten im Vordergrund stehen sollte (vgl. Braun, 1977). Immer wieder klagten Ingenieure darüber, daß die an wissenschaftlichen Standards orientierten deduktiven Problemlösungsmethoden im Maschinenbau für die Praxis völlig untauglich seien, da sich die zugrundeliegenden Prämissen mehr an den herrschenden "Zunftmeinungen" als an der konkreten Lösung von praktischen Problemen orientierten²¹. Vor allem der Dampfmaschinenbau stand in diesen Debatten im Mittelpunkt der Auseinandersetzungen, da hier der Einsatz wissenschaftlicher Methoden als besonders fortschrittshemmend kritisiert wurde²².

²¹ Noble kommt für die Entwicklung der Ingenieurausbildung in den USA zu ganz ähnlichen Ergebnissen: "Technical education in the United States therefore, developed in struggle with the classical colleges, both inside and outside of them. One form of this development was the gradual growth of technological studies within the classical colleges, resulting from the reorientation of natural philosophy toward the empirical, experimental, scientific search for truth and from the pressures of some scientists and powerful industrialists for practical instruction: the other was the rise of technical colleges and institutes outside of the traditional colleges in response to the demands of internal improvement projects like canal-building, railroads, manufactures, and, eventually, science-based industry" (Noble, 1977: 20).

²² "Das sinnwidrige Verfahren Zeuners, in seinen "Schiebesteuerungen" eine geometrische Aufgabe in eine analytische umzudeuten, dann aber doch geometrisch zu lösen, unabhängig von der Wirkung der Steuerung, dieses

Zur konzeptionellen Bearbeitung dieser Kontroversen um wissenschaftlich angeleitete Methoden in der technischen Arbeit, in der auch unterschiedliche kognitive und soziale Orientierungsmuster eine Rolle spielten, wurden immer wieder wissenschaftssoziologische Ansätze vorgeschlagen (vgl. Lindner, 1982: 405; Constant, 1977: 1ff.). Die freilich bislang nur rudimentären Hinweise auf "technological communities" zeigen allerdings auch, daß eine Übernahme von Begriffen und Kategorien aus der Wissenschaftsforschung nicht ohne Probleme ist. In der Technik konstituieren sich die gemeinsamen Perzeptions- und Handlungsmuster sehr viel enger, quasi um den unmittelbaren technischen Gegenstandsbereich herum. In der gemeinsamen Konstruktionsarbeit am Gerät manifestieren sich die Erfahrungen und die spezifische "Sicht der Dinge".

In der technischen Arbeit können sich "invisible colleges" vor allem dann herausbilden, wenn unterschiedliche Konstruktionslinien bzw. Problemlösungsverfahren für eine definierte Problemstellung zur Verfügung stehen. Solche "Schulen" lassen sich einmal um die beiden großen motortechnischen Konstruktionslinien, Dampfmaschine und Explosionsmotor, aber auch zwischen Vertretern des Viertakts- bzw. des Zweitakts-Arbeitsverfahren beobachten

schulmäßige Verfahren wurde dem Nachwuchs etwa 30 Jahre hindurch eingeübt. Und fast ebenso lange wurde der Dampfmaschinenbau von den Einseitigen in eine unsinnige Richtung gelenkt durch das Überschätzen der Steuerung, wodurch nutzlos Millionen verschleudert und der wirkliche Fortschritt aufgehalten wurde" (Riedler, 1921: 46). Matschoß vermutet in seiner umfangreichen Studie zur Geschichte des Dampfmaschinenbaus, daß die sehr schwierige Einführung einer kolbenlosen Maschine (Pulsometer) in Deutschland darauf zurückzuführen ist, daß sich dieser Apparat in seiner Funktionsweise theoretischen Deutungsversuchen widersetzte und daher im wissenschaftlich-technischen Lehr- und Forschungsbetrieb nicht genügend berücksichtigt wurde (Matschoß, 1908, Bd.2:356). Darüber hinaus lassen sich - nach Matschoß - die verschiedenen, unterschiedlichen nationalen "Technikstile" im Dampfmaschinenbau u.a. durch eine unterschiedliche Bedeutung theoretischer Orientierungen begründen. "Nach und nach entwickelte sich auch ein selbständiger französischer Maschinenbau, der es verstand, sich mehr und mehr vom englischen Einfluß zu befreien, allerdings vielfach auf Kosten der konstruktiven Einfachheit. Die Franzosen liebten es, besondere Feinheiten in der Steuerung und in der Regulierung an ihren Maschinen anzubringen, die mehr in der theoretischen Betrachtung als bei der praktischen Benutzung befriedigten" (Matschoß, 1908, Bd.1: 223).

(vgl. Meyer, 1913: 38f.; Braun, 1977; Riedler, 1921)²³.

Diesels Ideen zur Konzeption eines rationellen Wärmemotors wurden in ihren grundlegenden Prämissen entscheidend durch die Schulbildungen der Thermodynamik geprägt. Diesels Rekurs auf wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisfortschritte war darüber hinaus auch eine wichtige Voraussetzung dafür, daß sich namhafte Professoren dieser Zunft erfolgreich für die Umsetzung seiner Ideen einsetzten.

2. Der Dieselmotor

Wohl kaum eine andere Entstehungsgeschichte einer Technik ist so heftig diskutiert worden wie die des Dieselmotors. Rudolf Diesel provozierte die etablierte Zunft der Dampfmaschinen- und Explosionsmotorenbauer jener Zeit gleich in mehrfacher Weise. Einmal war er als angestellter Eismaschineningenieur kein ausgewiesener Fachmann für Verbrennungsmotoren, was ihn aber nicht daran hinderte, sich intensiv mit den thermodynamischen Problemen des Motorenbaus zu beschäftigen. Zum anderen ging er nicht - wie im damaligen Motorenbau üblich - von Erfahrungen im praktischen Umgang mit Motoren aus,

²³ Die unterschiedlichen Perspektiven bei der Konstruktion von Verbrennungsmaschinen setzten sich auch in den Diskussionen um die Berechnungsgrundlagen für die mechanischen Wirkungsgrade der verschiedenen Systeme fort. Löffler/Riedler kritisierten, daß bei der Formulierung einer VDI-Norm zur Berechnung von Wirkungsgraden bei Verbrennungsmotoren falsche Annahmen zugrunde gelegt worden waren, die sich in der industriellen Praxis als Bevorteilung von Zweitaktgasmaschinen auswirkten, ohne daß entsprechende Vorzüge auch praktisch nachgewiesen werden konnten. "In Wirklichkeit sind die Viertaktmaschinen oft besser durchgebildet als die Zweitaktmaschinen; trotzdem kann die Rechnung nach den "Normen" für Zweitaktmaschinen wesentlich günstigere mechanische Wirkungsgrade ergeben" (Löffler/Riedler, 1916: 109f.). An anderer Stelle führt Riedler dazu aus: "Ausgangspunkt waren gleichfalls ehrwürdige "Theorien", geheiligte "Grundsätze", die ganz einseitig geltend gemacht, von allen Theoretikern bestätigt und auf eine wichtige betriebstechnische Aufgabe angewendet wurden...". Der Industrie, die "die falsche Wertung im Glauben an die "Autoritäten" annahm und auf Anraten von Theoretikern mit dem Bau einer neuen Art von Zweitaktmaschinen begann", brachten diese "theoretischen Verheißungen" erhebliche wirtschaftliche Verluste (Riedler, 1919: 63). (Vgl. hierzu auch den "Hauptpromotor" des Zweitaktarbeitsverfahrens Güldner, 1905: 190.)

sondern seine Überlegungen waren das Resultat von Rechenoperationen auf der Basis theoretischer Annahmen, also ein "Triumph der Theorie" (Schnauffer, 1958). Diese deduktive Methode Diesels bei der Erfindung einer neuen Kraftmaschine mußte für die Techniker vor allen Dingen deshalb provozierend wirken, weil sich gerade zum Ende des 19. Jahrhundert die "Technikerbewegung" darum bemühte, die technische Arbeit aus dem Schatten der Wissenschaft heraustreten zu lassen und dem herrschenden Verständnis von Technik als angewandte Wissenschaft entgegenzutreten²⁴. Besonders mißfiel den Ingenieuren aber, daß sich Diesel an den ersten finanziellen Erfolgen der von der Maschinenfabrik Augsburg bzw. der späteren MAN entwickelten Maschine beteiligen konnte, obwohl der schließlich funktionstüchtige Motor von der ursprünglichen Idee Diesels doch erheblich abwich²⁵.

Im Februar 1892 konnte Diesel nach einer längeren Arbeitsphase seine Berechnungen und Vorschläge abschließen und in einer Broschüre unter dem Titel "Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Verbrennungsmotoren" zusammenfassen (R.Diesel, 1893). Diesel hatte bereits während seiner ersten Berufsjahre mit Experimenten zur Konstruktion neuer Kraftmaschinen mit dem Ziel begonnen, eine höhere Energieausbeute und damit eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. "Er stand dabei unter dem Einfluß seiner Umwelt und seiner Tätigkeit als Eismaschineningenieur. Da er es mit Ammoniak, Ammoniakdämpfen und hohen Drücken zu tun hatte, geriet er zunächst auf den Gedanken, durch die Anwendung von Ammoniakdampf statt Wasserdampf den

²⁴ Vgl. hierzu bspw. die konzeptionellen Überlegungen Riedlers beim Aufbau des Maschinenbaustudiums an der TH Berlin (Riedler, 1919: 115f.) sowie die gegenüber den wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritten sehr selbstbewußt auftretende Technikgeschichtsschreibung bei Matzchoß, 1908, Bd.2, 691ff.

²⁵ Als sich der nach Diesel benannte Hochdruck-Ölmotor zum Ende des ersten Jahrzehnts des 20. Jahrhunderts als funktionstüchtiger Motor etabliert hatte, erschienen eine Reihe von kritischen Darstellungen mit z.T. heftigen Angriffen auf die Person Diesels (Lüders, 1913; Meyer, 1913; Riedler, 1914). Diesel selbst, der seine grundsätzlichen Überlegungen bereits 1893 veröffentlicht hatte (R. Diesel, 1893), faßte seine Perspektive zur Erfindungs- und Entwicklungsgeschichte des Motors daraufhin 1913 nochmals zusammen (R. Diesel, 1913). Neben einer Reihe von technikhistorischen Darstellungen zur Erfindung des Dieselmotors (Saß, 1962; Schnauffer, 1958; Meyer, 1913; Bryant, 1976) existieren zwei sehr detaillierte Biographien zur Person Rudolf Diesels (E. Diesel, 1937; Thomas, 1987).

Wirkungsgrad der Dampfmaschine verbessern zu können. Weil die Dampfmaschine schlechthin die klassische Wärmekraftmaschine war, gelang es Diesel damals noch nicht, sich von diesem gewaltigen Vorbilde zu lösen. Er hoffte zunächst, sein Ziel durch Veränderungen und Verbesserungen der Dampfmaschine zu erreichen..."(E. Diesel, 1937: 141).

Diesel verkörperte in seinen primär ökonomischen Motiven und einem Verständnis von wissenschaftlich angeleiteter Ingenieurarbeit den "modernen Typus" technischer Arbeit, der sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts aus einer beginnenden Verflechtung wissenschaftlich-analytischer und technisch-empirischer Arbeit auf der Basis der industriell-kapitalistischen Wirtschaftsordnung entwickelte.

Galt die mit der technischen Nutzbarkeit der Dampfkraft geschaffene künstliche, weithin standortunabhängige Energiequelle als eine der zentralen Voraussetzungen für die Industrielle Revolution, so drohten in der Mitte des 19. Jahrhunderts die technischen, ökologischen und ökonomischen Unzulänglichkeiten der Dampfmaschinenteknik, die weitere wirtschaftliche Entwicklung zu bremsen. Bereits seit den frühen 20er und 30er Jahren des 19. Jahrhunderts wurde - neben einer ständigen Verbesserung der Dampfmaschinenteknik - an neuen standortunabhängigen Energietechniken gearbeitet. Heißluftmaschine, Gasmotor und Explosionsmotor sowie schließlich der nach Diesel benannte Hochdruck-Ölmotor stellen Entwicklungsetappen von Wärmekraftmaschinen dar, deren konstruktive Grundlegung die Verlagerung des Verbrennungsvorgangs in den Arbeitszylinder hinein gewesen war und die sich dennoch lange Zeit nicht aus dem "Bann" der Dampfmaschinenteknik als dominante Konstruktionstradition zu lösen vermochten (vgl. Mael, 1967: 1ff.)²⁶.

Die hypothetische Gleichsetzung von Dämpfen mit Gasen, "nur um ihnen rechnerisch näher zu kommen" (Diesel, zit. nach Thomas, 1987: 218), bildete den Ausgangspunkt für Überlegungen, die "Verbrennung in hoch gespannter Luft selbst vorzunehmen" (ebenda). Die Konzeption eines rationellen Wärme-

²⁶ Neben den im Mittelpunkt stehenden Bemühungen zur Konstruktion einer Kraftmaschine für Kleinbetriebe und Handwerker waren es vor allem auch theoretische Fortschritte der Thermodynamik, die mit der Beschäftigung des niedrigen Wirkungsgrades der Dampfmaschinenteknik zu einem besseren Verständnis der Verbrennungsvorgänge beitrugen (vgl. Mael, 1967: 53ff.).

motors war das Ergebnis theoretischer Vorüberlegungen, auf dessen Basis zukünftige technische Eigenschaften vorausberechnet wurden.

Diesel orientierte sich bei seinen Überlegungen insbesondere an dem von dem Franzosen Sadi Carnot bereits 1824 formulierten "idealen Kreisprozeß", der eine theoretische Energieausbeute von 100% versprach. Der technische Grundgedanke sah vor, daß die hohen Temperaturen im Zylinder nicht durch die Explosion, sondern durch die Komprimierung reiner Luft erzeugt werden sollten, so daß durch eine allmähliche Einführung des Brennstoffs der Arbeitsvorgang ohne wesentliche Temperatursteigerung erfolgen und daher auf eine Kühlung des Zylinders verzichtet werden konnte²⁷.

Von den praktischen Problemen der Umsetzung "befreit", kam es Diesel darauf an, diesen Grundgedanken der adiabatischen Verbrennung mit den Prämissen der angestrebten Leistungs- und Größenordnungen des Motors zu verbinden²⁸. Auf der Basis von 250 at und einer Höchsttemperatur von 800 .C^o würde nach den Berechnungen in einem nur 1/4 so großen Arbeitszylinder ein höherer Wirkungsgrad als bei der üblichen Dampfmaschine erzielt werden. Diese überaus günstigen Werte waren aber nur durch "gewisse Kunstgriffe" (Meyer) zu erzielen, die den angestrebten thermischen Wirkungsgrad auf Kosten einer völligen Vernachlässigung des mechanischen Wirkungsgrades möglich erscheinen ließen. Um den für die günstigen Werte notwendigen Zylinderdruck zu erreichen, waren letztlich aber Zylinderausmaße erforderlich, die einen so hohen Reibungswiderstand bedeuteten, daß die Maschine überhaupt nicht anlaufen konnte (vgl. Meyer, 1913: 7/8).

