SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Wankel-Mut in der Autoindustrie: Anfang und Ende einer Antriebsalternative

Knie, Andreas

Veröffentlichungsversion / Published Version
Habilitationsschrift / habilitation treatise

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Knie, A. (2002). *Wankel-Mut in der Autoindustrie: Anfang und Ende einer Antriebsalternative.* (2., unveränd. Aufl.). Berlin: Ed. Sigma. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-375510

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Basic Digital Peer Publishing-Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den DiPP-Lizenzen finden Sie hier:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

Terms of use:
This document is made available under a Basic Digital Peer Publishing Licence. For more Information see:
http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Andreas Knie

Wankel-Mut in der Autoindustrie

Anfang und Ende einer Antriebsalternative

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Knie, Andreas:
Wankelmut in der Autoindustrie : Anfang und Ende einer Antriebsalternative / Andreas Knie. [Hrsg. vom Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Forschungsschwerpunkt: Organisation und Technikgenese]. – Berlin : Ed. Sigma, 1994
ISBN 3-89404-145-5

2., unveränderte Auflage 2002

© Copyright 1994 by edition sigma, Berlin.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Textverarbeitung: Ingrid Schwarzkopf

Konzeption und Gestaltung: Rother + Raddatz, Berlin.

Druck: Druckerei Weinert GmbH., Berlin Printed in Germany

Inhalt

Seite

1. Das Maß der Dinge: Das Automobilverständnis 9

1.1 Einleitung: Die Welt ändert sich, der Motor bleibt? Inzucht-Engineering in der Autoindustrie 9

1.2 Die Erzeugung einer Berechtigung besonderer Art: Der Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentrales Element des Automobils 29

Zweifelhafte Erfolgsbilanz / Die Suche nach mobilen Antriebssystemen zu Beginn des Jahrhunderts / Die konstruktive Zwickmühle: Konvergenzen und Stabilitäten / Exkurs: Die verpaßte Chance eines frühen "Öko-Diesels" / Massenproduktion und jährlicher Modellwechsel / Globales Wissen, lokales Können: Stile und Moden / Technological Fix: Vorhandene Mittel definieren die Zwecksetzungen

2. Die Bedrohung: Das NSU/Wankelprojekt 71

2.1 NSU AG: Frecher und naiver Aufbruch in die motortechnische Revolution 71

Auftakt / Stand- und Spielbeine: Entwicklungsalltag der 50er Jahre / Felix Wankel: Der Mann ohne Titel und Führerschein / Im braunen Netzwerk / Das Trojanische Pferd / Vom Projekt der Vor-Entwicklung zum Faustpfand des Überlebens / Eröffnungsbilanz in München: Reaktionen bei Volkswagen und Daimler-Benz / Der Ritt auf dem Tiger / Exkurs: das schnelle Ende des Diesel-Wankels / Der Anfang vom Ende der NSU AG

2.2 Turbulenzen im Weltautomobilbau 145

Kalifornische Trends / Sicherungsarbeiten am Automobil / Neue Optionen im Wankel-Abenteuer / "Fette Tante" kauft "Hüttenwerke" / Die Abgasgesetzgebung / General Motors / Die politische Schicksalsstunde / Ölpreiskrise / Die Rückkehr zur reinen Lehre / Der Diesel als Retter der konventionellen Technik

2.3 Showdown im VW-Konzern 199

KKM 871 / Unheilige Allianz / Ausklang

3. California Dreaming: Neues Spiel, neues Glück? 221

Rückschau / Neue kalifornische Regeln / Neuer Wein in alten Schläuchen: Formierung der Widerstände / Eine Allianz der Regionen

4. Nachweis über Absichten, Annahmen und Befunde: Die Automobilentwicklung als Institutionen-Genese 241

Prämissen / Prägung und Stabilität / Destabilisierung und Abwehr: Taktisches und strategisches Interesse / Das Automobil als Institution

Anmerkungen und Quellen 259

Interviewpartner und Archive 286

Personenregister 288

Eine Absicht dieses Buches ist, eine möglichst breite Leserschaft anzusprechen. Um dabei die unterschiedlichen Interessen und Vorkenntnisse zu berücksichtigen, sind die einzelnen Kapitel in ihrem Charakter recht unterschiedlich ausgefallen. Daher eine kleine Lesehilfe: Die Einleitung (1.1) ist so abgefaßt, daß zum Verständnis von Problemaufriß und Fragestellung keine spezifischen Vorkenntnisse notwendig sind. In Kapitel 1.2 wird ein Überblick zur technischen Entwicklung des Automobils gegeben. Die Darstellung verbindet die Beschreibung konstruktiver Details mit sozialwissenschaftlichen Interpretationen. Es ist aber weder eine Ausbildung als Ingenieur noch ein Abschluß in einem sozialwissenschaftlichen Fach zum Verständnis notwendig. Im Teil 2 wird Aufstieg und Fall der Wankelstory, der Hauptteil des Buches, als zeitgeschichtliches Ereignis dargestellt. Interesse an Industrie- und Automobilgeschichte dürften bei der Lektüre hilfreich sein. Im Kapitel "California Dreaming" (3) sind ebenfalls keine fachwissenschaftlichen Vorkenntnisse notwendig. Erst im letzten Teil (4) kommen die Freunde und Freundinnen wissenschaftlicher Textexegese auf ihre Kosten. Hier wird die übliche systematische und abstrahierende Mustererkennung betrieben. Für Leute ohne Kenntnis sozialwissenschaftlicher Technikforschung ist dies sicherlich kein spontaner Lesegenuß.

1. Das Maß der Dinge: Das Automobilverständnis

1.1 Einleitung: Die Welt ändert sich, der Motor bleibt? Inzucht-Engineering in der Autoindustrie

Der Duden, "das große Wörterbuch der deutschen Sprache", faßt unter dem Begriff "Inzucht" die "Fortpflanzung unter nahe verwandten Lebewesen" zusammen und verweist auf die umgangssprachliche Verwendung einer "durch allzu starke Isolierung" eingetretenen "völlig sterilen Atmosphäre".[1] Mit der Wortschöpfung "Inzucht-Engineering" die augenblickliche Lage der deutschen Autoindustrie und ihrer Produktpolitik beschreiben zu wollen, erscheint auf den ersten Blick kaum tauglich. Denn schon ein recht flüchtiger Blick in Tages- und Wochenzeitungen sowie Fachjournale offenbart eine bunte Vielfalt an neuen Überlegungen zum automobilen Fortschritt: Auf den Internationalen Automobil Ausstellungen (IAA) 1991 und 1993 zeigten sich die Autohersteller unisono sensibel gegenüber den ökologischen Problemen, die mit der Nutzung von Autos entstehen und demonstrierten auf ihren Ständen in Frankfurt neue Zukunftsautos, die kleiner, feiner und vor allen Dingen mit anderen Antrieben als mit schadstoffhaltigen Verbrennungsmotoren ausgerüstet waren. Neben den bekannten Standardmodellen der Serienproduktion konnten die Besucher kleine Stadtautos bestaunen, die von Elektromotoren oder zumindest von Hybridantrieben, einer Kombination aus klassischem Verbrennungsmotor und Elektromotor, angetrieben werden. Nahezu alle Automobilhersteller verfügen mittlerweile über eine kleine eigene Fahrzeugflotte mit neuen Antriebskonzepten, die von neuen Kraftstoffen für konventionelle Hubkolbenmotoren bis zu Versuchen mit Gasturbinen reichen.[2] Alternative Antriebskonzepte, speziell moderne, schön ansehnliche Elektromobile, scheinen auch bei Automobilnutzern "in" zu sein. Das Fachblatt Auto-Motor und Sport - weit entfernt von einer kritischen Grundhaltung gegenüber dem Automobil - fragte seine Leser nach der Bedeutung alternativer Antriebskonzepte und bekam immerhin von 86% der 126.000 teilnehmenden Leser zur Antwort, daß die Entwicklung solcher Konzepte wichtig sei. Die Befragten, zumeist Autofahrer, zeigten sich immerhin noch zu 6% bereit, ein Elektroautomobil zu kaufen, selbst wenn es bis zu 40.000 DM kosten würde.[3]

Eine im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr erstellte Studie taxiert das augenblickliche Potential für Elektrofahrzeuge auf fast 5 Millionen Einheiten und korrigierte damit frühere Zahlen, die maximal von 2,8 Millionen Fahrzeugen mit dieser Antriebsart ausgingen.[4]