Diesel strebte mit seinem "rationellen Wärmekraftmotor" nahezu universelle Einsatzmöglichkeiten an. Nicht nur ein Ersatz stationärer Dampfkraftanlagen schien ihm vorstellbar, sondern auch der Einsatz als Lokomotiv- und Schiffsantrieb. Selbst in dem sich gerade im Aufbau befindlichen Automobilverkehr hoffte er, die zukünftigen Einsatzgebiete des Motors zu finden (vgl. Diesel, 1893: 88f.; Siebertz, 1950).

²⁷ Carnot hatte empfohlen, daß die Temperatur des komprimierten Gases während der Arbeitsverrichtung im Zylinder gleich bleibt und sich nur der Druck verändern sollte ("isothermische Zustandsveränderung").

²⁸ "Ich hatte noch niemals in meinem Leben eine Theorie der Feuerluft- und Gasmotoren studiert; ich that dies erst nachträglich zur Controle meiner Untersuchungen..." R.Diesel, zit. nach Thomas, 1987: 218).

Nach langen Verhandlungen wurde Diesel schließlich Ende 1892 ein Patent "Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen" erteilt. Noch vor der endgültigen Patenterteilung begann er bereits im Frühjahr 1892 die praktische Umsetzung seiner Motorkonzeption einzuleiten und bat zunächst seinen Direktor, Carl Linde, dessen "hohes Ansehen" und "Autorität" zu benutzen, um sein "System wissenschaftlich zu vertreten und um einige Fabriken zu veranlassen", die eingereichten "Vorschläge auf ihre Rechnung auszuführen" (zit. nach Schnauffer, 1958: 312)²⁹.

Doch die angeschriebenen Unternehmen reagierten sehr distanziert und lehnten eine Beteiligung am Bau eines solchen Motors mit dem Hinweis auf die völlig untauglich anmutenden Berechnungsgrundlagen ab. Bezeichnend für die damalige Einstellung der Unternehmen war das Ablehnungsschreiben von Eugen Langen, Direktor der Deutzer Gasmotorenfabrik, der zwar eingestand, daß der "Gegenstand... (seine) ganze Aufmerksamkeit gefunden" habe und daß er mit seinen Kollegen in der Direktion "vollständig einig" (sei), daß, was sie erstreben, ganz gewiß theoretisch richtig ist". Er wandte aber dennoch ein, daß er "als erfahrener Praktiker erhebliche Bedenken bezüglich der Ausführungs- und Durchführungsfähigkeit dieser Anschauung habe; Erfahrungen mit Maschinen, welche 300 Touren machen, über 200 Atmosphäre Spannung herbergen, dabei in kaum meßbarer Zeit festes Brennmaterial aufnehmen und konsumieren sollen, sind überhaupt noch nicht gemacht, und ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, daß diese Erfahrungen mit einer ganz gewaltigen Enttäuschung verknüpft sein werden" (Langen, zit. nach Goldbeck, 1964: 108)³⁰.

²⁹ Diesel schwebte hier eine ähnliche Konstruktion vor, wie sie Linde zur Entwicklung und Fertigung seiner ersten Kälteerzeugungsmaschinen mit der Maschinenfabrik Augsburg geschlossen hatte (Büchner, 1940: 48).

³⁰ Für die Ablehnung Langens war möglicherweise noch entscheidend, daß der "wissenschaftliche Berater" des Unternehmens, der Berliner Professor Franz Reuleaux gegen eine Zusammenarbeit mit Diesel votierte. Obwohl auch Reuleaux insbesondere gegenüber theoretischen Methoden aufgeschlossen war, hatte er sich doch jahrelang für die Entwicklung des Otto-Motors bei Eugen Langen eingesetzt. "Auch viele Jahre später, als der Viertakt-Otto-Motor bereits in der Produktion stand, hielten Reuleaux und Langen weiterhin am Otto-Motor fest und nahmen das Anerbieten ... Diesels, dessen Motor zu bauen, nicht an". Insbesondere im Blick auf die noch zu leistende Entwicklungsarbeit und den vielen noch ungelösten Problemen der Thermodynamik, "regte Reuleaux (vielmehr) an, die Patente des Schweden de Laval für Dampfturbinen durch Langen in Lizenz zu nehmen" (Braun/Weber, 1979: 291).

Diesel hatte sich bei der Konzeption seines neuen, universell einsetzbaren rationellen Wärmemotors ganz offenkundig zu weit von den im täglichen Umgang mit den etablierten Energietechniken gesammelten Erfahrungswerten abgesetzt. War diese Distanz einerseits eine Grundvoraussetzung, um überhaupt durch neue Kombinationen wissenschaftlich-technischer Arbeitsmethoden mit wirtschaftlichen Kalkülen zu originellen (Teil-)Lösungen zu gelangen, schuf diese Abweichung vom "herrschenden Stand der Technik" auf der anderen Seite eine nur schwer überwindbare Akzeptanzbarriere bei der industriellen Entwicklung und Fertigung des Motors.

Dabei waren die ökonomischen Voraussetzungen für die Einführung und Durchsetzung neuer Motortechniken durchaus günstig.

Bereits 1891 hatte sich im Dampfmaschinengeschäft ein konjunktureller Einbruch abgezeichnet, der insbesondere aus einer Krise der Textilindustrie resultierte (vgl. Thomas, 1987: 122)³¹. In der Maschinenfabrik Augsburg schien man in dieser Phase durchaus an einer Neuorientierung der Produktpalette interessiert. Die Begutachtung neuer technischer Verfahren oder neuer Produkte überließ man den zuständigen Abteilungen, deren Einschätzungen im allgemeinen auch als Entscheidungsgrundlage für die Geschäftsführung dienten³². Als der Leiter der Dampfmaschinenabteilung sich sehr kritisch gegenüber den von Diesel vorgeschlagenen Konzeptionen äußerte und ein dementsprechendes Gutachten verfaßte, lehnte die Geschäftsführung die eingereichten Vorschläge zum Bau des Motors ab (vgl. E. Diesel, 1937: 168).

In mehreren Schreiben versuchte Diesel dennoch weiter, die Maschinenfabrik

³¹ Die Maschinenfabrik Augsburg, die 1898 mit der Maschinenbau Actiengesellschaft Nürnberg fusionierte, hatte sich vor dieser Vereinigung auf die Fertigung von Druckmaschinen, Dampfmaschinen und Dampfkessel, Wasserturbinen und Eismaschinen nach dem "System Linde" konzentriert. Im Jahr 1890 beschäftigte Augsburg 1500 Arbeiter und wies einen Gesamtumsatz von knapp 7.000.000 Mark aus (vgl. Büchner, 1940: 19f., Anhang).

³² Welches Gewicht der Werkstatt dabei auch in Gestaltungsfragen eingeräumt werden muß, erläutern Ausführungen über die in dieser Zeit noch vergleichsweise großen Handlungsspielräume dieses Bereichs. "Die Ausführung in den Werkstätten lag im wesentlichen in den Händen der Obermeister und Meister. Mit der Leitung der Betriebsabteilungen waren nur wenige Ingenieure befaßt. Die Wahl der Werkstoffe für die einzelnen Teile wurde noch nicht, wie heute üblich, vom Konstruktionsbüro aus vorgenommen, sondern hierüber entschieden die Meister auf Grund der in Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen und Überlieferungen" (Fischer, 1940: 132).

für sein Projekt zu interessieren. Um den Bedenken hinsichtlich der angestrebten hohen Drücke zu begegnen, fand er sich auch bereit, niedrigere Werte zu akzeptieren. Für Diesel war diese Kompromißbereitschaft allerdings nicht ohne Risiko, da er durch den dann ungünstigeren thermischen Wirkungsgrad Reputationsverluste befürchten mußte. Darüber hinaus informierte er die Geschäftsleitung fortwährend über seine engen Kontakte mit dem Münchener Professor Schröter³³.

Schröter hatte sich - ähnlich wie die Professoren Zeuner und Linde - sehr positiv gegenüber Diesels Plänen geäußert. In einem Artikel sprach er 1893 von "Klarheit und Besonnenheit der Methode". "Die ganze Veröffentlichung war ein einziges Loblied auf Diesel und seinen Motor und wohl ausschließlich zu seiner Unterstützung geschrieben. Bei einer solchen Beurteilung durch einen namhaften Hochschullehrer mußte die Fachwelt aufhorchen", (Schnauffer, 1958: 316).

Obwohl auch alle anderen von Diesel angeschriebenen Unternehmen des Maschinenbaus von konjunkturellen Unsicherheiten betroffen waren, entschieden sich die Unternehmensleitungen für die Fortführung der jeweils eingeschlagenen Konstruktionslinien und gegen eine solche gewagte technische Neuerung, wie sie von Diesel vorgeschlagen wurde (vgl. hierzu auch Hanf, 1980).

Als Diesel sich auch gegenüber anderen Merkmalen seines Motors zu Konzessionen bereit fand, bei der projektierten Größe und dem Versuchsprogramm zur Austestung unterschiedlicher Brennstoffe von ursprünglichen Entwürfen abwich und darüber hinaus noch persönliche Verbindungen zum Direktor der Maschinenfabrik aktivierte, zeigte sich die Geschäftsleitung in Augsburg Ende April schließlich doch bereit, einen ersten Versuchsmotor nach den

³³ Moritz Schröter war 1879 als Nachfolger von Carl Linde auf dessen Lehrstuhl in München berufen worden und arbeitete später noch eng mit Linde zusammen. Auf der Hauptversammlung des VDI 1895 konnte Schröter über die ersten Experimente mit flüssigem Sauerstoff berichten ("Lindes Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittels verflüssigter Luft") (vgl. Linde, 1916: 90). Schröter hatte sich schon unmittelbar nach dem Erscheinen der ersten theoretischen Überlegungen ("Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors") sehr engagiert für Diesel eingesetzt, obwohl die in der Broschüre formulierten Annahmen zu den Rechenoperationen für den praktischen Motorenbau völlig untauglich waren (vgl. bswp. Z-VDI, 1893, S.596).

Plänen Diesels zu bauen und zu testen³⁴.

Das Jahr 1892 war somit für die Genese des Dieselmotors ein sehr kritisches Jahr. Die Patenterteilung war nur sehr mühsam vorangekommen, und der Bau des Motors schien an den Vorbehalten der Motorbauunternehmen zu scheitern. In dieser Phase zeigte sich schließlich die Bedeutung von Organisationen und deren spezifisch ausgeprägten Perzeptionsfiltern für die Technikentstehung und Technikentwicklung. Die von Diesel vorgeschlagene Konzeption war mit den bisherigen Konstruktionsstilen unvereinbar.

Er mußte eingestehen, "daß er den in seiner Theorie behandelten Idealprozeß weitgehend abwandeln müsse, wenn auch die Praxis Vertrauen zu seinem Willen fassen sollte. Dies war aber nur durch eine gründliche Abkehr von den Höchstwerten seiner Theorie zu erreichen" (Schnauffer, 1958: 313)³⁵.

³⁴ Diesels alter Studienfreund Lucian Vogel war zwischenzeitlich der Schwiegersohn des Direktors der Maschinenfabrik Heinrich Buz geworden und konnte offensichtlich zu diesem Stimmungsumschwung der Unternehmensleitung beitragen (vgl. Thomas, 1987: 126ff; E. Diesel, 1937: 169f.). Die Tatsache, daß die erste Versuchsmaschine nur abseits vom normalen Betriebsgeschehen aufgestellt werden konnte und den ersten Arbeiten im Zusammenhang mit dem neuen Motor von Seiten der Dampfmaschinenabteilung mit offener Ablehnung begegnet wurde, deutet - im Gegensatz zu den früheren Verfahrensweisen - auf eine alleinige Entscheidung der Geschäftsführung hin, die Entwicklungsarbeiten an einem neuen Motor doch aufzunehmen. Die Pläne Diesels neben den Krupp-Werken auch noch die Firma Sulzer in Winterthur in die Entwicklung des neuen Motors miteinzubeziehen, scheiterten im Sommer 1893 an zu großen Vorbehalten des Schweizer Maschinenbauunternehmens (vgl. E. Diesel, 1937: 180).

³⁵ Nachdem Diesel schließlich einen Vertrag zur Entwicklung des Motors mit der Maschinenfabrik Augsburg sowie Krupp abschließen konnte, trat er die Rechte seines Ende 1892 erteilten Patents für die süddeutschen Länder an die MAN, für alle anderen deutschen Länder sowie für Österreich-Ungarn an Krupp ab (10. April 1893). Krupp und Augsburg wiederum bildeten ein Konsortium, um die Versuche nicht getrennt, sondern in einem gemeinsamen Laboratorium durchzuführen und die Erfindung gemeinsam auszuwerten. Diesel selbst sollte von nun an keiner anderen Tätigkeit mehr nachgehen, sondern die Versuchsarbeiten so lange leiten, bis eine verkaufsfähige Maschine entwickelt war. Während dieser Zeit wurde ein jährliches Gehalt von dreißigtausend Mark vereinbart, das von der Firma Krupp allein gezahlt wurde, während an den anderen Kosten beide Firmen beteiligt waren. Das Laboratorium wurde nach Augsburg gelegt. Sonderversuche, insbesondere die Verwendung von Gas, sollten in Essen durchgeführt werden" (E. Diesel, 1937: 178). Diesel erreichte mit diesen Verträgen für sich optimale Bedingungen zur Verwertung seiner patentierten Konstruktionsideen. In der 1897 für kurze Zeit einsetzenden "Boomphase" glückte ihm darüber hinaus noch lukrative Lizenzvertragsabschlüsse, insbesondere in Großbritannien und in den USA (vgl. auch für die USA: E. Diesel/Strössner, 1950). Gemessen an der

In der folgenden vierjährigen ersten Entwicklungsphase in Augsburg wurden bereits beim ersten Versuchsmotor erhebliche Abweichungen von den ursprünglichen Plänen Diesels durchgesetzt.

War Diesel in seiner ursprünglichen Konzeption noch von drei miteinander verbundenen Nieder- und Hochdruckzylindern ausgegangen, die mit gasförmigen, flüssigen und festen Brennstoffen betrieben werden sollten, konzentrierte man sich im ersten Versuchsprogramm auf den Bau einer einzylindrigen Maschine, deren projektierte Leistungsdaten wesentlich geringer waren, als von Diesel geplant.