Obwohl sich weltweit alle Hersteller auf den ersten Blick diesem Trend nicht verweigern, ergibt sich - bei Licht betrachtet -, gemessen an den Verlaut-

barungen in der Öffentlichkeit, ein bemerkenswert gebremster Elan bei der Realisierung fortschrittlich-alternativer Antriebstechniken. Der Wolfsburger VW-Konzern beispielsweise, der neben einem Öko-Diesel (konventioneller Turbo-Diesel mit Partikelfilter und Schwungnutzautomatik, mittlerweile als Serienantrieb erhältlich) einen Hybrid-Golf, einen "City-Stromer" als E-Mobil sowie mit der Zukunftsstudie "Chico" eine breite Palette von Konzepten anbietet, ließ mögliche Erwartungen gleich wieder dämpfen. Der Forschungschef machte nämlich "keinen Hehl daraus", "daß er den Elektro-Antrieb im Auto für ziemlich abwegig hält, solange beim konventionellen Antrieb noch nicht alles ausgereizt ist".[5] Henry Ford II, Gründer-Enkel und nach dem Zweiten Weltkrieg Chef der Ford Motor Company, hatte schon vor Jahren seinen Frust über den E-Antrieb, der den Autoherstellern schon seit Jahrzehnten immer wieder vorgehalten wird, ausgedrückt: "We have a tremendous investment in facilities for engines, transmissions, and axles, and I can't see throwing these away just because the electric car doesn't emit fumes".[6] "Alte Hasen", die schon lange mit dem Geschäft von Verbrennungsmotoren vertraut sind, winken beim erneuten Aufleben der Elektrotraktion zu Beginn der 90er Jahre nur müde ab: "Electric cars were promised by Ford in 1960, by GM in 1977 and again in 1990, incidentally in each case by the retiring president or chairman. Outsiders entered the field, too. In 1980 Gulf and Western heralded an Electric Engine with zinc and chlorine as the working mediums, demonstrated experimental cars, and drove them over tens of thousands of miles. Something must have gone wrong, through; the project was scuttled in 1983".[7]

Obwohl als Motorenlieferant aus der Formel 1 im Jahre 1993 mit der Begründung ausgestiegen, daß diese Art von Wettfahrten nicht mehr zeitgemäß sind, verkündete auch der Honda-Chef Kawamoto, daß sein Konzern zwar viel Energie für die Entwicklung neuer Verbrennungsmotoren-Generationen verwenden will, bei Elektromotoren hingegen werde man diese "Mode" nicht mitmachen. "Niemand kennt zur Zeit die richtige Basistechnologie für ein Elektro-Auto. Aber jeder baut mal so ein Fahrzeug".[8] Kurt Obländer, 1992 in den Ruhestand getretener Chef der Motorenentwicklung von Mercedes-Benz, nimmt in seiner ablehnenden Meinung gegenüber alternativen Antriebskonzepten kein Blatt vor den Mund. Von Alternativenergien als Kraftstoffe hält er "gar nichts" und beim E-Antrieb sieht er "viel Lug und Trug im Spiel."[9] Für die in dieser Frage nach zukünftigen Antriebskonzepten ja nicht ganz unbeteiligte Mineralölindustrie steht ehedem fest, daß mit den "bewährten Techniken" Dreiwege-Katalysator sowie durch einen Einsatz eines "Kohlekanisters" zur Reduzierung von Verdunstungen, die beim Tanken entstehen, das "Problem schädlicher Abgase ... schneller und besser beherrscht werden wird als durch die Entwicklung alternativer Kraftstoffe."[10]

Die Parade der Öko-Fahrzeuge also als Inszenierung möglicher, aber nicht ernsthaft erwogener Entwicklungspfade? Hinter den Fluren und noch nicht mal hinter vorgehaltener Hand gaben viele Industrievertreter zu, daß die Elektroautos, aber auch andere derzeit im Gespräch befindliche alternative Antriebstechniken, zur Zeit nur so groß herauskommen, "um die Verbraucher zu beruhigen". Zukunftsautos haben den Status von "Studien", die für die Verbraucher nicht erhältlich sind und die Kritiker bereits als "Verdummung der Öffentlichkeit" bezeichneten.[11] Zumindest in den USA - so Beobachter der Autobranche - muß der Verbraucher auch gar nicht beruhigt werden. Obwohl in der US-amerikanischen Medienlandschaft die Diskussion um das Für und Wider von Elektro-Automobilen einen breiten Raum einnimmt, fragt der amerikanische Automobilexperte Ken Gross: "Does anybody care?" "Environmentalists aside, there is still little popular interests in electric" - so Gross. "As long as cheap gasoline is available, there's really no incentive for most Americans to change from gasoline-powered cars, or even methanol or CNG (Gas) - fuel alternatives, to small, to slow, short ranged and expensive electrics."[12] Der US-amerikanische Vizepräsident Al Gore machte zwar 1992 mit seinem Buch "Earth in the Balance" Furore. Mit den Sätzen, "we are content to see hundreds of millions of automobiles using an old technological approach not radically different from the one first used decades ago in the Model A Ford", und der Kritik, "their cumulative impact on the global environment is posing a mortal threat to the security of every nation that is more deadly than that of any military enemy we are ever again likely to confront" wirbelte er durchaus Staub auf. Als er aber die komplette Eliminierung des Verbrennungsmotors "over, say, a twenty-five-year period" vorschlug[13], blieb nur noch ungläubiges Staunen. Der damalige Präsident George Bush, der ursprünglich selbst als ein "grüner Präsident" in die Annalen der Geschichte hatte eingehen wollen, fragte sein Wahlvolk: "What kind of people are we dealing with here?"[14]

In diese Landschaft passen Bemerkungen des Unternehmerberaters Gerd Gerken, der auch für Deutschland davon ausgeht, "daß der öko-ethische Trend aus den 80er Jahren", der eben jetzt erst die Autoindustrie erfaßt hat, "schon wieder vorbei ist": "Wir empfehlen den Firmen, die wir beraten, dringend, sich davon wieder zu verabschieden."[15] Es scheint, daß die Frage eines Wechsels der aktuellen Antriebstechnik im Automobil nicht ernsthaft erwogen wird.

Selbst der gegenüber den Problemen der Automobilnutzung als sensibel geltende Ex-VW-Markenchef Goeudevert verriet, als er noch in den Diensten des deutschen Autoherstellers stand, warum die "Öko-Welle" und die damit verbundene Frage nach neuen Antrieben, gerade erst angerollt, kaum noch als neuer Markt ernsthaft erörtert wird und wohl erst einmal gestoppt werden könnte: "Es gibt noch Millionen von Menschen, die auf individuelle Verkehrsmittel

warten, weil sie keine anderen Transportalternativen haben. Und im Osten ist noch ein riesengroßer Absatzmarkt. Da habe ich aktuell keine geschäftlichen Sorgen."[16]

Die Herausforderungen des Tagesgeschäftes scheinen in jedem Fall die Behandlung von grundlegenden Fragen nach neuen Antriebskonzepten stark zu beeinträchtigen. Während kurz nach dem Zusammenbruch der Nachkriegsordnung in Osteuropa die Mitarbeiter in den Forschungsabteilungen der Industrie befürchteten, daß ihre Konzeptarbeiten mit Blick auf die neuen Ostmärkte in der Priorität noch weiter nach hinten geschoben würden[17], wirken sich auch die umgekehrten Vorzeichen für die Mitarbeiter alternativer Antriebs- und Fahrzeugkonzepte dramatisch aus. Als sich die finanziellen Probleme des Branchengiganten General Motors (GM) zu einer existenzgefährdenden Krise zuspitzten, cancelte der neue Konzernchef Jack Smith als eine der ersten Maßnahmen mit dem Entwicklungsprogramm "Impact" wohl das in der Autoindustrie zur Zeit fortschrittlichste Konzept eines ausschließlich auf den Einsatz von E-Antrieben zugeschnittenen Automobils. Der Konzernleitung scheint es unter den gegebenen finanziellen Rahmenbedingungen opportun, einen mehrjährigen Entwicklungsvorsprung aufzugeben und statt dessen mit den Konkurrenten Ford und Chrysler nach einer billigeren, freilich auch konventionelleren Variante von Autos mit Elektroantrieb zu suchen.[18] Bei dem ebenfalls in finanziellen Turbulenzen steckenden VW-Konzern gehörte die mit viel Pressewirbel in Szene gesetzte Kooperation mit dem Schweizer SMH-Konzern zur Entwicklung eines alternativen Fahrzeugkonzeptes - "Swatch-Auto" - zu einem der ersten Opfer der "Investitionsstreckung" unter dem neuen Vorstandschef Piëch.[19] Nur kurze Zeit später, Anfang des Jahres 1994, verkündete der Konzernchef auch das Aus für den "Chico", einer vielbeachteten Kleinwagenstudie mit alternativen Antriebskonzepten, die dem Konzern noch 1991 bei der Weltpremiere sehr viel Beifall eingebracht hatte.

Offenbar führt unsichere Umfeldentwicklung in der Autobranche eher zur Konzentration auf das Kerngeschäft.[20] Jedenfalls setzen die Konzerne jenseits von Zukunftsstudien und Forschungsautos in der Serienentwicklung auf eine "Evolution" der bestehenden Verbrennungsmotoren als zentralem Element des Automobilkonzeptes. Stellvertretend für die Branche formuliert der Motorenentwicklungschef von Ford, Werner Kalkert, die Maxime: "Unser Entwicklungsschwerpunkt lag und liegt jedoch eindeutig auf der kontinuierlichen Verbesserung des Verbrennungsmotors". Er und seine Kollegen setzten daher auf Mehrventiltechnik, Turbo-Aufladung, Katalysatorentechnik und Leichtbauweise.[21] "Automotive Engineering", das Organ der Society of Automotive Engineers (SAE) kommt für die USA bei einer Untersuchung über zukünftige Entwicklungswege zum gleichen Ergebnis: "The automotive industry has deve-

loped promising alternative powerplants, but it appears that the conventional four-stroke SI Engine continues to dominate personal-vehicle propulsion applications."[22]

Hierbei ist nicht nur der hohe Grad an Konsens der Chefentwickler in einer so elementaren Frage bei einer ansonsten ja im harten marktkapitalistischen Konkurrenzkampf stehenden Autoindustrie erstaunlich. Bemerkenswert nimmt sich auch die Tatsache aus, mit welcher Sicherheit Entwickler und Konstrukteure - offensichtlich aus dieser großen Übereinstimmung heraus - die Definitionsmacht zukünftiger Perspektiven beanspruchen. Der Vorsitzende der VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik, Dr.-Ing. K. Rademacher, weiß nämlich, daß "die Fahrzeugingenieure bereits die nächsten Schritte, die sich aus den technologischen Möglichkeiten und den Anforderungen des Marktes und der Gesetzgeber ableiten lassen, (kennen). Wir wissen, wie man die Vorteile des Automobils weiter steigern wird und die natürlich auch vorhandenen Nachteile weiter verringern kann."[23] Dem Autojournal Auto-Motor und Sport sind natürlich schon die kommenden Trends bekannt: "Die Autos 2000 werden praktischer und sicherer, leichter und kürzer, höher und breiter sein", selbstverständlich aber mit Verbrennungsmotor ausgerüstet, die dann nach Herstellerangaben höchstens noch fünf Liter pro 100 Kilometer verbrauchen werden. Neuerdings ist man so hoffnungsvoll, sogar drei Liter Verbrauch prognostizieren zu können.[24]

Die zukünftigen Fahrzeugkonzepte, die nicht den Darstellungszwängen der Ökomobile unterliegen, sondern bereits im Rahmen der Vorentwicklung auf die Serienreife vorbereitet werden - wie beispielsweise der neue BMW Roadstar -, kommen daher auch völlig ohne alternative Antriebskonzepte aus. "Ein Elektroantrieb ist für den Roadstar nicht vorgesehen". Vielmehr soll auch dieses Fahrzeug mit einem konventionellen Verbrennungsmotor angetrieben werden.[25] Bei den neuerdings von Audi, Mercedes-Benz und BMW in die Planungen aufgenommenen "Minis", - "Vollwertautos", die speziell für den Stadteinsatz konstruiert werden -, spielen alternative Antriebe kaum noch eine Rolle. "Die Perspektiven müssen langfristig stimmen", heißt es dazu bei Mercedes-Benz: "Das Entwicklungspotential des Verbrennungsmotors ist noch lange nicht ausgereizt. Zieht man eine ganzheitliche Bilanz, dann könnte ein Auto mit drei Litern Verbrauch pro hundert Kilometer dem Elektroantrieb die Zukunft schwermachen."[26]

Diese vehementen Stellungnahmen für den Verbrennungsmotor als augenblickliche und zukünftige Antriebstechnik für Automobile überrascht um so mehr, da die Bilanz dieser Technik keineswegs so rundherum positiv ausfällt, wie es der weltweite Branchenkonsens vermuten läßt. "Wenn es eine technische Revolution beim Automobil je gegeben hat, so fehlt ihr bis heute das Finale", heißt es in einem Artikel des autofreundlichen Fachblattes Auto-Motor und

Sport.[27] Fritz B. Busch, Deutschlands wohl populärster Autotester und über jeden Vorwurf, ein Autofeind zu sein, erhaben, zieht im selben Blatt eine ähnlich kritische Bilanz: "Über die mehr als hundertjährige Geschichte des Automobils gesehen, (hat sich) doch ein Stillstand ergeben, ein Auf-der-Stelle-treten, ein Verzetteln in Eitelkeiten unter Verlust der Perspektive... Man hat sich in die Optimierung des Luftwiderstandes verbissen und in die daraus resultierende Steigerung der Fahrleistungen, verbunden mit einer wahren Degenerierung der Karosserieformen."[28] Der frühere Daimler-Benz Direktor und Leiter der Forschungsabteilung des Unternehmens, Hans Joachim Förster, bilanzierte schon 1988, daß der "Schwerpunkt der Automobilentwicklung in den letzten hundert Jahren ganz eindeutig in der Perfektionierung des technischen Gerätes, der Karosserie, des Motors, des Getriebes, der Radaufhängung, der Reifen, der Lenkung, der Bremsen usw." (gelegen habe). "Notwendigerweise hatte dabei die Optimierung nach technischen Gesichtspunkten Priorität, die Benutzer" - so urteilte der Ingenieur - "der Fahrzeuge mußten sich diesen technischen Zwängen unterordnen. Niedriger Kraftstoffverbrauch verlangte kleinen Luftwiderstand, also wurden die Abmessungen verkleinert, die Benutzung optimaler Wirkungsgrade des Motors verlangte vergrößerte Getriebebereiche, also wurde die Gangzahl erhöht, potentielle Mängel der technischen Geräte verlangten deren Überwachung, also wurden Kontrollinstrumente eingebaut... Im zweiten Jahrhundert der Automobilentwicklung muß sich die Technik stärker und ganz bewußt den Bedürfnissen und dem Verhalten der Menschen anpassen und unterordnen, die das Automobil nutzen oder von ihm betroffen sind."[29]

Zur Zeit muß indessen noch der Eindruck entstehen, daß die Konstrukteure im gemeinsamen Beäugen von Drehmomentkurven, Mitteldrücken, Höchstgeschwindigkeiten und PS-Zahlen der Konkurrenz die Orientierung ein wenig verloren haben. "Unbeirrt wird weitergewerkelt und geforscht. Milliarden an Forschungsgeldern gehen in jedes neue Modell...Was, fragt sich der Laie, haben hunderttausend Entwicklungsingenieure weltweit täglich acht Stunden über Jahrzehnte getan? Windkanäle und Computersimulation, Elektronik für Gemischbildungs- und Abgasregelung, alles für nur einen Fingerhut weniger Benzinverbrauch. Dann wiederum noch mehr Knautschzonen und Komfort, die neues Gewicht schaffen. Gespart haben die Ingenieure nach dem Ölschock von 1973 nur, um neuen Luxus zu ermöglichen. Am Ende steht die Nullbilanz."[30] Deutschlands populärstes Auto, der Golf, verbrauchte im Durchschnitt 8,6 Liter Kraftstoff pro hundert Kilometer, als er 1974 erstmals angeboten wurde. Die 1991 auf den Markt gebrachte dritte Generation dieses Wagens kommt damit nicht mehr aus und benötigt im Schnitt schon 9,6 Liter. Ähnlich ungünstig fällt die Bilanz im Flächenverbrauch aus: Der Golf I absorbierte eine Fläche von 6,0 qm, für den Golf III sind es schon 6,8 qm. Beim Fahrzeuggewicht sieht es

nicht anders aus: Ein 1972 angebotener Mercedes 280 SE brachte 1665 kg auf die Waage; der vergleichbare Mercedes aus dem Jahre 1990, der 300 SE, hat offenkundig so viel "Fortschritt" mit auf den Weg bekommen, daß er schon 2148 kg wiegt. Daß die Autos im Schnitt also nicht nur durstiger, schwerer und größer, sondern eben auch schneller geworden sind, überrascht kaum noch. Der Golf I erreichte 1975 162 km/h als Spitzengeschwindigkeit; mit dem Golf III kann man bereits über 225 km/h fahren. In Deutschland wurde darüber hinaus 1992 ein ganz eigenartiger Rekord aufgestellt: "Erstmals überschritt die Höchstgeschwindigkeit der 250 in Deutschland zugelassenen Modelle im Durchschnitt die Marke von 200 km/h."[31]