Bereits in den ersten Versuchen zeigte sich indessen, daß auch in dieser bereits abgewandelten Versuchsmaschine die geplante Brennstoffeinführung keineswegs mit den erwarteten konstanten Temperaturwerten durchzuführen war. "Sehr bemerkenswert (war vielmehr), daß die Temperaturen im weiteren Verlauf der Expansion sehr viel höher (blieben), als die theoretischen und kurz vor Ablauf der Expansion etwa das vierfache dieser (betrugen)... Daraus entstand naturgemäß die Notwendigkeit der Kühlung. Ohne diese hohen Temperaturen ließ sich aber in der eine gewisse Leistung verzehrenden Maschine nicht genügend Überschuß - , d.h. Nutzleistung erzeugen. Die hohen Temperaturen haben zwar die Maschine thermisch verschlechtert, sie sind aber der Retter des mechanischen Wirkungsgrades geworden" (Meyer, 1913: 21).

Während der sehr langwierigen und für die damalige Zeit finanziell sehr aufwendigen Entwicklungsphase wurde Diesel vorgeworfen, daß er auf der Suche nach einem wirtschaftlich tragfähigen Kompromiß zwischen hohem thermischen Wirkungsgrad und akzeptablen Reibungswiderständen viel zu lange an sehr hohen Zylinderdrücken festgehalten habe, um die Differenz zwischen der Ausgangsidee und dem schließlich in Augsburg entwickelten Motor nicht zu groß werden zu lassen und auf diese Weise die Richtigkeit der theoretischen Annahmen aufrechtzuhalten. Noch in der ersten praktischen Erprobungsphase 1897 wurde daher an einer sehr hohen und funktional nicht mehr begründbaren

damaligen Patentgesetzgebung, die sich eindeutig an den unternehmerischen Verwertungsinteressen orientierten, können die Vertragsabschlüsse Diesels als äußerst geschickt bezeichnet werden (vgl. zum Patentrecht auch Walde, 1979: 343f.).

Verdichtung festgehalten (vgl. Riedler, 1914: 211ff.; Meyer, 1913: 28).

Die Konstruktionsarbeiten wurden zudem von Kontroversen beeinträchtigt, als sich abzeichnete, daß die Maschinenfabrik Augsburg primär den Einsatz des neuen Motors als Alternative zur Dampfmaschine plante. Diese Einschränkung in den Verwendungsoptionen bedeutete aber konkret, daß die Entwicklungsarbeiten auf eine ortsfeste und langsamlaufende Antriebstechnik hinausliefen. Die Notwendigkeit einer unhandlichen Luftpumpe zum Einblasen des Brennstoffs wurde in dieser Nutzungsperspektive von der Unternehmensleitung dann auch nicht als Problem gesehen. Diesel hingegen schwebten bei der Entwicklung ganz unterschiedliche Einsatzgebiete vor. "Immer wieder pries (Diesel-A.K.) den sehr geringen Verbrauch nicht feuergefährlichen Brennstoffs, die Regulierfähigkeit des Motors, den geräusch-, geruch- und rauchlosen Betrieb, den geringen Verbrauch an Kühlwasser, das Fehlen von Vergaser- und Zündvorrichtung" an (E. Diesel, 1955: 15), während die mit der unhandlichen Kompressoranlage verbundenen Nachteile freilich in dieser Verwendungsabsicht verschwiegen wurden. Frühe Versuche bereits in den ersten Entwicklungsarbeiten, den Brennstoff nicht einzublasen, sondern durch eine Düse einzuspritzen, scheiterten allerdings (vgl. Schildberger, 1950: 15).

Dieses Scheitern der Entwicklungsarbeiten erklärt sich aber möglicherweise durch die Existenz unterschiedlicher Leitbilder in der Entwicklung und einem nur sehr selektiv unterstützenden Konstruktionsstil der Maschinenfabrik Augsburg. "Die damaligen Dieselmotorenfabriken (standen) dem Automobilbau überhaupt ganz fern... So gehörten zweifellos auch die Struktur der Lizenzwerke (MAN und Krupp- A.K.) und die Mentalität ihrer Leiter und Ingenieure, denen der Automobilbau fern lag, mit zu den Ursachen, daß die Idee des Diesel-Automobils gar nicht weiter verfolgt wurde und der Dieselmotor zu Unrecht in den Ruf kam, für den Motorwagen grundsätzlich nicht brauchbar zu sein" (E. Diesel, 1955: 23)³⁶.

Der erste funktionstüchtige Motor im Augsburger Versuchslabor (1897) wich von den ursprünglichen Plänen Diesels erheblich ab und wies nunmehr fol-

³⁶ Der an der Entwicklung des Motors beteiligte Ingenieur Meyer vertrat die Auffassung, daß in Augsburg nur sehr unwillig an anderen verschiedenen Entwicklungsoptionen wie bspw. in der Brennstofffrage gearbeitet wurde. "Ich wenigstens hatte das Gefühl, daß es sich dabei nur um die formale Erledigung des ursprünglichen Versuchsprogramms handelte" (Meyer, 1913: 33).

gende charakteristische Konstruktionsmerkmale auf: "Der Dieselmotor komprimiert im Arbeitszylinder reine Luft (...) auf einen solchen Druck, daß auch schon beim Anlassen der Maschine ohne weitere künstliche Mittel die Kompressionstemperatur zur Entzündung des eingeblasenen Brennstoffs ausreicht. Das Einblasen des Brennstoffs beginnt ungefähr bei höchster Kompression mit sofortiger Zündung und wird im allgemeinen so geregelt, daß eine weitere Drucksteigerung nicht mehr oder nur in geringem Maße stattfindet" (Meyer, 1913: 26). Vor allem die in der Patentschrift nicht erwähnte Kühlung entwickelte sich später zum Ausgangspunkt erheblicher Patentstreitigkeiten (vgl. Meyer, 1949).

Die charakteristischen Vorteile des neuen Motors lagen in einem sehr niedrigen Brennstoffverbrauch, einer langsamlaufenden, dafür aber sehr ruhigen Arbeitsweise, sowie in einer hohen Leistungsfähigkeit. Der von Diesel geplante universell einsetzbare rationelle Wärmekraftmotor war also in der Maschinenfabrik Augsburg "im technischen Kern" zu einer leistungsstarken Maschine entwickelt worden. Die Eigenschaften des neuen Motor prädestinierten diesen aber eindeutig als Alternative zur ortsfesten Dampfmaschine.

Nachdem im Augsburger Laboratorium die ersten erfolgreichen Versuche mit dem neuen Motor durchgeführt werden konnten, nahm Diesel die Gelegenheit wahr, auf der Jahresversammlung des VDI in Kassel (1897) die günstigen Verbrauchs- und Leistungsdaten des Motors der Fachöffentlichkeit zu präsentieren. Prof. Schröter aus München übernahm wiederum die Funktion des Gutachters und bestätigte die Ausführungen Diesels durch Vorlage erster wissenschaftlicher Untersuchungen, die an dem Motor vorgenommen worden waren. Der Motor erregte daraufhin große Aufmerksamkeit. Viele Unternehmen zeigten starkes Interesse am Erwerb einer solchen Kraftmaschine. Einige Unternehmen wie die Gebr. Sulzer und die Deutzer Gasmotorenfabrik erwogen den Lizenzerwerb für die Fertigung und Weiterentwicklung des Motors.

Hatte Schröter schon bei der Besprechung Diesels theoretischer Vorarbeiten grundlegende Fehler nicht erkannt bzw. nicht erkennen wollen, so stellte sich auch kurze Zeit nach der VDI-Versammlung in Kassel heraus, daß der Thermodynamik-Professor erneut einige - aber entscheidende - Probleme hin-

sichtlich der praktischen Einsatzfähigkeit des Motors übersehen hatte³⁷.

Wie gravierend die noch ungelösten Probleme mit dem neuen Motor in der Tat waren, zeigte sich nur kurze Zeit später. Die in Erwartung eines Diesel-Booms gegründete "Allgemeine Gesellschaft für Dieselmotoren" in Augsburg (1898) konnte auf der Basis der bisherigen Entwicklungsarbeit der Maschinenfabrik Augsburg überhaupt keinen für den Dauerbetrieb tauglichen Motor fertigen und mußte bereits wenige Jahre später Konkurs anmelden.

Die Gründung dieser Gesellschaft war aber andererseits auch Ausdruck für die wachsenden Differenzen und Spannungen zwischen der Maschinenfabrik Augsburg und Diesel. Die Gründung des Unternehmens war von einflußreichen Augsburger Finanzkreisen vorbereitet worden, an der sich aber auch MAN-Direktor Buz mit der Zeichnung von Anteilsscheinen beteiligte. Diesel selbst stimmte dieser Unternehmensgründung wohl deshalb zu, weil er darauf hoffen konnte, so den permanenten Rivalitäten mit der Dampfmaschinenabteilung bei MAN, die insbesondere nach den ersten Mißerfolgen des Motors die Zusammenarbeit im Betrieb immer mehr erschwerten, entgegen zu können (vgl. E. Diesel, 1937: 257f.).

Erst als es der Maschinenfabrik Augsburg gelungen war, den Motor als ortsfeste, langsamlaufende Maschine auch für den praktischen Dauerbetrieb auszubilden und in die industrielle Praxis einzuführen³⁸, begannen nun auch andere Lizenznehmer mit den Entwicklungsarbeiten des Hochdruck-Ölmotors. Zu diesem Zeitpunkt war der Motor aber bereits weitgehend von den Nutzungsvorstellungen und dem Konstruktionsstil der Maschinenfabrik Augsburg in seinem Design und in seinen Eigenschaften definiert und in einem "technischen Kern" ausgebildet worden. Inwieweit sich aber damit auch "unsichtbar" Selektionsentscheidungen "materialisierten", zeigte sich, als die neuen Lizenznehmer an den technischen Voraussetzungen für universellere Einsatzmög-

³⁷ "Schröter, der Versuchsleiter, war als Theoretiker wohl nicht in der Lage, die Marktfähigkeit festzustellen, die er in seinem Aufsehen erregenden Berichte über Leistung und Verbrauch des neuen Motors behauptet hat" (Riedler, 1914: 111).

³⁸ Der erste Dieselmotor ("Motor Nr.1"), der 1899 an die Zündholzfabrik Union in Kempten ausgeliefert worden war, mußte wieder von der Maschinenfabrik Augsburg zurückgenommen werden und funktionierte erst nach längeren Umbauarbeiten wirklich zufriedenstellend (vgl. Meyer, 1913: 35; Riedler, 1914: 37f.).

lichkeiten zu arbeiten begannen. Der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg gelang es bspw. nicht, sich vom "herrschenden Stand" des ortsfesten Dieselmotors zu lösen und einen leichten Automobilmotor zu entwickeln³⁹.

Im Mittelpunkt dieser zweiten Entwicklungsphase standen Überlegungen der Unternehmen, den Motor kostengünstiger zu konstruieren und ihm durch eine Erweiterung seiner technischen Eigenschaften neue Marktsegmente zu erschließen⁴⁰.

Ein erster Schritt, insbesondere in Richtung einer Verbilligung des Motors, war die Beseitigung des aus der Dampfmaschine bekannten und dort vor allem aus Stabilitätsgründen notwendigen Kreuzkopfes. Auch in dieser Frage orientierte man sich in Augsburg offenkundig noch sehr stark an diesem technischen Leitbild. Durch den Verzicht auf diese sehr aufwendige Konstruktion hätte der Motor zwar an konstruktiver Einfachheit und Übersichtlichkeit gewonnen, wäre daher billiger herzustellen und mobiler einsetzbar gewesen, doch war man in Augsburg aus den Erfahrungen mit Dampfmaschinen von der Notwendigkeit des Kreuzkopfes noch so sehr überzeugt, daß man sich für die Beibehaltung aussprach. Erst als die Deutzer Gasmotorenfabrik vor dem Hintergrund der Erfahrungen mit den kleineren Explosionsmotoren auf den Kreuzkopf verzichtete, entschied man sich nach langem Zögern schließlich auch in Augsburg für diesen Weg (vgl. Meyer, 1913: 40f.).

Das zentrale technische Problem bei der Weiterentwicklung des Motors lag indessen in der Brennstoffzuführung. Die bisherige Lösung, das Petroleum durch einen Kompressor in den Zylinderraum zu blasen, stellte zwar für den Einsatz als ortsfeste Maschine eine durchaus befriedigende Lösung dar, entpuppte sich aber im Hinblick auf eine weitere Markterschließung als großes technisches Hindernis. Mit dem Kompressor konnte keine hohen Dreh-

³⁹ Im Jahre 1898 kam es, vermittelt durch den Ingenieur Klose, zu Kontakten mit der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, deren Direktor Anton Rieppel sich sehr positiv gegenüber den Einsatzmöglichkeiten des Dieselmotors in Straßenfahrzeugen äußerte. Obwohl im gleichen Jahr die Fusion mit der Maschinenfabrik Augsburg durchgeführt wurde, ist in Nürnberg offensichtlich mit dem Bau eines Diesel-Automobilmotors begonnen worden (vgl. E. Diesel, 1955: 18; vgl. auch Seherr-Thoss, 1987: 20ff.; Siebertz, 1950).

⁴⁰ Auch die bislang erzielten sehr günstigen Verbrauchswerte des Motors kamen bspw. ökonomisch noch kaum zum Tragen, da die Einfuhr von Petroleum mit hohen Zollgebühren belegt waren. Erst nach drei Petitionen an den Deutschen Bundesrat (1899, 1900 und 1904) konnten MAN und Krupp eine günstigere Regelung erreichen (vgl. Thomas, 1987: 54).

zahlreiche erreicht werden, und darüber hinaus war der Motor für mobile Verwendungen viel zu schwer. Erst durch die Beteiligung anderer Firmen gelang es, die Lösungssuche durch neue "Kombinationen" von Konstruktions-traditionen aus dem Konstruktionsstil der Augsburger Maschinenfabrik zu lösen und neue Optionen zu erschließen. "In Deutz ging man auf dem von Otto betretenen Weg des Studiums der Verbrennung weiter und kam dabei zu Gedanken, die dem späteren Vorkammer-Dieselmotor ähnlich sind" (Goldbeck, 1964: 109).

Der technische Durchbruch beim Übergang vom "klassischen" zum kompressorlosen Dieselmotor (Schildberger) gelang schließlich erst gegen Ende der 20er Jahre mit der Konstruktion einer Einspritzdüse durch die Firma Bosch. Nach erfolgreichen Tests in Lastkraftwagen konnte schließlich Anfang der 30er Jahre mit dem Einsatz des Dieselmotors in Personenwagen begonnen werden (vgl. Schildberger, 1950: 34ff.).

III. Konzeptionelle Schlußfolgerungen

1. Zum Verständnis von Technikgenese

Die in der Einleitung formulierten Hypothesen und Begriffe lassen sich jetzt vor dem Hintergrund der skizzierten Entwicklungen beider Techniken nochmals zusammenfassend diskutieren und in ihrem analytischen Wert überprüfen.

Unter Technikgenese wird in der sozialwissenschaftlichen Forschung die Phase im Entwicklungsablauf einer Technik verstanden, die von der ursprünglichen Idee, der konzeptionellen Grundlegung einer technischen Lösung, bis hin zum funktionstauglichen, prototypisch ausgeprägten Artefakt reicht (vgl. Dierkes, 1987: 169). Die Nutzung des Begriffs geht bislang nicht über diese typologische Verwendung hinaus.

Wie gesellschaftliche Bedürfnisstrukturen aufgenommen werden und in die Genese einer Technik einfließen, sich hier "materialisieren" und sich zum "technischen Kern" ausbilden, oder - wie am Beispiel der Schreibmaschine gezeigt - auch ohne existierende Bedürfnisse und Nachfragestrukturen eine Technik entwickelt wird, zur Beschreibung dieser Prozesse ist die sozialwissenschaftliche Technikforschung noch vielfach auf die empirischen und konzeptionellen Arbeiten der ingenieurwissenschaftlichen Technikgeschichtsschreibung angewiesen. In diesen Ansätzen werden drei Phasen bei der Umsetzung einer "Idee" zum prototypfähigen Artefakt, "Perzeption", "Konzeption" und "Konstruktion", unterschieden (vgl. Bois-Reymond, 1906; Schneider, 1912; Lindner, 1982). Auf den ersten Blick überraschend, wendet sich gerade die ingenieurwissenschaftliche Technikgeschichtsforschung gegen die populäre Auffassung vom "Geistesblitz" und bemüht sich, "Erfindungen" in einem langwierigen Prozeß als einen "Kampf" zwischen "Idee" und "körperlicher Welt" darzustellen⁴¹. Allerdings suggerieren diese abgestuften und linear miteinander verbundenen Phasen den Eindruck, daß sich eine Erfindung als stringenter Ableitungsprozeß von der Idee bis zum Gerät konstituiert. We-

⁴¹ Besonders gern wurde in Technikerkreisen Rudolf Diesel zitiert, der eine Erfindung "niemals (als) ein rein geistiges Produkt, sondern nur (als) das Ergebnis des Kampfes zwischen Idee und körperlicher Welt" bezeichnete (hier zit. bei Klemm, 1983: 172).

sentlich realitätsnäher erscheinen indes die Vorschläge von Bryant: "In considering the creative process, we naturally think of the idea as coming before its object; we conceive of a machine as the realization of a preexisting idea... Our language seems to require that a machine be conceived, constructed and operated, in that order. But in real life the idle curiosity, the tendency to play with ideas and to try new ways of doing things just for fun, which we regard as the special virtue of the inventor, is also a virtue for the developer and the innovator" (Bryant, 1976: 446). Bryant schlägt vor, diese unterschiedlichen Phasen im Prozeß der Genese als eine "dialectical interaction" zu begreifen. Dies bedeutet, daß im Verlaufe des Konstruktionsprozesses die ursprüngliche Ausgangsidee in ihrem prägenden Einfluß auf die Technikgestaltung an Bedeutung verlieren kann. Wenn man einmal davon ausgeht, daß sich hinter den Ideen für technische Lösungen die verschiedenen ökonomischen, sozialen und kulturellen Bedürfnisse "bündeln", scheint der Geneseprozeß insbesondere dann eine für die inhaltliche Qualität von Techniken folgenreiche Eigendynamik zu entwickeln, wenn unterschiedliche, möglicherweise miteinander konkurrierende Prämissen in den Konstruktionsprozeß Eingang finden sollen (vgl. Gilfillan, 1935: 14f.). Eine Konzentration auf die Rekonstruktion von Ideen und Motiven zur Analyse von Technikgeneseprozessen scheint jedenfalls wesentlich zu kurz zu greifen.

Wie man sich diese Problemabarbeitung im Selbstverständnis der Ingenieure vorstellen kann, darüber gibt die seit den 20er Jahren um ihre akademische Anerkennung ringende "Konstruktionswissenschaft" Auskunft. Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses steht hier die Aufgabe, "Denkprozesse und Verhaltensweisen beim Lösen von Aufgaben aus dem Unbewußten in das Bewußtsein zu heben, um dadurch diesen gesetzmäßig bedingten Ablauf widerstandsloser herbeizuführen" (Lohmann, 1954: 617)⁴². Die in diesem Zusammenhang durchgeführten empirischen Untersuchungen über die sozialen Verhaltensweisen im Konstruktionsprozeß zeigen in der technischen Problemlösung ausgeprägte "konservative Züge". Rekuriert wird auf die Kenntnis des "Standes der Technik" als notwendige Voraussetzung und Ausgangspunkt für neue technische

⁴² Vgl. hierzu auch Albrecht, 1970; Hansen, 1974; Hubka, 1984; Schregenberger, 1982; McMenemy/Palmer, 1984

Lösungen⁴³. Daß auch für neue Problemstellungen auf alte und in anderen Kontexten auch bewährte Lösungen zurückgegriffen wird, scheint aber nur auf den ersten Blick eine banale Erkenntnis zu sein. Für Fragen nach den Entstehungszusammenhängen spezifischer Qualitäten technischer Lösungsmerkmale könnte sich diese Orientierung am "herrschenden Stand" als eine faktische Definitionsmacht erweisen, die eben auch für völlig neue technische Lösungen alte, implizit eingeflossene Auswahlkriterien "unsichtbar" weiter fort schreibt, obwohl sich die Ansprüche und Voraussetzungen an die neue Lösung verändert haben. In der durch die Orientierung am "herrschenden Stand der Technik" ausgelösten selektiven Lösungssuche drohen so die neuen Aufgabenstellungen durch die alten, nunmehr "geronnenen" Entscheidungen "überformt" zu werden. Die eingeschlagenen Lösungswege beginnen sich von den ursprünglichen Problemstellungen zu "entkoppeln", und eine analytische Konzentration auf die in die Technik eingelagerten Motive greift damit zu kurz.

Die Darstellung der beiden Fallanalysen zeigt, daß der Begriff Technikgenese auch in einem analytischen Sinn genutzt werden kann. Der Begriff umfaßt eine für die Entstehung und inhaltliche Prägung von Techniken definitorische Phase, in der sich Selektionsprozesse in organisatorischen Kontexten "materialisieren" und damit auch für weitere Entwicklungen verbindliche Entwicklungskorridore festschreiben. Mit der Verwendung des Begriffs "technischer Kern" als "heuristische Hilfsfunktion" lassen sich die Konstituierungsprozesse in dieser Technikgenese phase auch gegenüber nachträglichen Veränderungen in den Nutzungskontexten deutlicher hervorheben. Bei beiden technikgenetischen Fallbeispielen kann die für die Definition maßgebliche Anordnung und Kombination von Grundelementen der Konstruktion als

⁴³ In einem Überblick über den (zeitgenössischen) Stand der Literatur zum Wesen der Erfindung und des technischen Handelns, faßt Schneider (Schneider, 1912: 10/11) diese Orientierung am "herrschenden Stand" als eine in den Arbeiten von Ingenieuren und Technikern immer wieder hervorgehobene Haltung zusammen. "Das technische Handeln ist kein Schaffen aus dem Nichts, es knüpft ... an das Gegebene, an das Vorhandene an" (Schanze)...". Bekanntlich sind die besten Vorbedingungen für die Erfindung: Überfluß an Material, reiche Erfahrung an Bekanntem" (Ribot). Erfinden ist "aus der Erfahrung an Bekanntem durch Schlußfolgerung zu Neuem zu gelangen" (Reuleaux)... Eine Erfindung besteht "in der Zusammenstellung zusammenstellbarer Gedanken, die bisher isoliert waren" (Laplace). Erfinden ist ein Mechanismus, "eine synthetische Aufgabe" (Reuleaux), "ein Inverbindungbringen von Elementen, die an sich nicht schon in Verbindung sind" (Dunkhase). Vgl. auch Lohmann, 1954: 617, 623 sowie Münzinger, 1941: 95f..

"Abschluß" des Geneseprozesses identifiziert, benannt und als "technischer Kern" definiert werden. Während sich beim Dieselmotor dieser "Kern" noch während der Augsburger Entwicklungsphase herausbildet, kann bei der Entwicklung der Schreibmaschine zunächst die Entstehung der charakteristischen Grundelemente beobachtet werden. Erst mit der Durchsetzung der Segmenttypenhebelmaschine ist hier die Bildung des "technischen Kerns" vorläufig abgeschlossen, nur dieses System findet als technische Ausgangsbasis für die weiteren Entwicklungen Verwendung.

Seit der Verlagerung der Erfindungs-, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Organisationen ist davon auszugehen, daß organisationspezifische Perzeptionsmuster Auswirkungen auf den Technikgeneseprozess haben, der aber in der traditionellen betriebswirtschaftlichen Forschung nur sehr unbefriedigend bearbeitet wurde (vgl. Dierkes, 1988 (b); Bloch, 1986). In der Innovationsforschung ist mittlerweile anerkannt, daß die Fähigkeit von Organisationen zu flexiblen und kreativen Problemlösungen in einem ganz erheblichen Maße an organisationsstrukturelle Voraussetzungen gebunden ist (vgl. Röpke, 1975; Hamberg, 1963; Dosi, 1984). In diesem Zusammenhang von organisatorischer Konfiguration und inhaltlicher Ausformung von Techniken wird den in den Organisationen entwickelten und von den Mitgliedern geteilten Perzeptionsmustern und Handlungsorientierungen insbesondere dort eine nachhaltige Wirkung eingeräumt, wo in überaus langfristigen Entwicklungsverläufen die Entscheidungssituation durch die Vielzahl der verschiedenen Optionen eher von Unsicherheit gekennzeichnet ist und monetäre Kosten-Nutzen-Berechnungen noch keine verlässliche Datengrundlage liefern können. Spezifisch ausgebildete, etablierte und tradierte Kulturen üben in solchen strategischen Entscheidungssituationen eine selektive Wirkung aus. Der Zugang zu Informationen, der zeitliche Rahmen, den Organisationen der Entscheidungsfindung einräumen, schließlich Bewertungsraster führen dazu, daß denkbare Handlungsalternativen überhaupt nicht mehr berücksichtigt oder aber doch sehr frühzeitig aus dem Kranz von Optionen ausgeschieden werden. Einerseits tragen ausgebildete und akzeptierte Organisationskulturen somit zur Reduzierung der Aushandlungs- und Entscheidungskosten bei, andererseits aber müssen diese Vorzüge mit einer drastischen Einschränkung der Handlungsoptionen bezahlt werden (vgl. Dierkes, 1988(a): 560f.).

2. "Konstruktionstraditionen"

Rudolf Diesel wurde in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts durch die Kritik an der umweltbelastenden und mit niedrigem Wirkungsgrad arbeitenden Dampfmaschine zur Konzeption eines vollkommen neuen, rationelleren Motors motiviert und sah auch in den bereits entwickelten und im praktischen Einsatz befindlichen Explosionsmotoren keine befriedigende Lösung (vgl. Diesel, 1893: 1f., 93f.; Diesel, 1913: 1f.). Diese kritische Ausgangshaltung gegenüber existierenden Energietechniken findet sich in der schließlich von ihm selbst vorgeschlagenen Konzeption aber kaum mehr wieder.

Diesel "übernimmt" in den konzeptionellen Vorarbeiten für seine neue Kraftmaschine bereits das Grundprinzip aller existierenden Maschinen, chemisch gebundene Energie in mechanische Kraft zu übersetzen. In den ersten konstruktiven Konkretionen greift er auf "Maschinenelemente" wie Kolben, Zylinder, Pleuel und Ventilsteuerung zurück, die bereits seit den Experimenten von O.v. Guericke zur Grundausstattung energieerzeugender Maschinen gehören. Die bereits eingeführten Explosionsmotoren liefern für Diesel schließlich die Vorlage zur Grundanordnung der Maschinenelemente, die bis zur Verwendung des in den Otto-Maschinen erprobten Vier-Takt-Arbeitsverfahrens reicht (vgl. E. Diesel/Goldbeck/Schildberger, 1957: 7f.; Strandh, 1979: 100f.). Diese überaus starke Orientierung an existierenden Kraftmaschinen bleibt aber für den von Diesel geplanten rationellen Wärmemotor nicht folgenlos. Der schließlich den Maschinenbauunternehmen angebotene Konstruktionsentwurf führt die traditionelle motortechnische Entwicklungslinie fort, die revolutionäre Idee einer adiabatischen Verbrennung wird durch den Rückgriff auf die von Diesel ja kritisierten Entwicklungslinien in ihrer potentiellen Wirkung von vorneherein sehr begrenzt. In diesem Sinne kann hier von einer "Überformung" des ursprünglichen Motivs zur technischen Lösungssuche durch die Anbindung an schon existierende Maschinenelemente gesprochen werden.

Seit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts läßt sich in der Entwicklung der Schreibmaschinenkonstruktionen eine tendenzielle Angleichung der konstruktiven Grundmerkmale erkennen. Durch das beginnende Industrieausstellungswesen und die Herausgabe von populären wissenschaftlich-technischen Zeitschriften kanalisieren und stabilisieren sich die Kommunikationsbeziehungen zwischen den einzelnen Erfindern, neue Konstruktionsvorschläge setzen sich

in einer wachsende Zahl aus bereits von vorhergehenden Modellen bekannten Elementen zusammen (vgl. Martin, 1949: 21ff.). Damit wird auch für ein sich gerade erst etablierendes technisches Feld ein vergleichbarer "herrschender Stand der Technik" konstituiert, der für die weitere Entwicklungsarbeit eine Art implizite Leitbildfunktion einnimmt, obwohl sich Verwendungs- und Nutzungsvorstellungen, die der Konstruktion der jeweiligen Geräte unterstellt sind, sich durchaus voneinander unterscheiden (vgl. Pfeiffer, 1923: 89f.).

Diese Orientierung an bereits existierenden, "erfolgreichen" technischen Lösungen wird gerade in der Ingenieursprofession als eine anzustrebende Verhaltensweise im Konstruktionsprozeß gefordert, um so "eine Fülle von konstruktiven Gedanken ins Unterbewußtsein einzubetten" (Körting, 1971: 181) und dadurch den höchstmöglichen technischen Qualitätsstandard zu erreichen. Insofern kann die Entscheidung für funktional bewährte Lösungsmuster, durchaus im Bewußtsein eines Verlustes an technischer Originalität, als eine typische Verhaltensweise im Konstruktionsprozeß bezeichnet werden (vgl. Rüttinger, 1986: 60ff.). Diese Haltung findet sich auch im Motorenbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts in dem Motto "Weniger erfinden - mehr konstruieren" wieder, das der Ingenieur Güldner im "seinerzeit besten Lehrbuch" (Saß, 1962: 598) als Überschrift für seine heftigen Klagen gegenüber dem Ärgernis einer "zersplitternden Vielgestaltigkeit ... (der) Ausführungsformen" verwendete. Im Motorenbau habe ein "entarteter Erfinderehrgeiz" "besonders andauernd und nachhaltig gewütet". Güldner schließt seine Kritik mit der Feststellung ab, daß die "innere Gesundheit des gegenwärtigen Motorenbaus" insbesondere erfordert habe, "daß das Haschen nach Neuerungen und nach dem Erfinden mehr und mehr aufhört". "An seine Stelle ist eine planmäßige Durchbildung und Vervollkommnung derjenigen Ausführungsarten getreten, die sich aus dem Wust vergangener Zeiten erhalten und ... zu Grundformen entwickelt haben" (Güldner, 1905: 191).