Sieht man sich die Entwicklung in den USA an, kommt man zu ganz ähnlichen Ergebnissen. Mit einer Gallone konnten 1940 immerhin im Durchschnitt 15,3 Meilen gefahren werden, 1950 reichte dieser Spritvorrat nur noch für 14,9 und 1969 gar nur noch für 13,7 Meilen.[32] Nach einer "grünen Welle" in den 70er Jahren mit geringeren Verbrauchszahlen geht auch hier der Trend wieder deutlich nach oben. Der durchschnittliche Verbrauch bei Neufahrzeugen lag im Jahre 1989 immerhin bei über 28 mpg, fällt aber seitdem wieder leicht ab. "The rate of improvement in fuel economy varied over the period, however. Significant gains were made during the early years, from about 1975 to 1981. More modest gains were made from 1981 to 1988, and declines occured from 1988 to 1991". Dies hängt unter anderem damit zusammen, daß die neu zugelassenen Fahrzeuge auch in den USA wieder leistungsstärker geworden sind. 1975 lag die durchschnittliche PS-Leistung aller Fahrzeuge bei 130 PS. Sie verringerte sich auf unter 100 PS im Jahr 1982, steigt seitdem jedoch kontinuierlich an und erreichte 1992 erstmals wieder den Wert von 1975. Die Autos sind zudem auch hier wieder schneller geworden. Benötigten die Neufahrzeuge in den Jahren 1980 bis 1982 durchschnittlich etwas über 14 Sekunden, um von 0 auf 60 Meilen pro Stunden zu beschleunigen, bewegte sich dieser Wert 1992 auf 11 Sekunden zu![33]

Kein Autohersteller bricht aus dieser Entwicklungslogik "stärker, schneller, schwerer" aus. Eine offensichtlich so in sich abgekapselte Entwicklung muß Verdacht erregen. Der oben schon zitierte Fritz B. Busch sprach ihn aus, "den Verdacht auf Inzucht" und relativierte gleichzeitig Erwartungen an die Kritik- und Regulierungsfähigkeit des vielbeschworenen Marktes: "Die Käufer spielen dabei die Rolle der nützlichen Idioten, die solche Spielchen finanzieren, anstatt durch Verweigerung zu bewirken, daß diese Entwicklungsgelder in jene Automobile gesteckt werden, die der Individualverkehr zum Überleben braucht."[34] Der BMW-Entwicklungsvorstand Reitzle illustriert diese These aus Sicht der Autoindustrie: "Unsere Automobile werden die Kunden magisch anziehen. Dafür sorgen wir."[35] Nur wenige Automobilvorstandsmitglieder trauten sich

bislang den Luxus einer eigenen abweichenden Meinung zu: Daniel Goeudevert, vielleicht nicht ganz zufällig geschaßter Markenvorstand bei VW, bezeichnete den augenblicklichen Trend zur Hochmotorisierung einmal als "perverse Entwicklung". "Das Nachfolgemodell eines Autos ist immer größer, stärker und schneller. Es bietet mehr Technik, mehr Ventile und mehr PS, mehr von allem. Aber ist es wirklich automobiler Fortschritt, wenn wir heute Familienlimousinen auf die Straße schicken, die so schnell wie die Rennwagen der 60er Jahre sind?"[36]

Dieser Befund muß um so mehr überraschen, als in allen industriellen Ländern die Spielräume einer ungebremsten automobilen Entwicklungswelle als begrenzt gelten. Die Abkühlung der Konjunktur in den meisten OECD-Ländern und eine noch in weiter Ferne liegende ökonomische Konsolidierung der osteuropäischen Staaten lassen die Grenzen in der zahlungsfähigen Nachfrage erkennen. Im Jahre 1991 standen den Kapazitäten im Weltmaßstab für die Produktion von Automobilen in Höhe von 71 Millionen Einheiten lediglich Nachfragen von 58 Millionen Fahrzeugen entgegen. Im Jahre 2000 wird der Ausbau der Produktionskapazitäten auf 78 Millionen Einheiten erwartet, während die Nachfrage auf lediglich 51 Millionen Einheiten taxiert wird.[37] Angesichts der weltweiten Probleme, die mit der Nutzung von Automobilen in Verbindung gebracht werden, muß die Fahrzeugindustrie in den nächsten Jahren zudem mit verschärften staatlichen Rahmensetzungen rechnen. Im Mittelpunkt der Kritik steht, neben dem exorbitanten Flächenverbrauch des automobilen Individualverkehrs, insbesondere der schadstoffhaltige Verbrennungsmotor. Während die Branche weltweit gemeinsam noch an der Kultivierung und weiteren Hochzüchtung dieser Antriebstechnik werkelt, erhielt der Staat Kalifornien von der US-Bundesbehörde EPA (Environmental Protection Agency) zu Beginn des Jahres 1993 die Genehmigung (waiver), neue, strengere Abgasgesetze zu erlassen, an dessen Ende gar ein sukzessives Verbot für Verbrennungsmotoren droht.[38] Auf der Grundlage des "California Clean Air Act" von 1987 wurde im Juli 1990 ein Stufenplan zur Einführung strenger Abgaswerte verabschiedet, der ab 1998 unter bestimmten Bedingungen die Autohersteller zwingen soll, 2% ihrer verkauften Pkws und Kleintransporter als "Zero-Emission-Vehicles" auszustatten. Fahrzeuge also, die keine der bekannten Schadstoffarten wie NOx, CH und CO emittieren, wobei nach Meinung der federführenden Behörde, dem California Air Resources Board (CARB), nach heutigem Erkenntnisstand nur Elektrofahrzeuge in Frage kommen.[39] Dieser Mindestanteil steigt im Jahre 2001 auf 5% und wird 2003 sogar auf 10% angehoben.[40] Bislang galt Kalifornien zwar als Trendsetter strenger Regulierungsgesetze, gleichzeitig herrschte in der Branche die Meinung vor, daß sich die besonderen kalifornischen Bedingungen nur abgeschwächt für andere Regionen verallgemeinern ließen und daß

daher nicht alles so heiß gegessen wie gekocht wurde. Mittlerweile sind aber einige Nordost-Staaten der USA unter der Führung von New York bereit, die kalifornischen Regeln zu übernehmen. Damit drohen über die 11% Marktanteile Kaliforniens hinaus etwa für 40% des US-amerikanischen Automarktes zur Jahrtausendwende Verbote für Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen.[41]

Sind also die zur Zeit angebotenen automobilen Antriebslösungen trotz der weltweiten Bemühungen um Mehrventiltechnik, Ventilhubverstellungen und elektronischem Motormanagement noch zeitgemäße Lösungen oder haben sich die Hersteller an technischen Basiskonstruktionen festgebissen, die den neuen Anforderungen nicht mehr gerecht werden können, da diese Antriebe noch deutlich den Zeitgeist des ausgehenden 19. Jahrhunderts verkörpern? Sicherlich erscheint die Autoindustrie auf den ersten Blick als supermoderne Branche. Gestählt im internationalen Konkurrenzkampf entsteht der Eindruck eines objektiven Innovationsdruckes, dem sich kein Hersteller entziehen kann. Ob aber auch das Produkt Automobil in seinen elementaren Technikelementen von diesem kapitalistischen Regelprinzip tangiert wird und nicht nur die arbeitsorganisatorischen und fertigungstechnischen Voraussetzungen oder die "Benutzeroberfläche" hiervon betroffen werden, muß zunächst einmal als offene Frage gelten. Reicht es daher tatsächlich aus, darauf zu hoffen, daß die zukünftig zu erwartenden Turbulenzen in der Umwelt der Autoindustrie die Hersteller zu einer grundlegenden Produktinnovation zwingen? Das allgemeine Verständnis vom revolutionären Verlauf der Dinge suggeriert ja, daß die Industrien ökonomisch nicht überlebensfähig bleiben, die nicht rechtzeitig auf veränderte Umfeld- und Umweltbedingungen reagieren, während nur die Hersteller dividendenfähig bleiben, die rechtzeitig die (veränderten) Zeichen der Zeit erkennen. "Die Technik mendelt sich heraus", so heißt es hierzu bezeichnenderweise im Selbstverständnis der Ingenieure.[42]