Diese - auch in anderen Technikfeldern zu beobachtende⁴⁴ - kognitive Orientierung an existierenden technischen Lösungen, in deren Folge neue Aufgaben und Probleme durch die "Brille" der bereits vorhandenen Konstruktionen und Konstruktionselemente wahrgenommen werden, wird hier als "Konstruktionstra-

⁴⁴ Vgl. bspw. für die Konstruktionsentwicklung im Dampfmaschinenbau Braun, 1981, für eine allgemeine Beschreibung typischer Verhaltensweisen von Ingenieuren bspw. Brinkmann, 1908; Münzinger, 1941 und Schimank, 1961.

dition" bezeichnet. Das in Technologien formalisierte und gespeicherte Wissen und die in Techniken "geronnenen" Selektionsmuster strukturieren vergleichbar einer "normativen Kraft des Faktischen" die Suche nach neuen technischen Lösungen. Beide Fallbeispiele stützen die Vermutung, daß hierdurch eine starke Kanalisierung von technischen Problemlösungsstrategien einsetzt, in deren Folge die Qualität von neuen technischen Lösungen "unsichtbar" durch "Konstruktionstraditionen" mitdefiniert wird⁴⁵.

3. "Forschungs- und Konstruktionsstile"

In dieser Betonung des "Konservativen" der technischen Arbeit stellt sich die Frage, inwieweit mit diesen allgemeinen Verhaltensweisen überhaupt "neue", innovative technische Problemlösungen vereinbar sind.

Fokussiert man einmal den Blick auf grundlegende "Erfindungen", also auf Basisinnovationen, dann zeigt sich, daß die entscheidenden Anstöße für solche "technischen Sprünge" öfters von "Außenseitern" bzw. Berufsfremden gegeben werden. Unbelastet von eingeschliffenen - und nicht mehr zur Disposition stehenden - Selektionskriterien denken und handeln zu können, ist offenbar eine wichtige soziale Bedingung für die Formulierung neuer Perspektiven bzw. für die völlig abwegig erscheinenden "Neukombinationen" verschiedener Konstruktionstraditionen. Henry Bessemer betonte in seiner Autobiographie diese Unabhängigkeit von der bestehenden "Voreingenommenheit" und "der verbreiteten Neigung, alles was besteht, deshalb auch schon für gut zu halten" als wichtige Voraussetzung für seine Arbeit (zit.nach Hönigsberg, 1910: 279). Die Distanz zu vorgefaßten Haltungen und Verfahrensweisen aus sechs Jahrzehnten Maschinenbaupraxis war auch für Watt die entscheidende Voraussetzung dafür, grundlegende Veränderungen in der Dampfmaschinenteknik durchführen zu können (Kerker, 1975: 101)⁴⁶.

⁴⁵ Diese Überlegungen stützen sich u.a. auf die Arbeiten von Gilfillan (1935). Aber auch Dosi (bspw. in Dosi 1988: 1126) hat unter Verwendung der Begriffe "technological paradigm" oder "technological trajectory" die ausgeprägte selektive Form neuer technischer Lösungswege gerade auch für die heutige Zeit herausgearbeitet.

⁴⁶ Vgl. hierzu die quantitative Auswertung bei Hamberg, 1963: 96f.

Während für die Dampfmaschinenbauer und Ingenieure der Explosionsmotoren in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts aus ihrer praktischen Erfahrung heraus, die Welt über 5-6 at Zylinderdruck "zu Ende war", stellte sich diese Art der Begrenzung für Diesel überhaupt nicht. Aus den Erkenntnissen der Kältetechnik heraus stellten für ihn die Druckverhältnisse im Verbrennungszylinder keine Erfahrungswerte, sondern lediglich numerische Größen dar, die es in entsprechenden mathematischen Operationen nahezu beliebig zu variieren galt. Wenn auch Diesel sehr schnell erkennen mußte, daß seine theoretischen Schlußfolgerungen technisch nicht adäquat umzusetzen waren, gelang es ihm - von der Unternehmensleitung materiell und legitimatorisch unterstützt -, festgefügte und keiner kritischen Bewertung mehr unterzogene Erfahrungswerte im Konstruktionsprozeß aufzulösen und damit weitere Entwicklungsoptionen zu erschließen (vgl. Meyer, 1913: 10f.).

Inwieweit daher in der Konstruktionsarbeit Selektionsmechanismen transparent und disponibel gestaltet werden können und inwieweit eingeschliffene Perzeptionsmuster zur Frage nach dem, was technisch "machbar" und was eben nicht mehr "machbar" ist, aufgelöst werden und Entwicklungsentscheidungen prinzipiell in verschiedene Richtungen optional begriffen werden können, hängt offensichtlich vom sozialen Milieu der technischen Arbeit ab. Die verschiedenen Organisationstypen, Unternehmen und Forschungseinrichtungen üben in ihren Möglichkeiten zur Gestaltung dieses sozialen Umfeldes daher einen entscheidenden Einfluß auf die Technikgenese aus⁴⁷.

Wenn sich auch diese Wirkung organisatorischer Kontexte für die hier dargestellten beiden Techniken im einzelnen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und Formen manifestiert, sind die Perzeptionsmuster der Unternehmen hinsichtlich der Stabilisierung einer Technik als funktionsfähiges Artefakt wie auch für die Ausbildung technischer Qualitäten bei beiden technischen Fallanalysen von entscheidender Bedeutung.

Im Umgang mit den oben skizzierten allgemeinen einsozialisierten Verhaltensweisen in der technischen Arbeit sind grundsätzlich unterschiedliche

⁴⁷ "Zuversichtlich außerhalb der vertrauten Fahrinne zu navigieren und den Widerstand zu überwinden" sind bspw. für Schumpeter die typischen "Unternehmerfunktionen", die "ihrem Wesen nach weder darin (bestehen) irgend etwas zu erfinden... Sie (d.h. die Unternehmerfunktion - A.K.) besteht darin, daß sie Dinge in Gang setzt" (Schumpeter, 1942: 215).

organisationsspezifische Interpretationen denkbar. Inwieweit diese "Konstruktionstraditionen" bspw. in Unternehmen kognitiv und sozial weiter stabilisiert werden oder immer wieder "aufgebrochen" und/oder neu kombiniert werden können, entscheidet sich im organisationsspezifischen Aushandlungsprozeß. Der Begriff "Forschungs- und Konstruktionsstil" umschreibt damit die in den Organisationen spezifizierte, kognitive, methodische und materiale Form der technischen Lösungssuche.

Es erscheint darüber hinaus denkbar, daß sich die als Konstruktionstraditionen bezeichneten allgemeinen Dispositionen im Denken und Handeln technischer Arbeit auch "quer" zu einzelnen Unternehmen einer Branche bzw. eines Technikfeldes etablieren und als "Professionsorientierung" in einem Spannungs- wie Komplementärverhältnis zu den unternehmensintern ausgebildeten Perzeptions- und Handlungsstrukturen liegen. Diese kognitiven Orientierungsmuster können durch die Hochschul- bzw. Fachhochschulausbildung von Ingenieuren und Technikern als "geronnener Wissensbestand" multipliziert und durch die wissenschaftlich-technischen Vereine auch über die Ausbildungsphase hinaus in der Professions- und Standespflege institutionell stabilisiert werden. Ausbildungseinrichtungen und professionelle Selbstorganisationen und deren Medien können auf eingegrenzten technischen Feldern durchaus ein gemeinsames Problem- und Konstruktionsverständnis entwickeln, dessen Geltungsbereiche über einzelne Unternehmen hinausgehen.

Während der Debatte um die Einführung neuer Managementmethoden in Deutschland gegen Ende des 19. Jahrhunderts wird schließlich die Bedeutung dieser kognitiven Dispositionen im technischen Denken für das Entscheidungsverhalten von Unternehmen deutlich. Erst im Zusammenhang mit den großen wirtschaftlichen Krisen zu Beginn der 90er Jahre konnte sich überhaupt eine Diskussion über den Stellenwert von Marketingstrategien ("Verkaufsorientierung") entwickeln. Bis zu diesem Zeitpunkt dominierte eine ausgeprägte "Produktionsorientierung" das unternehmerische Denken, was sich mit der Kurzformel "Die Büros sind für die Werkstätten da, niemals aber die Werkstätten für die Büros" illustrieren läßt (zit.nach Blaich, 1982: 14). Das Entscheidungsverhalten der Unternehmen war in dieser Phase noch deutlich durch eine "Vorherrschaft der Werkstatt" geprägt, das produktions- und fertigungstechnische Wissen und Können diente als Ausgangspunkt der betrieblichen Planungsüberlegungen; hier konstituierte sich das strategisch

eingesetzte Wissen um Produktionsabläufe und Markteinschätzungen. Entscheidungen über Forschungs- und Entwicklungsprogramme und die Auswahl der Werkstoffe wurde damals noch nicht in zentralen Entscheidungsverfahren abgewickelt, sondern hierüber entschieden die Meister und Techniker auf Grund der in Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen und Überlieferungen unmittelbar "vor Ort" (Fischer, 1940: 132)⁴⁸. Insofern kann - zumindest bis zur Jahrhundertwende - davon ausgegangen werden, daß die im unmittelbaren materiellen Umgang mit den produzierten Artefakten herausgebildeten Selektionsmuster durch die "angeschlossenen" Verwaltungsbereiche der Unternehmen kaum korrigiert wurden und daher erheblichen Einfluß auf das gesamte Entscheidungsverhalten des Unternehmens ausübten⁴⁹.

Vor dem Hintergrund einer abklingenden Euphorie in der heutigen betriebswirtschaftlichen Organisationslehre über die zweckrationale Formbarkeit von Organisationsstrukturen setzt sich zudem immer mehr die Erkenntnis durch, daß Organisationen in ihrem soziotechnischen Gefüge nur teilweise anhand eines gegebenen Strukturstatus analysiert werden können, und daß insbesondere auch das technikbezogene Entscheidungsverhalten nur unter Rückblen-

- 48 Die sich um die Jahrhundertwende langsam etablierende Managementdiskussion ließ in Deutschland überhaupt einen starken technokratischen Einschlag erkennen. "Der Aufstieg der Technik zu einer systematischen Wissenschaft, die vom Fall ihrer Entstehung losgelöste Erfahrungen in generelle Regeln und Handlungsweisen faßte und dies aus einem theoretischen Zusammenhang begründete, hatte begonnen, die traditionellen gewerblichen Formen zu revolutionieren, sie zum Gegenstand rationaler Planungen zu machen und den Gewohnheitsbetrieb (...) in Frage zu stellen" (Kocka, 1969: 337). Demzufolge wurde in Deutschland der Begriff "Organisation" nicht wie bspw. in den USA in einer prozessualen Weise interpretiert, sondern synonym mit festen Regeln, Geschäfts- und Büroordnungen, Buchhaltungsgrundsätzen und vor allem Kontrollvorrichtungen begriffen, also in einer extrem struktursetzenden Betonung verstanden (vgl. Kocka, 1969: 341).

49 Dies schließt selbstverständlich nicht aus, daß die betrieblichen Abstimmungsprozesse nicht auch schon in dieser Zeit konfliktreich verlaufen sind. In den "Wanderer-Werken", die zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Entwicklung und Fertigung von Schreibmaschinen aufnahmen, kam es zwischen den an der Erreichung höchster Qualität orientierten Ingenieuren und den Interessen der Betriebsleitung, die Produktion auf rationelle Fertigungsmethoden, vor allem standardisierte Massenproduktion umzustellen, zu erheblichen betrieblichen Auseinandersetzungen, in deren Folge es zu häufigen Personalwechseln im Management gekommen sein muß (vgl. R.Schneider, 1923: 177f.). Überhaupt begann um die Jahrhundertwende die Kritik der Ingenieure gegenüber der Dominanz kapitalistischer Produktionsmethoden größer zu werden, da drastische Einschränkungen in den konstruktiven Möglichkeiten befürchtet werden mußten (vgl. Riedler, 1921).

dungen auf frühere Problemlagen und ihre gelungenen und mißlungenen Lösungen erklärbar wird. In diesem Sinne können diese organisationspezifischen Umsetzungen von Konstruktionstraditionen in Forschungs- und Konstruktionsstile als Bestandteil organisationskultureller Ausprägungen verstanden werden, die als "collective programming of the mind" (Hofstede, 1980: 13) sich in gemeinsamen Wert-, Orientierungs- und Handlungsbezügen im Bemühen um die interne Integration veränderter Umwelten herausbilden (vgl. Dierkes, 1988(a): 554f.; Matenaar, 1983: 5f.).

Die Bedeutung von Forschungs- und Konstruktionsstilen im Entscheidungsverhalten von Unternehmen zeigt sich gerade in den für die Entwicklungsprozesse typischen offenen und von großer Unsicherheit gekennzeichneten Entscheidungssituationen (vgl. Gagliardi, 1986).

Eine solche Situation entstand für die deutsche Motorenbauindustrie im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, als ein immer größer werdender Bedarf nach dezentral verfügbarer Energie zu einer wachsenden Kritik an den bis dahin nahezu ausschließlich genutzten Dampfmaschinen führte. Die Anschaffungskosten dieser Maschinen waren für kleine und mittlere Firmen zu hoch, die Unterhaltung aufwendig und sehr unbequem, die Belästigungen durch die Rauchentwicklung groß und die permanente Gefahr der Kesselexplosionen nicht unter Kontrolle zu bekommen.

Obwohl aber die Dampfmaschinenteknik in ihrer damaligen Ausführung als Kolbenmaschine bereits zu dieser Zeit als Technik "mit eingebautem Geburtsfehler" galt⁵⁰ und obwohl mit Heißluft- und Gasmotoren bereits erste Ansätze alternativer Entwicklungen existierten, wurde in den Unternehmen weithin auf den "Schwenk" zu anderen technischen Lösungswegen verzichtet. Der in den Betrieben vorherrschende Konstruktionsstil konzentrierte sich darauf, die etablierte energietechnische Entwicklungslinie im Rahmen der begrenzten technischen Möglichkeiten auch den veränderten Anforderungsprofilen anzupassen (vgl. Schöttler, 1884: 28).