Damit ist die Frage gestellt: Wird die Autoindustrie in den kommenden Jahren die Antriebstechnik grundlegend reformieren, um die technischen Grundlagen der Mobilität an die geänderte ökonomische und ökologische Situation anzupassen? Oder sind die Strukturen der betrieblichen Innovationspraxis längst so verhärtet und "mineralisiert", daß mit dieser Autoindustrie ein Wechsel des technischen Kerns der Produkte nicht mehr möglich erscheint? Spielen in diesem Zusammenhang Ökomobile und Zukunftsstudien nur eine legitimatorische Rolle, um den gesellschaftlichen Druck auf die Hersteller abzubauen? Was sind also die innerbetrieblichen und strukturpolitischen Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchsetzung von Basisinnovation in einer streng strukturierten und formierten Branche? Bei der Suche nach Antwort auf solche Fragen fällt dem Betrachter ein äußerst interessantes Kapitel der Automobilgeschichte ins Auge. Aus dem rasanten Aufstieg und dem beinahe noch schnelleren Fall

der bislang prominentesten, erfolgreichsten "Alternative", des sogenannten NSU/Wankelmotors, dürften sich wertvolle Aufschlüsse auf die Innovationskraft der Autoindustrie ziehen lassen. Dabei handelt es sich keinesfalls um eine Art Wundermaschine, die mit Luft oder Wasser zu betreiben ist. Dennoch hätte die erfolgreiche Genese dieses Motors die Automobiltechnik um einen elementaren Bereich erweitert. Sozusagen als ein Stachel im Fleisch der Autoindustrie würde diese Antriebsalternative, eingebaut in einer Serienlimousine, für die weltweiten Konvergenzbemühungen der Branche in konstruktiven Grundfragen eine ständige Bedrohung bedeuten.

Die Lage scheint dennoch weiterhin ernst: "Wenn sich eine Branche der nötigen Metamorphose durch Erstarrung oder durch Scheinlösungen entzieht, wird sie zerbrechen, und die Entwicklung rollt über sie hinweg, so wie es im Laufe der Geschichte schon vielen Wirtschaftszweigen widerfahren ist."[43] Vor allzu großen Hoffnungen auf die Selbstheilungs- und Regulierungskräfte kapitalistischer Marktwirtschaften muß jedoch gewarnt werden, da die selbststabilisierende Wirkung von kartellartigen Formationen auch in ihren langfristigen Wirkungen nicht zu unterschätzen ist. "The Problem is that where economic power is concentrated in a few hands, the discipline of the classical competitive market is absent. The large corporations with fast resources and research facilities do not usually initiate fundamental innovations which compete with their existing capacity. Why should they? In the absence of sufficent competitive pressure, the large successful business protects what it has achieved. The risks and uncertainties of innovation are for hungry men who have much to gain and relativly little to lose."[44] Allerdings sind in der Automobilindustrie für solche "hungrigen", innovationsfreudigen Neueinsteiger große Markteintrittshürden zu überwinden. Die Automobiltechnik, so kritikwürdig die grundsätzliche Entwicklungsrichtung auch ist, hat mittlerweile einen funktionsstabilen Zustand erreicht, der mit einer engmaschigen Zulieferstruktur, einem hohen Stand an Fertigungstechnik und einem ausgereiften Vertriebsnetz für Produktion und Verkauf von Massengeräten eine Barriere darstellt, die für neue Hersteller kaum - höchstens im äußerst schmalen Marktsegment von teuren Sportwagen - zu überwinden ist, um mit neuen technischen Akzentsetzungen auf Kundenfang gehen zu können. Die besondere Situation der japanischen Autoindustrie einmal außen vor gelassen, konnten sich in Europa und Nordamerika nach dem Zweiten Weltkrieg keine neuen Hersteller von Pkws etablieren, während dafür insbesondere solche Anbieter wie Borgward, NSU oder Citroën, die für riskante Innovationsprojekte bekannt waren, ganz vom Markt verschwanden oder ihre unternehmerische Selbständigkeit einbüßten. Das Hoffen auf die Selbstheilungskräfte der Marktwirtschaft oder der sich quasi naturwüchsig "herausmendelnden" Technik erscheint schließlich nicht nur durch die in die moderne Massenproduktions-

weise eingebaute Dynamik und das Momentum begrenzt. Zudem operieren diese Regulierungsmodelle mit einer flexiblen Zweck-Mittel-Relation. Für einen genau definierten Zweck gilt es, die einzusetzenden Mittel zu optimieren; ändert sich der Zweck, müssen andere Mittel gefunden werden. Der Pkw als Mittel zur Erfüllung automobiler Zwecksetzungen der Jahrhundertwende sollte somit bei veränderten Bedingungen neu bewertet werden. Denn sicherlich sind nicht alle Voraussetzungen und Umstände noch aktuell, die um die Jahrhundertwende für die technischen Entscheidungen Voraussetzung waren. Was ist aber, wenn sich die letzten hundert Jahre des automobilen Fortschritts als eher umgekehrte Entwicklung beschreiben lassen, in der sich die Zwecke an das nicht mehr zur Disposition stehende Mittel angepaßt haben? Das Automobil ist längst zum großtechnischen System gereift, das zu seiner Funktionsfähigkeit den politischen Kompromiß zwischen Herstellern, Nutzern und staatlicher Reformplanung bedarf, um ein funktionsfähiges und weit verzweigtes Straßen-, Tankstellen- und Servicenetz, eine freundliche Abgaben- und Steuerpolitik sowie eine dem Auto immer die Vorfahrt sichernde Straßenverkehrsordnung zu garantieren. Hinzu kommt, daß es sich beim Automobil offenbar um ein Gerät mit einem hohen "Fetischcharakter" handelt. Dem Automobil wird ein "überschießender Bedeutungsgehalt" attestiert, die instrumentelle Funktion von einer "immateriellen Sinnschicht" überlagert, die einer rationalen Erörterung automobiler Probleme entgegensteht. Wünsche und Bedürfnisse der Kunden können zudem längst nicht mehr als autonome Eigengrößen gehandelt werden, sondern die Vorstellungskraft ist an eine ganz bestimmte technische Konfiguration gebunden. Schon kurz nach der Jahrhundertwende entstand dieses Verständnis vom Automobil. Eine Zelle auf vier Rädern, Platz für mindestens vier Personen und Gepäck. Zentrales Element: ein Hubkolben-Verbrennungsmotor, der hohe Endgeschwindigkeiten und eben auch durch die Nutzung der energiereichen Kohlenwasserstoffe eine bis dahin nicht gekannte Reichweite garantierte. Die Befreiung von räumlichen und zeitlichen Fesseln wurde damit für wenige möglich, stellte aber für viele einen attraktiven Weg dar. Seit diesen Tagen wird Automobil technisch mit diesem Konzept assoziiert.[45]

Staatliche Rahmensetzungen, die für die Bewertung von Mobilität erzeugender Techniken einen elementaren Stellenwert bilden, haben in den letzten Jahrzehnten zur Stabilität dieses Verständnisses von Automobilität erheblich beigetragen. Die Möglichkeiten des Umsteuerns scheinen daher begrenzt. Die von Kritikern und Verteidigern des Automobils gleichermaßen immer wieder als Referenz für die Möglichkeiten staatlicher Rahmenplanungen herangezogene US-amerikanische Gesetzgebung läßt zwar einerseits seit den letzten Jahren eine gewachsene Sensibilität für die verschiedenen Folgeprobleme des automobilen Individualverkehrs erkennen, die Ergebnisse zeigen aber auch, welche

Dominanz mittlerweile das Mittel auf die Zwecksetzungen hat und in welchem Maße die Autohersteller die Zwecksetzung beherrschen. Die Erfolgsbilanz selbst des strengsten staatlichen Regulierungsansatzes fällt daher recht mager aus: "In 1970 the Clean Air Act amendments called for a 90 percent reduction in the level of urban carbon monoxide, hydrocarbon and ozone, setting a 1977 deadline for achieving this goal... In 1977, with compliance not even in sight, the deadline was moved to 1982. And when that also was missed, the deadline was once more delayed, to December 31, 1987. Now with urban areas in which 100 million people breathe substandard air still in noncompliance, the 1990 amendments ot the Clean Air Act give some of these places another 25 years to comply - to meet the standard, if they can. Step by embarrassing step, because we are unwilling to adopt the measures that can prevent air pollution, enforcement of the laboriously constructed standards evolves into a distant hope."[46]

Inwieweit die Automobilindustrie in ihrer Produktpolitik von staatlichen Rahmensetzungen beeinflußt wurde bzw. diese selbst gestaltete und welche Möglichkeiten staatlichen Initiativen zum Anstoß neuer innovativer Projekte verbleiben, läßt sich mit dem Wankelmotor-Beispiel insbesondere in einer historischen Längsschnittanalyse erkunden. Hierbei sollte nicht aus den Augen verloren werden, daß Politik keinesfalls nur durch staatliche Organe betrieben wird. Politik, verstanden als gesellschaftliche Ordnungsfunktion, wird eben auch - und dies zeigte gerade die Automobilindustrie - von Akteuren gemacht, die dafür nicht die demokratische Legitimation besitzen. Nun ist es keineswegs so, daß die Herausforderungen an die Zukunft des Automobils, so wie sie sich zu Beginn der 90er Jahre darstellen, historisch einmalig wären. Löst man sich bei der Suche nach möglichen Zukunftsszenarien der Autoindustrie etwas aus dem politischen Tagesgeschäft, überrascht die Erkenntnis, daß Autogeschichte keineswegs als eine hundert Jahre alte ungebrochene Erfolgsstory zu beschreiben ist. Gerade in Deutschland, wo durchaus der Eindruck entstehen kann, daß das Bedürfnis nach dem Auto schon im genetischen Code der Bevölkerung verankert sei, mußte die Autoindustrie manche heftige Turbulenzen überstehen, ohne daß diese aber das Produkt Automobil in seiner Basistechnik verändert hätten. Um die Jahrhundertwende, als deutsche Konstrukteure und Industrielle weltweit automobiles Technik-Know-how verkauften, kam hingegen der heimische Markt zunächst überhaupt nicht in Gang. Vor und nach dem Ersten Weltkrieg lag das Deutsche Reich in der Relation Automobil pro Einwohner weit hinter den USA, Frankreich, Großbritannien und Italien zurück. Ende der 20er Jahre, als die deutsche Industrie mehrheitlich immer noch auf Kleinserien, vorwiegend für betuchte Kunden, fixiert blieb, potentielle Käufer weiterhin lieber Reichsbahn fuhren, war die Existenz der gesamten Branche ernsthaft gefährdet.

Firmen wie BMW oder Daimler-Benz überlebten nur in enger Verbindung mit dem Finanzkapital, und auch dort nur in Erwartung einer dann auch einsetzenden Rüstungskonjunktur.[47] Die sächsischen Anbieter DKW, Wanderer, Horch und Audi wurden ebenfalls unter der Federführung der Banken zur Auto-Union zusammengeschlossen, während die Familie Opel ihr Unternehmen an den Branchenprimus General Motors verkaufte. Große Konzerne wie AEG und Siemens gaben den Automobilbau ganz auf.

Staatliche Maßnahmen zur Massenmotorisierung aus imperialistisch-militärstrategischen und sozialpolitischen Motiven, von den Nationalsozialisten eingeleitet, verschafften der deutschen Industrie über einige Jahre nicht nur eine Art Sonderkonjunktur, sondern die rechtlichen, infrastrukturellen und strukturpolitischen Voraussetzungen für die Massenmotorisierung der späteren 50er Jahre. Fast wie Phönix aus der Asche, materiell und moralisch ohne tiefgreifende Schäden, stand im Nachkriegsdeutschland die Autoindustrie bereit, ihren Anteil am Wirtschaftswunder zu leisten, und lieferte nach den notwendigen Bestätigungen der infrastrukturellen Grundentscheidungen der 30er Jahre gegen Ende der 50er Jahre ihre Beiträge für eine lange expansive Wachstumsphase.[48] Nach kleinen rezessiven Schrammen 1966/67 markierte die vermeintliche Ölkrise 1973 erstmals und nachhaltig die Grenzen des Wachstums. Eine völlig neue Situation ergab sich aber nicht nur durch die plötzlich fehlende ökonomische Perspektive ungebremsten Wachstums. Ende der 60er Jahre setzte zunächst - ausgelöst vom beherzten Kampf des Verbraucheranwalts Ralph Nader gegen den Giganten General Motors - die Debatte um die bislang sträflich vernachlässigte Sicherheit der Automobile ein, die nur kurze Zeit später durch die aufkommende Diskussion um die Bedeutung der Autoabgase für die Smog-Bildung ergänzt wurde, um kurz danach von der im Zusammenhang mit der Ölpreiskrise ausgelösten Forderung nach einer drastischen Verbrauchssenkung der Fahrzeuge überlagert zu werden und die die Autoindustrie erstmals massiv in den Mittelpunkt öffentlicher Kontroversen stellte. Damit synchronisierten sich zu Beginn der 70er Jahre ökonomische und technische Unsicherheiten und lösten branchenintern erstmals eine heftige Sinnkrise aus, in der auch der bisher erreichte Technikstandard in Frage gestellt zu werden schien. "When the history of the automobile is written", bemerkte der scharfzüngige Automobilindustriekritiker John Jerome schon 1972, "scholars will necessarily focus careful attention on the crucial period of the late sixties and early seventies. During that period the largest industry the world had ever known - greater even than the war machineries which fed man's most consuming pastime - peaked out. The automobile industry began to die."[49] Plötzlich tauchten in den USA Schriften mit Titeln wie "Death of the Automobile" (Jerome), "Superhighway-Super Hoax" (Leavitts), "Autokind vs. Mankind" (Schneider), "Dead End" (Buels) oder

"Paradise Lost" (Rothschild)[50] auf und gaben Stoff für eine öffentliche und höchst kontroverse Debatte. John Volpe, Secretary of Transportation, stellte im März des Jahres 1969 fest: "America must now accept the fact, that the private automobile will not forever be the absolute monarch of our core cities". In der Tat konnte in New York mit dem Auto nur noch eine Durchschnittsgeschwindigkeit von sechs Meilen pro Stunde verzeichnet werden, während die Autofahrer 1917 noch mit über elf Meilen durch Big Apple gebraust waren. Plötzlich bemängelte alle Welt den schon seit Jahrzehnten sichtbaren und politisch auch durchaus so gewollten Niedergang des öffentlichen Personenverkehrs, der gleichfalls deutlich machte, wie tief verwurzelt mittlerweile das Automobil mit der amerikanischen Kultur war.[51] Während in den USA das Automobil als großtechnisches System bislang nicht ernsthaft diskutiert wurde, rückten die Otto- und Dieselmotoren als schadstoffhaltige und äußerst ineffiziente Antriebe in den Mittelpunkt der Kritik. Der kalifornische Senator Nicholas C. Petris entwarf schon 1967 eine Gesetzesvorlage, "that forbade the sale of cars powered by gasoline- burning internal combustion engines in the state after January 1, 1975."[52] "The internal combustion engine is on a collision course with the American people", stellte John Gardner, Secretary of Health, Education, and Welfare nur zwei Jahre später fest. Frank Stead, der Chef der "Environmental Sanitation" in Kalifornien, gab ebenfalls schon 1967 eine aus heutiger Sicht bemerkenswerte Prognose ab: "It is clearly evident, that between now and 1980 the gasoline-powered car must be phased out. The only realistic way to bring about this historic kind of changeover is to demand it by law in the public interest; that is, to serve legal notice that after 1980 no gasoline-powered motor vehicles will be permitted to operate in California."[53]

Diese Zitate deuten schon an, daß die heutigen Vorschriften zur Reduzierung der Verbrauchs- und Abgaswerte der Verbrennungsmotoren im Vergleich mit den radikalen Forderungen zu Beginn der 70er Jahre äußerst moderat erscheinen. Schrittmacherfunktion bei den Regulierungsversuchen übte schon damals Kalifornien aus. Mit dem 1963 beschlossenen sowie 1965 erstmals verabschiedeten "Clean Air Act" wurden verbindliche Standards für Emissionskontrollen definiert. 1965 verabschiedete die US-amerikanische Bundesregierung den "National Traffic and Motor Vehicle Safety Act", und schließlich 1975 den "Energy Policy Conservation Act" mit der "Corporate Average Fuel Economy" (CAFE) als Herzstück, wobei erstmals die gesamte Fahrzeugflotte eines Herstellers als Maßstab für die Verbrauchsmessung einbezogen wurde. Der amerikanische Automobilmarkt gilt aufgrund seiner quantitativen Ausmaße, der harten Konkurrenzbedingungen und der strengen politischen Abgas- und Sicherheitsgesetze als Maßstab für den Weltautomobilmarkt. Obwohl die tatsächlichen Verkaufszahlen der deutschen Hersteller auf dem nordamerikanischen