⁵⁰ Der Einsatz der damals existierenden Dampfmaschinen war nur im großindustriellen Maßstab ökonomisch vertretbar. "Je weniger man die Dampfmaschine (vor allem für die Klein- und Mittelbetriebe - A.K.) entbehren konnte, um so deutlicher offenbarte sich, daß sie einen wahrhaft erschreckenden Geburtsfehler aufwies: Kleine Dampfmaschinen verbrauchten für die Pferdekraftstunde vier- bis sechsmal mehr Kohle als die großen, und es gab offenbar auch keine Möglichkeit, diesem Fehler abzuhelpen, weil er eben im Prinzip der Dampfmaschine selbst begründet war" (E. Diesel/ Goldbeck / Schildberger, 1957: 32).

Im Hinblick auf die Analyse von Technikgeneseprozessen üben diese Forschungs- und Konstruktionsstile also als Selektionsfilter einen großen Einfluß auf das organisationspezifische Reaktionsvermögen gerade bei veränderten Umweltbedingungen aus. Eine optionsreduzierende Wirkung von Forschungs- und Konstruktionsstilen kann dadurch erfolgen, daß bewährte Problemlösungsmuster verinnerlicht und fortgeführt werden, ohne daß sie jeweils wieder erneut auf ihre Angemessenheit überprüft werden. Die Organisation kann sich mit solchen Konstruktionsstilen auf standardisierte Problemverarbeitungsprozesse stützen und damit durchaus eine hohe Leistungsfähigkeit erreichen. Ein solcher Stil droht aber dann zu "Verkrustungen" zu führen, wenn Veränderungen im Umfeld durch diese kulturellen Muster nicht wahrgenommen werden und die einstmals mit Erfolg verbundenen Verhaltensweisen an Fähigkeit zur Problemverarbeitung einbüßen. Die Kombination dieser beiden kulturbedingten Phänomene von Forschungs- und Konstruktionsstilen - Filterung von Informationen zur Problemdefinition und Automatisierung von Lösungsstrategien - kann Entscheidungen zur Eliminierung von technischen Optionen herbei führen, wenn noch nicht auf der Basis erfahrungsabgesicherter Erkenntnisse über eine bereits existierende Technik verhandelt werden kann.

Diesel konfrontierte die Unternehmen mit den Plänen für seinen neuen Motor zu einer Zeit, als sich im Dampfmaschinengeschäft große wirtschaftliche Probleme ankündigten und sich zudem mit dem von der Deutzer Gasmotorenfabrik gefertigten Explosionsmotor eine erste Alternative zur beherrschenden Dampfmaschinenteknik abzeichnete. Da aber noch kein Prototyp eines solchen von Diesel zur Entwicklung vorgeschlagenen Motors existierte, mußten die Prognosen über die Entwicklungsaussichten auf der Grundlage der praktischen Erfahrungen mit bereits existierenden Motorentypen abgegeben werden. Diesels Konzeptionsvorschläge, so wenig sie im Grunde wirklich neu waren, kombinierten aber Elemente verschiedener Konstruktionstraditionen in einer Weise miteinander, die mit dem Erfahrungswissen der Ingenieure unvereinbar war und dementsprechend in den von den Unternehmensleitungen gewünschten Gutachten negativ beurteilt wurde.

Probleme entstanden bei dem neuen Motor vor allem dadurch, daß für die hohen Temperaturen und notwendigen Druckverhältnisse vollkommen neue Ansprüche an die Materialqualität von Zylinder, Dichtungen, Kolben und Pleuel

gestellt wurden, die mit den bisher aus der Dampfmaschinenteknik bekannten Fertigungsverfahren gar nicht erreicht werden konnten. Auf dem Wissens- und Erkenntnisstand der Dampfmaschinenkonstruktoren mußte daher ein solcher Hochdruck-Ölmotor in der Tat als vollkommen undurchführbar erscheinen, zumal der erste Versuchsapparat in Augsburg - gebaut mit den aus der Dampfmaschinenteknik bewährten Materialqualitäten - recht spektakulär explodierte (vgl. E. Diesel, 1937: 180ff.)⁵¹.

In dieser Situation sah sich Diesel unversehens mit einer breiten Ablehnungsfront konfrontiert, die das Projekt seines rationellen Wärmemotors ernsthaft gefährdete: "Adoption of a new paradigm implies not just a new technical device but also a new value system, a new set of criteria by which technology is judged" (Constant II, 1977: 47):

⁵¹ Welche fertigungstechnischen Probleme mit der neuen Motorkonstruktion entstanden, lassen folgende Hinweise erahnen: "Trotz der an sich für damalige Zeiten mustergültigen Konstruktions- und Werkstättenarbeit der Maschinenfabrik Augsburg, mußte man für den Dieselmotorenbau in vieler Beziehung neu lernen. Gelang es doch damals weder der Maschinenfabrik Augsburg noch einem einzigen Lizenznehmer, einen einigermaßen dichten Kolben herzustellen. Der Maschinenbau stand damals noch unter dem Zeichen des Einschleifens mit Schmirgel. Daß genaue Dreharbeit auf kräftigen Bänken das weit einfachere und zuverlässigere Mittel sei, wurde erst langsam begriffen" (Meyer, 1913: 36). Fischer (Fischer, 1940: 132f.) betont in einer Rückschau auf die Anfänge des Dieselmotorenbaus in Augsburg, daß für die Herstellung der Kurbelwellen, Zylinderbüchsen, Tauchkolben, Kolbenringe usw. überhaupt keine Bearbeitungsmaschinen existierten, so daß für die neuen Qualitätsmaßstäbe und Abmessungen des Motors im Werk hergestellte Sonderanfertigungen notwendig wurden. Aber auch die im Umgang mit Explosionsmotoren gewonnenen Erfahrungen führten nicht zu einem größeren Verständnis der fertigungstechnischen Probleme. Die Deutzer Gasmotorenfabrik nahm lange Zeit eine äußerst kritische Haltung gegenüber dem neuen Motor ein. "Es hat Kämpfe gekostet, z.B. der Gasmotorenfabrik Deutz damals die Überzeugung beizubringen, daß all ihre auf dem Gebiete des Kleinmotorenbaus errungenen Erfahrungen bezüglich Zylinder und Kolben für den Bau eines Dieselmotors vollkommen unzulänglich waren...." (Meyer, 1913: 37).

IV. Abschließende Bemerkungen

Die Darstellung der beiden technikgenetischen Fallanalysen bleibt hier noch fragmentarisch. Die hier vorgeschlagenen Begriffe und Kategorien müssen ihre Tauglichkeit erst noch in weiteren empirischen Überprüfungen unter Beweis stellen.

Im Zusammenhang mit einer wachsenden Nachfrage nach Wissen über die Entstehungs- und Verlaufsformen des technischen Wandels galten die Bemühungen dieser Argumentationsführung dem Ziel, mit der Verwendung des Begriffs Technikgenese als analytischer Kategorie einen sozialwissenschaftlichen Zugang zur Technikforschung zu formulieren. Dem populären Verständnis eines "überfallartig" auf uns zu rollenden technischen Fortschritts sollte hier das Bild eines eher evolutionär verlaufenden, sich an etablierten Traditionslinien orientierten Konstruktionsprozesses entgegengestellt werden. Eine solche Herangehensweise verspricht möglicherweise die Erzeugung technischer Qualitäten mit den unterschiedlichen ökologischen und sozialen Implikationen in ihren sozialen Entstehungszusammenhängen zu klären.

Die Anbindung von Motiven und Ideen bei der Konzeption neuer technischer Lösungen an den "herrschenden Stand" der Technik und die damit verbundene unsichtbare Übernahme von Selektionsmustern wurde hier als konservatives Grundmerkmal in der kognitiven Orientierung herausgearbeitet. In beiden Fallbeispielen kann eine Art "Absorption" der konzeptionellen Ausgangsüberlegungen durch die Verwendung bereits existierender und sich als funktions-tüchtig bewährt habender Maschinenelemente beobachtet werden. In beiden Fällen gelingt es nicht, die dominanten ökonomischen Motive unmittelbar in technische Lösungen zu übersetzen. Während einerseits wirtschaftliche Krisen die grundlegende Bedingung dafür bilden, daß sich überhaupt Unternehmen offen gegenüber neuen technischen Lösungswegen zeigen, relativiert sich somit die Bedeutung von Märkten und Nachfragekonstellationen für die Konzeption und die Entstehung der spezifischen inhaltlichen Qualitäten von Techniken. Zwischen einem real existierenden Bedarf (Dieselmotor) und einer erst noch anzuregenden Nachfrage (Schreibmaschine) nach neuen technischen Lösungen und dem schließlich funktionstüchtigen Artefakt sind mit "Konstruktionstraditionen" und "Forschungs- und Konstruktionsstilen" gleich mehrere "Filter" zwischengeschaltet, denen eine erhebliche Auswirkung auf die inhaltliche Ausprägung von Techniken eingeräumt werden muß.

Die Bedeutung von Organisationen in der Technikgenese, von denen hier nur Unternehmen näher behandelt werden konnten, zeigt sich gleich in doppelter Weise. Einmal entscheiden etablierte Unternehmen als eine Art "gate-keeper" grundsätzlich über die Realisierungschancen von technischen Konzeptionen. Bereits bei vergleichsweise einfachen technischen Geräten wie der Schreibmaschine wird deutlich, daß ohne die Anbindung an kompetente Entwicklungs- und Fertigungsstrukturen die Entwicklungschancen zum funktionsfähigen Artefakt eher gering sind. Darüber hinaus wirken organisationspezifische Perzeptionsmuster auf die Entstehung von Techniken durch die Stabilisierung sozialer Milieus, in denen mit darüber entschieden wird, inwieweit der "konservative Grundcharakter" im Konstruktionsprozeß aufgehoben und neue Optionen erschlossen werden können.

Schließlich bleibt abschließend noch nach der Bedeutung der hier vorgeschlagenen Kategorien und Begriffe über den Zeitraum des ausgehenden 19. Jahrhunderts hinaus zu fragen⁵². Zweifellos ist davon auszugehen, daß sich die Strategien zur Organisation der Forschungs- und Entwicklungsprozesse in den Unternehmen erweitert haben. Die noch zum Ende des 19. Jahrhunderts in den Branchen des Maschinen- und Anlagenbaus vorfindbare "Dominanz der Werkstatt" dürfte erheblich an Bedeutung zugunsten einer gestiegenen Definitionsmacht des Managements eingebüßt haben. Die im Verlaufe des 20. Jahrhunderts wachsende Bedeutung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts als Produktivkraft, die etwa in steigenden Ausgaben der Unternehmen für Forschung und Entwicklung erkennbar ist, dürfte auch neue Organisationsformen der betrieblichen Forschungs- und Entwicklungsarbeit hervorgebracht haben. Es ist insbesondere davon auszugehen, daß umfangreichere Datenbestände im Forschungsprozeß verarbeitet werden, auf eine größere Variationsbreite im Eliminierungsprozeß geachtet wird, der Forschungs- und Konstruktionsstil also optionsreicher, offener gestaltet wird, auf mehr Kombinationsmöglichkeiten unterschiedlicher Konstruktionstraditionen geachtet wird. Die selektive Funktion von Perzeptionsmustern wird durch die Durchführung paralleler, oftmals direkt miteinander konkurrierender, interner Forschungsprojekte oder durch intensive Kooperationen mit externen For-

⁵² Diese abschließenden Bemerkungen stützen sich insbesondere auf die Arbeiten von Shepard, 1956; Dosi, 1984; Dosi, 1986; Hamberg, 1963; Jewkes/Sawers/Stillerman, 1962; Pelz/Andrews, 1966; Rammert, 1983; Kidder, 1981 und Hack, 1988;

schungseinrichtungen in ihrer informationsreduzierenden Wirkung eingeschränkt.

Darüber hinaus zeigt aber der Blick in die Literatur, daß private Unternehmen immer wieder vor dem Dilemma stehen, dem Forschungsprozeß einerseits möglichst große, kreativitätsfördernde Freiräume zu ermöglichen, um aber andererseits durch enge technische und ökonomische Vorgaben eine unbedingte Verpflichtung der Forscher und Entwickler auf das Unternehmensziel zu erreichen. Die Kriterien des Suchprozesses bei der Generierung neuen verwertungsrelevanten Wissens von unternehmensexternen wissenschaftlichen Standards weitgehend zu lösen und ganz auf die unternehmensspezifischen Aufgabenprofile zu verpflichten, bleibt offenbar auch im 20. Jahrhundert ein virulentes Problem⁵³.

Es ist zu vermuten, daß die Bedeutung von organisationsübergreifenden Orientierungsmustern in der technischen Arbeit um so größer wird, je stabiler und "geschlossener" die Branchenstruktur konstituiert ist. Neben der "science-based" chemischen Industrie sind bspw. auch die Eisen- und Stahlindustrie sowie der Straßenfahrzeugbau, also Industriebranchen mit einem vergleichsweise hohen Konzentrationsgrad, zu forschungsintensiven Fabrikationsmethoden übergegangen. In solchen Strukturzusammenhängen entstehen durch die vielfältigen Aktivitäten der technischen Professionen in Vereinen, Verbänden, Ausschüssen und Kuratorien unternehmensübergreifende Arbeits- und Forschungszusammenhänge, die von der Formulierung branchenweiter Sicherheitsstandards bis zu den umfangreichen Normungsarbeiten⁵⁴ reichen. Hier können sich kognitive Orientierungsmuster so weit stabilisieren, daß sich "Konstruktionstraditionen" quasi durch die "Hintertür" wieder in die Perzeptionsmuster der Forschungsabteilungen "einschleichen". Eine solche Hypothese könnte beispielsweise einmal an den Problemen der

⁵³ Dies zeigt sich offenbar gerade in den Disziplinen, die für den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt von besonderer Bedeutung sind wie die Informatik. "Computer-Wissenschaftler und Software-Ingenieure sind mehr an der akademisch-wissenschaftlichen Seite ihrer Arbeit interessiert. Sie wollen einen wissenschaftlichen Artikel schreiben, und im Grunde ihres Herzens ist es ihnen völlig gleichgültig, ob Kunden irgendeinen Nutzen aus ihrer Arbeit ziehen können" (Rüttiger, 1986: 62).

⁵⁴ Der Einfluß des immer umfangreicheren Norm- und Regelwerks auf den Konstruktionsprozeß ist bislang kaum untersucht worden, obwohl durch die Festschreibung von Standards und die Formalisierung von Problemlösungsverfahren erhebliche Auswirkungen auf den Kreativitätsspielraum zu vermuten sind (vgl. bspw. Guillet de Monthoux, 1981: 75ff.).

Einführung des "NSU/Wankelmotors" überprüft werden. Möglicherweise ist ja das Hubkolbenprinzip bereits soweit als Konstruktionstradition branchenweit etabliert und auch stabilisiert, daß den alternativen technischen Entwürfen nicht die für eine praktische Entwicklung notwendigen Toleranzspielräume und materiellen Ressourcen gewährt wurden. Dem Hinweis auf eine mangelhafte Funktionstauglichkeit als Begründung für das Scheitern des Kreiskolbenmotors ist - jedenfalls mit der Erinnerung an die ersten Jahre der Dieselmotorentwicklung - Skepsis entgegenzubringen.

V. Literatur

- Adler, M.H., *The Writing Machine*, London 1973
- Albrecht, U., Die Werturteilsfrage in der Technik, in: *Zeitschrift für Wissenschaftstheorie*, 1/2, 1970, S.161ff.
- Alemann, U.v./Schatz, H./Viefhues, D., Sozialverträgliche Technikgestaltung. Entwurf eines politischen Programms, in: Fricke, K. u.a. (Hg.), *Jahrbuch Arbeit und Technik in Nordrhein-Westfalen 1985*, Bonn 1985, S.349ff.
- Armanski, G. u.a., *100 Jahre Jahrhundertwende*, Berlin 1988
- Baggenstos, A., *Von der Bilderschrift zur Schreibmaschine*, Zürich 1977
- Balogh, A., Diesels Vorträge, in: *Technikgeschichte*, 39, 1972, S.25ff.
- Beeching, W., *Century of the Typewriter*, London 1974
- Beninger, J.R., *The Control Revolution*, Cambridge 1986
- Beyerlen, A., Über fachtechnische Abhandlungen, in: *Schreibmaschinenzeitung*, 1909, S.176ff.
- Bijker, W./Hughes, Th.P./Pinch, T.I., (Hg.), *The Social Construction of Technological Systems*, London 1987
- Blaich, F., Absatzstrategien deutscher Unternehmen im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, in: *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte*, Beiheft 23, Wiesbaden, 1982
- Bloch, E., Organizational Culture and Individual Responsibility for Scientists and Engineers, in: *Technology in Society*, 8, 1986, S.259ff.
- Blumtritt, O., Genese der Technikwissenschaften: Ein Resümee methodologischer Konzepte, in: *Technikgeschichte*, 55, 1988, S.75ff.
- Böhme, G./Daele, W.v.d./Krohn, W., Die Verwissenschaftlichung von Technologie, in: Böhme, G. u.a., *Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts (Starnberger Studien I)*, Frankfurt 1978, S.339ff.
- Bois-Reymond, A. du, *Erfindung und Erfinder*, Berlin 1906
- Bosch AG, *Fünfzig Jahre Bosch, 1886-1936*, Stuttgart 1936
- Braun, H.J./Weber, W., Ingenieurwissenschaften und Gesellschaftspolitik, in: Rürup, R. (Hg.), *Wissenschaft und Gesellschaft, Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin, Bd.1*, Berlin 1979, S.285ff.

- Braun, H.J., Allgemeine Fragen der Technik an der Wende zum 20. Jahrhundert, in: Technikgeschichte, 42, 1975, S.306ff.
- Braun, H.J., Die Dampfmaschine. Technische Entwicklung, wirtschaftliche und gesellschaftliche Ursachen und Auswirkungen, in: Buddensieg, T./Rogge, H. (Hg.), Die nützlichen Künste, Gestaltende Technik und Bildende Kunst seit der Industriellen Revolution, Berlin 1981, S.82ff.
- Braun, H.J., Methodenprobleme der Ingenieurwissenschaft, in: Technikgeschichte, 44, 1977, S.1ff.
- Brauner, L., Die Schreibmaschine in technischer, kultureller und wirtschaftlicher Bedeutung, Prag 1925
- Brauner, L./Vogt, V., (Hg.), Illustriertes Orga-Handbuch erprobter Büromaschinen, Berlin 1921
- Bryant, L., The Development of the Diesel-Engine, in: Technology and Culture, 17, 1976, S.432ff.
- Brinkmann, L., Der Ingenieur, Frankfurt 1908
- Büchner, F., Hundert Jahre Geschichte der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, o.O., o.J., (1940)
- Burchardt, L., Standespolitik, Sachverstand und Gemeinwohl, in: Ludwig, K.H., Technik, Ingenieure und Gesellschaft, a.a.O., S.167ff. (1981)
- Burghagen, O., Die Schreibmaschine, Hamburg 1898
- Callon, M., Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis, in: Bijker, W./Hughes, Th.P./Pinch, T.I., (Hg.), The Social Construction of Technological Systems, London 1987, S. 83ff.
- Constant II, E. W., The Origins of the Turbo-Jet Revolution, Michigan, Northwestern University 1977
- Constant II, E.W., The Social Locus of Technology Practice, in: Bijker/Hughes/Pinch, Social Construction a.a.O., S.223ff. (1987)
- Davies, M.W., Woman's Place is at the Typewriter: The Feminization of the Clerical Workers and Changes in Clerical Work in the United States, Waltham, Brandeis University, 1979
- Dickerson, R./Hoke, D., The Manufacturing History of the Sholes & Glidden Typewriters, in: Historische Bürowelt, Nr.16, 1987, S.14ff.
- Dickson, D., Alternative Technology and the Politics of Technology Change, Fontana 1977 (1974)

- Dierkes, M., Technikgenese als Gegenstand sozialwissenschaftlicher Forschung, in: Verbund sozialwissenschaftlicher Technikforschung, Mitteilungen 1/1987, S.166ff.
- Dierkes, M., Unternehmenskultur und Unternehmensführung, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 58, 1988 (1988a), S.554ff.
- Dierkes, M., Organisationskultur und Leitbilder als Einflußfaktoren in der Technikgenese - Thesen zur Strukturierung eines Forschungsfeldes - , in: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen 3/1988, (1988b), S.49ff.
- Dierkes, M./Petermann, Th./Thienen, V.v., Vorwort in: dies. (Hg.), Technik und Parlament, Berlin 1986
- Diesel, R., Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren, Düsseldorf 1986 (1893)
- Diesel, R., Die Entstehung des Dieselmotors, Berlin 1984 (1913)
- Diesel, E., Das Phänomen der Technik, Leipzig/Berlin 1939
- Diesel, E., Die Geschichte des Diesel-Personenwagens, Stuttgart 1955
- Diesel, E., Diesel - Der Mensch, das Werk, das Schicksal, München 1983 (1937)
- Diesel, E./Goldbeck, G./Schildberger, F., Vom Motor zum Auto, Stuttgart 1957
- Diesel, E./Strössner, G., Kampf um eine Maschine, Berlin 1950
- Dosi, G., Technical Change and Industrial Transformation, London 1986 (1984)
- Dosi, G., Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation, in: Journal of Economic Literature, 16, 1988, S.1120ff.
- Dunkmann, K., Zur Theorie der Technik, in: ZVDI, 71, 1927, S. 1619ff.
- Ebers, M., Organisationskultur: Ein neues Forschungsprogramm? Wiesbaden 1985
- Erhard, L., Der Weg des Geistes in der Technik, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 1, 1929, Heft 4
- Eye, W.v., Kurzgefaßte Geschichte der Schreibmaschine und des Maschinenschreibens, Berlin 1958
- Fachgemeinschaft Büro- und Informationstechnik, 1914-1984. Ein moderner Verband mit Tradition, Frankfurt, o.J. (1984)
- Feldman, S.P., How Organizational Culture can Affect Innovation, in: Organizational Dynamics, 9, 1988, S. 57f.

- Fischer, C., Einiges über die Entstehung der Fertigung von Dieselmotoren im Werk Augsburg der MAN, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie (Technikgeschichte), 29, 1940, S.132ff.
- Fritz, H.J., Menschen in Büroarbeitsräumen, München 1982
- Gagliardi, P., The Creation and Change of Organizational Cultures: A Conceptual Framework, in: Organizational Dynamics, 7, 1986, S. 117ff.
- Giedion, S., Die Herrschaft der Mechanisierung, Frankfurt 1987 (1948)
- Gilfillan, S.C., The Sociology of Invention, Cambridge 1970 (1935)
- Goldbeck, G., Gebändigte Kraft. Die Geschichte der Erfindung des Otto-Motors, München 1965
- Goldbeck, G., Kraft für die Welt, Düsseldorf 1964
- Gottl-Ottlilienfeld, F.v., Der wirtschaftliche Charakter der technischen Arbeit, Berlin 1910
- Grünholz, F., Die Büromaschinen in der Praxis, in: Brauner, L./Vogt, V., (Hg.), Illustriertes Orga-Handbuch erprobter Büromaschinen, Berlin 1921, S.13ff.
- Güldner, H., Entwerfen und Berechnen von Verbrennungsmotoren, Berlin 1905
- Seherr-Thoss, H.C. Graf von, Die Brennstoffzuführung bei schnelllaufenden Verbrennungsmotoren, in: Kultur und Technik 1987, Heft 1, S.20ff.
- Gujillet de Monthoux, P., Vulgärkantianische Unternehmenslehre, München 1981
- Habermas, J., Technik und Wissenschaft als Ideologie, Frankfurt 1986 (1969)
- Habermas, J., Theorie und Praxis, Frankfurt 1984 (1963)
- Hack, L., Vor Vollendung der Tatsachen, Frankfurt 1988
- Halfmann, J., Die Entstehung der Mikroelektronik, Frankfurt 1984
- Hamberg, D., Invention in the Industrial Research Laboratory, in: The Journal of Political Economy, LXXI, 1963, S.95ff.
- Hanf, R., Im Spannungsfeld zwischen Technik und Markt, Zeitschrift für Unternehmensgeschichte, Beiheft 17, Wiesbaden 1980
- Hansen, F., Konstruktionswissenschaft, München 1974
- Hausen, K., Technischer Fortschritt und Frauenarbeit im 19. Jahrhundert; Zur Sozialgeschichte der Nähmaschine, in: Geschichte und Gesellschaft, 1978, S.146ff.
- Hausen, K./Rürup.R., Einleitung, in: dies. (Hg.), Moderne Technikgeschichte, Köln 1975

- Hechler, A., Zur Geschichte der Schreibmaschine - Ihre Probleme bei der Einführung in Deutschland, in: Historische Bürowelt, Nr. 20, 1988, S.5ff.
- Heiss, R., (Hg.), Die Sendung des Ingenieurs im neuen Staat, Berlin 1934
- Hertwig, A., Der geistige Wandel der Technischen Hochschulen in den letzten 100 Jahren, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 18, 1950, Heft 1
- Hönigsberg, O., Aus Bessemers Selbstbiographie, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 2, 1910, S.271ff.
- Hofstede, G., Culture's Consequences - International Differences in Work-related Values, Beverly Hills/London 1980
- Holzer, M. (Bader, J.), Technik im Kapitalismus, Jena 1932
- Horn, N./Kocka, J. (Hg.), Recht und Entwicklung der Großunternehmen im 19. und frühen 20. Jahrhundert, Göttingen 1979
- Hortleder, G., Das Gesellschaftsbild des Ingenieurs, Frankfurt 1970
- Hounshell, D.A., From the American System to Mass Production. The Development of Manufacturing Technology in the United States, Baltimore 1984
- Hubka, V., Theorie technischer Systeme, Berlin 1984
- Hughes, Th.P., Networks of Power, Baltimore 1983
- IG_Metall, Büro 1880 - 1930, Frauenarbeit und Rationalisierung, (Arbeitshefte der IG Metall zur Humanisierung des Arbeitslebens) Frankfurt 1984
- Jensen, J., Using the Typewriter, in: Technology in Society, 10, 1988, S.255ff.
- Jewkes, J./Sawers, D./Stillerman, R., The Sources of Invention, London 1969 (1962)
- Joerges, B., Computer als Schmetterling und Fledermaus, Über Technikbilder von Techniksoziologen, in: Soziale Welt, 39, 1988, S.188ff.
- Johanning, A., Die Organisation der Fabrikbetriebe, Braunschweig 1901
- Jokisch, R., (Hg.), Techniksoziologie, Frankfurt 1982
- Kapp, E., Grundlinien einer Philosophie der Technik, Braunschweig 1877
- Kerker, M., Die Naturwissenschaften und die Dampfmaschine, in: Hausen/Rürup, Moderne Technikgeschichte, a.a.O., S.96ff.
- Kidder, T., Die Seele einer neuen Maschine, Basel 1982 (1981)
- Kittler, F.A., Grammophon, Film, Typewriter, Berlin 1986
- Klemm, F., Geschichte der Technik, Reinbek 1986 (1983)

- Knayer, M., Systematisches Erfinden und Bearbeiten in der Technik, in: Industrieanzeiger, 77, 1955, S.345ff.
- Kocka, J., Siemens und der aufhaltsame Aufstieg der AEG, in: Tradition, Zeitschrift für Firmengeschichte, 17, 1972, S.125ff.
- Kocka, J./Siegrist, H., Die hundert größten deutschen Industrieunternehmen im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert, in: Horn, N./Kocka, J., Recht und Entwicklung a.a.O., S.55ff. (1979)
- Kocka J., Industrielles Management: Konzeptionen und Modell in Deutschland vor 1914, in: Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 56, 1969, S.332ff.
- Köhler, O., Theorie der Gasmotoren, Leipzig 1887
- König, W., Die Ingenieure und der VDI als Großverein in der wilhelminischen Gesellschaft, in: Ludwig, Technik, Ingenieure und Gesellschaft, a.a.O., S.235ff. (1981)
- Körting, J., Über den Unterricht im Konstruieren und seine Belebung durch die Technikgeschichte, in: Technikgeschichte, 38, 1971, S.177ff.
- Kracal, R., 1864-1964, Peter Mitterhofer und seine Schreibmaschine, Aachen o.J. (1964)
- Krumeich, G., Maschinitis oder die Schwierigkeiten des technischen Fortschritts, in: Stümpel, R. (Hg.), Vom Sekretär zur Sekretärin, Eine Ausstellung zur Geschichte der Schreibmaschine und ihrer Bedeutung für den Beruf der Frau im Büro, Mainz 1985, S.7ff.
- Kunzmann, R.W., Hundert Jahre Schreibmaschine im Büro, Rinteln 1979
- Lang, K./Krüger, A., Handbuch des Maschinenschreibens, Darmstadt 1936
- Lange, H., Technik im Kapitalismus, Köln 1977
- Linde, H., Soziale Implikationen technischer Geräte, in: Jokisch, R., Techniksoziologie, a.a.O., S.1ff. (1982)
- Linde, C., Aus meinem Leben und von meiner Arbeit Düsseldorf 1984 (1916)
- Lindner, H., Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung, in: Jokisch, a.a.O., S.394ff. (1982)
- Lippart, G., Über wissenschaftliche Arbeit und Forschung in der Maschinenindustrie, in: Z-VDI, 68, 1924, S.89ff.
- Löffler, St./Riedler, A., Ölmaschinen, Berlin 1916
- Lohmann, H., Die Technik und ihre Lehre, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Dresden, 3, 1953/54, S.601ff.
- Lorenzen, F., Deutsche Schreibmaschinen, in: Umschau, 20, 1916, S.892ff.
- Lüders, J., Der Dieselmithos, Berlin 1913