Markt selbst bei Mercedes-Benz kaum über 15% der gesamten Produktion stiegen[54], definieren die gesetzlichen Grundlagen dieses größten Marktes die Marksteine der staatlichen Regulierungspolitik weltweit. "USA is the olympics of the auto industry. If you can't play there, you can't play anywhere", so der ehemalige Vertriebschef der Daimler-Benz AG für Nordamerika.[55]

Selbst im neu formierten Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) konnte man sich diesen amerikanischen Debatten nicht entziehen und stellte in den "Grundsätzen des Bundesministers für Forschung und Technologie für die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Kraftfahrzeug- und Straßenverkehrstechnik" bereits 1973 fest, "daß die heute fast ausschließlich mit Verbrennungsmotoren ausgerüsteten Kraftfahrzeuge" ... "durch unwirtschaftliche Ausnutzung der Kraftstoffe in hohem Maße die Energiereserven auf Mineralölbasis (belasten)" und zu "Umweltbelastungen durch schädliche Abgasbestandteile wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Ruß und Blei sowie Lärmentwicklung" führen. Als langfristige Zielsetzung schlugen die Ministerialbeamten schon damals die "Entwicklung und Erprobung von Antriebssystemen mit unkonventionellen Kraftstoffen", die "technische Weiterentwickung und Erprobung von Elektroantrieben" und die "Untersuchung und Erprobung von Antrieben mit äußerer Verbrennung, unter anderem nach dem Stirling- und Rankine-Prinzip"[56] vor.

Diese Zeit der extremen wirtschaftlichen, politischen und technischen Herausforderungen zwang daher auch die deutsche Industrie zu einer Phase des Selbstvergewisserns und der Neu-Positionierung. Das sich abzeichnende Auslaufen der Käfer-Ära steuerte noch zusätzlich die entsprechende Symbolik für das Ende einer langen Prosperitätsphase bei, auch wenn VW-Chef "König" Nordhoff noch kurz vor seinem Tod 1968 in weiser Voraussicht prognostizierte, daß der Käfer "noch sehr lange gebaut wird."[57] Auch die über viele Jahre herrschende Arroganz der Hersteller gegenüber den Kundenwünschen veränderte sich. Lange Jahre hatte beispielsweise bei Daimler-Benz die Devise geherrscht: "Wir verstehen mehr von Autos als unsere Kunden, daher bauen wir, wie wir es für richtig halten, um ihnen das Beste zu bieten"[58].

Es war schließlich auch die Zeit der plötzlich auftauchenden Bemühungen um eine Zukunftsvorsorge. Forschungseinrichtungen wurden aufgebaut und die bislang nur für Technik zuständigen Vorstandsressorts erhielten das modische Etikett "F&E".

Neben der Diskussion um zukünftige strategische Geschäftsfelder erhielt die Suche nach neuen Antriebstechniken eine Top-Priorität. Die heute wie fest zementiert erscheinende Entscheidung, auch zukünftig auf den klassischen Hubkolben-Verbrennungsmotor zu setzen, wurde zu dieser Zeit - zumindest vordergründig - erheblich offener diskutiert. "Es ist heute nicht zu übersehen, ob

unsere Motoren noch die idealen Antriebsmaschinen sein werden", formulierte der oben bereits zitierte Chef der neuen Forschungsabteilung der Daimler-Benz AG 1971 zu Beginn seiner Amtszeit quasi als einen programmatischen Eckstein im Rahmen der Diskussion um die Zukunft des Automobils. "Weltweit (hat) die Suche nach Alternativantrieben für das Fahrzeug eingesetzt. Neben den rein elektrischen Antrieben", so Förster zu Beginn der 70er Jahre - "kommen vor allem solche Kraftmaschinen in Frage, bei denen der Kraftstoff kontinuierlich verbrannt wird. Das sind Gasturbine, Stirlingmotoren und Dampfmotoren."[59]

Damals, Ende der 60er Jahre, waren die Verhältnisse aber nicht zuletzt auch deshalb andere als heute, weil es bei einem nur angekündigten Interesse an neuen Antrieben nicht blieb. Das Jahr 1967 hatte der Autoindustrie nicht nur die Vorboten einer ökonomischen Rezession und den Auftakt zu kritischen Technikdiskussionen gebracht, sondern die Weltpremiere eines zum konventionellen Hubkolbentriebwerk alternativen Antriebskonzeptes, eingebaut in einem Serienautomobil: Die vergleichsweise kleine schwäbische NSU AG, mit einer langen Tradition im Zweiradgeschäft, verfügte offenbar als Branchenaußenseiter über genügend Distanz zu den eingefahrenen Denk- und Handlungsroutinen der übrigen Hersteller und über genügend Mut, um mit der Limousine Ro80 nicht durch ein revolutionäres Designkonzept in die Phalanx der etablierten Konzerne einzubrechen, sondern dieses Automobil auch noch mit dem nicht weniger revolutionären Antriebskonzept auszurüsten. Ein Kreiskolbenmotor, nach dem Konzept- und Ideengeber Felix Wankel auch Wankelmotor genannt, der zwar auch nach dem traditionellen ottomotorischen Verbrennungsprinzip funktionierte, allerdings die notwendigen energetischen Umwandlungsprozesse nicht mit einem konventionellen Hubkolbentriebwerk, sondern mittels eines in einem feststehenden Gehäuse rotierenden Kolbens erreichte, versetzte die Autoindustrie weltweit in erhebliche Vibrationen. Denn damit schien endlich - so wurde in der Öffentlichkeit spekuliert - auch im automobilen Sektor die Ablösung des mechanisch äußerst aufwendigen und komplizierten Hubkolbentriebwerks möglich. Hohe Laufkultur, also ruhiger, angenehmer Motorenlauf, bei extrem kompakter Bauweise als herausstechende Eigenschaften der neuen Maschine deuteten an, daß es möglich war, auch mit anderen technischen Lösungen als der seit vielen Jahren ausschließlich verwendeten Triebwerksbauweise Motoren zu realisieren. Verstärkt wurde die Unruhe durch die Ankündigungen von General Motors im Sommer 1972, seine Fahrzeuge zukünftig auf diese Rotationskolbenmotoren umzustellen, was einem branchenweiten Trendwechsel in der automobilen Basistechnik gleichgekommen wäre. Der Gigant aus Detroit, dem jahrelang vorgeworfen worden war, wichtige technische Meilensteine verschlafen oder gar bewußt gegen technische Innovationen obstruiert zu haben, dachte mit der Einführung des Kreiskolbenmotors nach der Bauart NSU/Wankel gleich

mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen zu können. Das Triebwerk versprach nicht nur hinsichtlich der Forderung "small is beautiful" durch die kompakte Bauweise mehr konstruktive Perspektiven, sondern galt zu dieser Zeit als einziges Verbrennungsmotorenkonzept in Serienreife, daß die seinerzeit gültigen staatlichen Abgaswerte in allen Schadstoffklassen zu erfüllen versprach.[60]

Trotz einer zunächst sehr ablehnenden Haltung der Branche Anfang der 60er Jahre - NSU hatte als eine Art Konzeptstudie einen kleinen Sportwagen "Spider" mit dem Motor als Kleinserie aufgelegt -, unterzeichneten bis Mitte der 70er Jahre doch alle bedeutenden Hersteller in Deutschland, Westeuropa, Japan und Nordamerika Lizenzverträge für den möglichen Einstieg in die Produktion.[61] Aber schon Ende der 70er Jahre erklärten fast alle Hersteller das Projekt Kreiskolbenmotor dennoch als gescheitert. Die Unternehmensleitungen bemühten sich dabei, eine möglichst rationale Begründung für diesen so kollektiven Ausstieg zu finden. Von zu hohen Fertigungskosten, hohen Schadstoffgehalten, ungünstigen Verbräuchen und einer unbefriedigenden Lebensdauer war die Rede. Als einziger entzog sich der japanische Mazda-Konzern diesem Verweigerungskartell und bietet mit dem RX-7 bis heute nach wie vor einen Sportwagen mit Kreiskolbenmotor an. Das Unternehmen kündigte sogar an, auch zukünftig mit dem Einsatz von Wasserstoff die spezifischen Vorteile dieses Motorenkonzeptes mit Hinblick auf die strengen kalifornischen Abgasauflagen auszubauen. Mazda führt so seit Jahren mit der erfolgreichen Serienproduktion vor, daß dieser Motor einsatzfähig ist und Eigenschaften besitzt, die ihm von der etablierten Zunft strikt abgesprochen wurden. Erste Hinweise dafür, daß es ganz so rational - wie es die Industrievertreter immer wieder gern betonen - in der Autoindustrie und speziell im Motorenbereich doch nicht zugeht.