- Ludwig, K.H., Technik und Ingenieure im Dritten Reich, Königstein 1979
(1974)
- Ludwig, K.H. (Hg.), Technik, Ingenieure und Gesellschaft, Geschichte des Vereins Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1981
- Lundgreen, P., Forschungsförderung durch technisch-wissenschaftliche Vereine, in: Rürup, Wissenschaft und Gesellschaft, a.a.O., S.265ff.
(1979)
- Lundgreen, P., Die Vertretung technischer Expertise, in: Ludwig, Technik, Ingenieure und Gesellschaft, a.a.O., S. 67ff. (1981)
- Lutz, B., Technik und Arbeit, in: Schneider, Ch. (Hg.), Forschung in der Bundesrepublik Deutschland, Weinheim 1983
- Mach, E., Kultur und Mechanik, Stuttgart 1915, hg. von J. Thiele, Amsterdam 1969
- Manegold, K.H., Technischer Fortschritt und Promotionsrecht, in: Technikgeschichte, 36, 1969, S.291ff.
- Manegold, K.H., Universität, Technische Hochschule und Industrie, Berlin 1970
- Martin, J./ Siehl, C., Organizational Culture and Counterculture, in: Organizational Dynamics, Herbst 1983/1984, S.52ff.
- Martin, E. (Meyer, J.), Die Schreibmaschine und ihre Entwicklungsgeschichte, Aachen, 1981 (1949)
- Matenaar, D., Organisationskultur und organisatorische Gestaltung, Berlin 1983
- Matschoß, C., Die Entwicklung der Dampfmaschine, 2 Bde., Düsseldorf 1987
(1908)
- Matschoß, C., (Hg.), Männer der Technik, Düsseldorf 1985 (1925)
- Mauel, K., Dampf und Dampfkraft im 20. Jahrhundert, in: Matschoß, C., Die Entwicklung der Dampfmaschine, a.a.O., S.Iff. (1987)
- Mauel, K., Technische und wirtschaftliche Kriterien für Entwicklung und Verwendung von Kraftmaschinen am Ende des 19. Jahrhunderts, in: Humanismus und Technik, 16, 1972, S.159ff.
- Mauel, K., Die Rivalität zwischen Heißluftmaschine und Verbrennungsmotor als Kleingewerbemaschinen, Düsseldorf 1967
- Mauersberg, H., Deutsche Industrien im Zeitgeschehen, Stuttgart 1966
- Mayntz, R., Zur Entwicklung technischer Infrastruktursysteme, in: Mayntz, R. u.a. (Hg.), Differenzierung und Verselbständigung, Frankfurt 1988, S. 233ff.

-
- Mayr, O., Uhrwerk und Waage. Autorität, Freiheit und technische Systeme in der frühen Neuzeit, München 1987 (1986)
- Mayr, O., Zur Frühgeschichte der technischen Regelungen, München 1969
- McMenamin, S./Palmer, J.F., Strukturierte Systemanalyse, München 1988 (1984)
- Meidinger, H., Vom Erfinden, Eine Untersuchung über die Bedingungen nützliche Erfindungen zu machen und deren Verwerthung, Karlsruhe 1892
- Memorandum zur sozialwissenschaftlichen Technikforschung in der Bundesrepublik Deutschland, vorgelegt von M. Dierkes, L. v. Friedeburg, B. Lutz, R. Mayntz, M. Schumann, W. Zapf (1984)
- Meyer, P., Aus der Entstehungsgeschichte des Dieselmotors, in: Schweizerische Bauzeitung, 66, 1948, S.485ff.
- Meyer, P., War der Dieselmotor jemals durch Patente geschützt? in: Schweizerische Bauzeitung, 67, 1949, S. 303ff.
- Meyer, P., Beiträge zur Geschichte des Dieselmotors, Berlin 1913
- Morgenbesser, H., Die Schreib- und Rechenmaschinenfabrikation, Deutsche Großbetriebe, Bd. 4, Berlin o.J. (1962)
- Morschheuser, F., Schreibmaschinen, Geschichte, Normung, Technik, Darmstadt 1987
- Morschheuser, F., Franz. X. Wagner, Erfinder der Typenhebelschreibmaschine, Koblenz 1987
- Müller, J., Schreibmaschinen, Hannover 1986 (1900)
- Mumford, L., Mythos der Maschine, Frankfurt 1984 (1964, 1966)
- Nau, H., National Politics and International Technology, Baltimore 1974
- Neuburger, A., Erfinder und Erfindungen, Berlin 1912
- Nienhaus, U., Berufsstand weiblich, Die ersten weiblichen Angestellten, Berlin 1982
- Noble, D., Maschinenstürmer oder die komplizierten Beziehungen der Menschen zu ihren Maschinen, Berlin 1986
- Noble, D., Forces of Production, New York 1984
- Noble, D., America by Design, Oxford 1977
- Noiré, L., Das Werkzeug und seine Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte der Menschheit, Mainz 1880
- NRC (Hg.), The Behavioral and Social Sciences, Washington 1988
- Otten, D., Die Welt der Industrie, 2 Bde., Reinbek 1986
- Pelz, D.C./Andrews F.M., Scientists in Organizations, New York 1966
- Petzold, H., Rechnende Maschinen, Düsseldorf 1985
-

- Pfeiffer, O., Das mechanische Problem der Schreibmaschine, in: Brauner/Vogt (Hg.) Illustriertes Orga-Handbuch, a.a.O., S.183ff. (1921)
- Pfeiffer, O., Zur Vorgeschichte der Schreibmaschine, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 20, 1930, S.149ff.
- Pfeiffer, O., Die Schreibmaschine bis 1900, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 13, 1923, S.89ff.
- Pfetsch, F., Zum Stand der Innovationsforschung, in: Innovationsforschung als multidisziplinäre Aufgabe, Göttingen 1975
- Picht, O., Zur Geschichte der Blindenschreibmaschinen, in: Die Büro-Industrie, 1925, Heft 6/7 (Sonderdruck)
- Pinch, T.J., /Bijker, W.E., The Social Construction of Facts and Artifacts, in: Bijker/Hughes/Pinch, The Social Construction, a.a.O., S.17ff. (1987)
- Pirker, Th., Büro und Maschine, Basel 1962
- Rammert, W., Soziale Dynamik der technischen Entwicklung, Opladen 1983
- Rammert, W., Technikgenese, Ein Überblick über Studien zum Entstehungskontext neuer Techniken. (Arbeitsberichte und Forschungsmaterialien Nr.30), Bielefeld 1988
- Rammert, W./Bechmann, G./Nowotny, H. (Hg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 3, Frankfurt 1985
- Rammert, W., Editorial: Technik und Kultur, in: Rammert, W./Bechmann, G./Nowotny, H., Technik und Gesellschaft, a.a.O. (1985)
- Rapp, F./Jokisch, R./Linder, H., Determinanten der technischen Entwicklung, Berlin 1980
- Rapp, F., Technikgeschichte und die Grenzen der Machbarkeit in: Dierkes/Petermann/Thienen, Technik und Parlament, a.a.O., S.73ff. (1986)
- Reuleaux, F., Maschinenbaustil, Begründung einer Formenlehre, Braunschweig 1862
- Reuleaux, F., Cultur und Technik, in: ZVDI, 29, 1885, S.24ff. /41ff.
- Riedler, A., Dieselmotoren, Beiträge zur Kenntnis von Hochdruckmotoren Berlin 1914
- Riedler, A., Akademisches Pneuma und die Drehkranken, München und Berlin 1921
- Riedler, A., Wirklichkeitsblinde in Wissenschaft und Technik, Berlin 1919
- Riedler, A., Emil Rathenau und das Werden der Großwirtschaft, Berlin 1916
- Rolf, L., Schreibmaschinen, Zur Geschichte der Schreibmaschine, in: Stümpel, R., Büromaschinen aus Berlin, a.a.O., S.15ff. (1988)
-

- Röpke, J., Die Strategie der Innovation, Berlin 1975
- Ropohl, G., Interdependenzen technischen und wirtschaftlichen Handelns, in: Heinemann, K., (Hg.), Soziologie wirtschaftlichen Handelns (Sonderheft der KZfSS 28/1987), Opladen 1987
- Rosenberg, N., Inside The Black Box: Technology and Economics, Cambridge 1986 (1982)
- Rosenberg, N., Technischer Fortschritt in der Werkzeugmaschinenindustrie, in: Hausen/Rürup, Moderne Technikgeschichte a.a.O., S.216ff.
- Rürup, R. (Hg.), Wissenschaft und Gesellschaft, Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin, Bd.1, Berlin 1979
- Rüttinger, R., Unternehmenskultur, Düsseldorf 1986
- Sachs, W., Energie als Weltbild. Ein Kapitel aus der Kulturgeschichte des Produktivismus, in: Rammert/Bechmann/Nowotny, Technik und Gesellschaft, a.a.O., S. 36ff. (1985)
- Salthouse, T.A., Die Fertigkeit des Maschinenschreibens, in: Spektrum der Wissenschaft, April 1984, S.94ff.
- Sass, F., Geschichte des deutschen Verbrennungsmotorenbaues, Berlin 1962
- Schildberger, F., Bosch und der Dieselmotor, Bosch-Schriftenreihe Folge 3, Stuttgart 1950
- Schimank, A., Vorwort (zum Wiedererscheinen der Zeitschrift Technikgeschichte), in: Technikgeschichte, 31, 1965, S.1ff.
- Schimank, H., Der Ingenieur, Köln 1961
- Schmitt, J., Mercedes Büromaschinenwerke AG, Deutsche Großbetriebe, Bd.14, Leipzig 1937
- Schnabel, F., Deutsche Geschichte im 19. Jahrhundert, Bd.3: Erfahrungswissenschaften und Technik, Frankfurt 1987 (1934)
- Schnauffer, K., Die Erfindung Rudolf Diesels - Triumph einer Theorie, in: VDI-Z, 1958, S.308ff.
- Schneider, R., Die Entwicklung der Wanderer Werke AG in Schönau, Diss. Tübingen 1923
- Schneider, M., Über Technik, technisches Denken und technische Wirkungen, Nürnberg 1912
- Schöttler, R., Mitteilungen von Ausstellungen für Handwerkstechnik in Dresden, in: ZVDI, 29, 1885, S.28ff.
- Schreggenberger, J.W., Methodenbewußtes Problemlösen, Bern 1982
- Schröder, F., Tippende Typen. Die Entwicklungsgeschichte der Schreibmaschine, unveröff. Prüfungsarbeit, Bielefeld 1987

- Schröter, M., Diesels rationeller Wärmemotor, in: ZVDI, 1897, S.845ff.
- Schumpeter, J.A., Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie, München 1980 (1942)
- Senghaas-Knobloch, E., Die Macht der Verhältnisse und das Verantwortungsbewußtsein von Entwicklungsingenieuren, in: König, H. (Hg.), Politische Psychologie Heute, Opladen 1988
- Sens, E., Techniksoziologie und Ingenieure, in: Jokisch, Techniksoziologie a.a.O., S.496ff. (1982)
- Seyfert, O.E., Die deutsche Fahrradindustrie, Leipzig 1912
- Shepard, H.A., Nine Dilemmas in Industrial Research, in: Administrative Quarterly, 1956, S.295ff.
- Siebertz, P., Rudolf Diesel und der Automobilmotor, in: Blätter für Technikgeschichte, 1950, Heft 12, S.15ff.
- Sombart, W., Die Technik im Zeitalter des Frühkapitalismus, in: Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik, 34, 1912, S.721ff.
- Sombart, W., Technik und Kultur, in: Archiv für Sozialwissenschaften und Sozialpolitik, 33, 1911, S.305ff.
- Specht, F., Die weiblichen Stenographen und Maschinenschreiber Berlins, in: Zeitschrift für Staatswissenschaften, 52, 1896, S. 270ff.
- Stahlschmidt, R., Quellen und Fragestellungen einer deutschen Technikgeschichte, Göttingen 1977
- Strandh, S., Die Maschine. Geschichte, Elemente, Funktion, Freiburg 1980 (1979)
- Stümpel, R.(Hg.), Büromaschinen aus Berlin, Museum für Verkehr und Technik, Berlin 1988
- Stümpel, R., Der Kampf um die ideale Tastatur, in: Stümpel, Vom Sekretär zur Sekretärin, a.a.O., S. 75ff. (1985)
- Thienen, V.v., Die soziale Bindung und funktionale Vielfalt von technikvermittelnden Musiken, WZB-paper dp FS II 88 - 106, Berlin 1988
- Thomas, D.E., Diesel, Father and Son: Social Philosophies of Technology, in: Technology and Culture, 19, 1978, S.376ff.
- Thomas, D.E., Diesel, Technology and Society in Industrial Germany, Alabama 1987
- Tönnies, F., Zweck und Mittel im sozialen Leben, in: ders., Soziologische Studien und Kritiken, Dritte Sammlung, Jena 1929, S.1ff.
- Treue, W., Erfinder und Unternehmer, in: Tradition, Zeitschrift für Firmengeschichte, 8, 1963, S.255ff.

-
- Treue, W., Ingenieur und Erfinder, in: Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, 54, 1967, S.456ff.
- Troitzsch, U., Technikgeschichte in der Forschung und in der Sachbuchliteratur, in: Mehrtens, H./Richter, St., Naturwissenschaft, Technik und NS-Ideologie, Frankfurt 1980, S.215ff.
- Troitzsch, U./Wohlauf, G., Einführung, in: dies. (Hg.), TechnikGeschichte, Frankfurt, 1980
- Urban, D., Technikentwicklung, Zur Soziologie technischen Wissens, Stuttgart 1986
- Varchmin, J./Radkau, J., Kraft, Energie und Arbeit, Energie und Gesellschaft, Reinbek 1984 (1981)
- Walde, E., Gewerbliche Schutzrechte und Unternehmensorganisationen in Deutschland, in: Horn/Kocka, Recht und Entwicklung, a.a.O., S.343, (1979)
- Weingart, P., Strukturen technologischen Wandels, in: Jokisch, Techniksoziologie, a.a.O., S.112ff. (1982)
- Wörgerbauer, H., Die Technik des Konstruierens, München/Berlin 1943
- Zündorf, L./ Grunt, M., Innovation in der Industrie, Frankfurt 1982
- Zweckbronner, G., Je besser der Techniker, desto einseitiger sein - Blick? in: Troitzsch/Wohlauf, Technik-Geschichte, a.a.O., S.328ff. (1980)
-