Bei einer in technischen Kernfragen so homogen agierenden Industrie verursacht ein völlig anderes Konzept offenbar extreme "Abstoß-Reaktionen". Hierüber wird jedoch öffentlich in einer um hohe Effizienz bemühten Branche nicht gesprochen. Nur wenige Aussagen hochrangiger Ingenieure lassen sich finden, die bereit sind, die konventionelle Technikgeschichtsschreibung um einige soziale Akzente zu erweitern. Ein Vorstandsmitglied des M.A.N.-Konzerns fand anläßlich eines Vortrages im Deutschen Museum zur Beschreibung wichtiger Kennlinien im Motorenbau einmal andere Begriffe: "Die Dampfturbine rottet die Kolbendampfmaschine fast völlig aus und hindert den Dieselmotor daran, in das Gebiet der großen Kraftwerke einzudringen. Im Kampf um die großen Leistungen wird sie unbestrittene Siegerin und erobert das Gebiet bis heute eindeutig... Und dann kommt in den letzten Jahren die Gasturbine und beansprucht Lebensraum für sich. Es entsteht ein Wettstreit zwischen Dampfturbine und Gasturbine... Man könnte ihn als einen Familienkrach im Hause der Tur-

binen ansehen". Aber "über solche Dinge spricht man nach außen nicht allzu viel."[62]

Der NSU/Wankelmotor repräsentierte damit in einer elementaren Frage der Autotechnik das bislang letzte in Serie angebotene Alternativ-Projekt. Aufstieg und Fall des Motors scheinen daher wie kein zweites Projekt in der Automobilgeschichte dazu geeignet, die grundlegende Innovationspraxis und Innovationsfähigkeit der Autobranche zu untersuchen und Aufschlüsse über die soziale Dynamik zu bringen, mit der die Technik des Verbrennungsmotorenbaus offenkundig seit hundert Jahren so erfolgreich "eingefroren" bleibt. Eine Darstellung der industriellen Verteidigungs- und Abwehrlinien dürfte damit auch Aufschlüsse erbringen, in welcher Weise die Autoindustrie mit veränderten Umfeldentwicklungen umgeht und inwiefern hierbei der kultivierte Technikbestand tatsächlich zur Disposition gestellt werden kann. Das Scheitern des NSU/Wankelmotors läßt aber auch vermuten, daß es der Branche durch weltweite interne Abstimmungs- und Verständigungsprozesse offenkundig bislang immer gelungen ist, dem erreichten Technikstand gegenüber kritische Entwicklungen zurückzudrängen und die von den verschiedenen staatlichen Ebenen eingeleiteten Regulierungsansätze mit den eigenen Interessen zu kompatibilisieren. Die überragende ökonomische und infrastrukturelle Bedeutung, die der Autoindustrie für die entwickelten Volkswirtschaften der industriellen Kernländer zukommt und die gleichermaßen auf die Nutzung dieses Verkehrsmittels zurückgeführten Zerstörungen natürlicher und sozialer Umwelten, läßt die Fragen nach den Innovationspotentialen der Branche zu einem strategischen Feld gesellschaftlicher Modernisierung werden.[63] Der Antriebstechnik kommt in dieser Frage eine Schlüsselstellung zu, sie bildet nach dem Selbstverständnis der Konstrukteure und Ingenieure den "technischen Kern" des Produktes Automobil, obwohl in der Präferenz der Kunden die motorischen Eigenschaften "hohe Geschwindigkeit" und "starker Motor" mittlerweile weit hinter den Wünschen nach "hoher Fahrsicherheit" oder "hoher Wiederverkaufswert" landen.[64] Automobile werden um den Motor herumgebaut. Eine Änderung des Motors würde auch eine Änderung des konstruktiven Grundaufbaus des Autos bedeuten. Fahrzeuge, die ganz für die Nutzung der Elektrotraktion ausgelegt wären, kämen - so aus Sicht der Elektrotechnik - eher einem "PC auf Rädern" gleich.[65]

Die Eigenschaften dieser Motortechnik, insbesondere die hohe Reichweite durch die Verwertung der hochenergetischen flüssigen Kohlenwasserstoffe, werden von der Automobilindustrie als ein zentraler Prüfstein für alternative Antriebsarten wie beispielsweise dem Elektromotor gehandelt. Denn steht erst einmal die Frage der Ablösung der in ihren grundlegenden Prinzipien über hundert Jahre alten Antriebstechnik auf der Tagesordnung, dürfte damit auch insgesamt die Fahrzeugtechnik einer kritischen Bewertung unterzogen werden. Gene-

rell ist daher zu fragen, ob bei dieser weltweiten Bedeutung des Hubkolben-Verbrennungsmotors die Austarierung der Zweck-Mittel-Relation noch stimmt. Kann zukünftig auf die internen "Innovationsarsenale"[66] der Autoindustrie gesetzt werden, um den objektiven Veränderungsdruck aufzufangen, oder müssen externe Mechanismen greifen, um die Mobilitätsbedürfnisse des ausgehenden 20. Jahrhunderts nicht mehr mit technischen Mitteln des 19. Jahrhunderts zu lösen? Inwieweit ist die Durchsetzung neuer Antriebe überhaupt an die Veränderungen des bisherigen Verständnisses von Automobilität gebunden? Wie lange hält der politische Kompromiß zwischen Herstellern, Nutzern und staatlichen Akteuren, der für die Funktionsfähigkeit des Automobils elementare Voraussetzung ist?

Im nächsten Kapitel werden hierzu einige wichtige Entstehungs-, Entwicklungs- und Stabilisierungsphasen der Fahrzeug- und Antriebstechnik skizziert. Bemerkenswert aus heutiger Sicht ist das harte Ringen um das richtige Antriebskonzept in den Jahren um die Jahrhundertwende. Die Verwendung der ersten motorischen Kutschen zu Renn- und Repräsentationsfahrten aristokratischer und industrieller Kreise sollte schließlich nicht nur das Verständnis von Automobil als einer "Rennreiselimousine" prägen, sondern auch ganz bestimmten technischen Konfigurationen zum Durchbruch verhelfen, an zentraler Stelle dem Hubkolben-Verbrennungsmotor. Diese Bedeutung des Automobils ist bis heute stabil geblieben. Die Gründe liegen unter anderem in einer sehr frühen Festlegung der Hersteller auf genau diese technische Konfiguration, die zum großtechnischen System ausgeweitet, auch politisch gesichert und mit den Methoden der Massenproduktion millionenfach multipliziert wurde.

Teil 2 beschreibt in drei großen Schritten den Versuch der NSU AG, mit einem neuartigen Antriebs- und Fahrzeugkonzept dieses weltweit dominante Verständnis aufzubrechen. Die frühen Hintergründe aus den zwanziger und dreißiger Jahren werden skizziert, insbesondere wird auf die zum Teil recht naive Innovationspolitik des NSU-Vorstandes eingegangen, die eine frühzeitige Einbindung des Projektes in eine solide industrielle Trägerschaft verhinderte. Die staatliche Regulierungsoffensive in den USA eröffnete der neuen Antriebsoption unter veränderten Rahmenbedingungen plötzlich neue Perspektiven und zwang selbst den Branchenführer General Motors zum Kauf von Lizenzen. Allerdings fehlte ein strategisches Interesse, der Branche sollte es schließlich nur darum gehen, kein technisches Referenzprojekt entstehen zu lassen, mit dem ein neues staatliches Regulierungsmuster hätte etabliert werden können. Wie es dem VW-Konzern aber dennoch gelang, über Jahre Linzenzeinnahmen zu kassieren, ohne das Projekt aber selbst substantiell zu fördern und mit Rückgriff auf Kostenargumente die Serienfreigabe einer "zweiten Generation" des neuen Antriebssystems immer wieder zu verhindern, parallel aber sündhaft teu-

re andere Antriebsprojekte aufzulegen, wirft sicherlich einmal ein ganz anderes Licht auf die aktuelle Kostenkrise des Konzerns. Schließlich wird auf die neuen kalifornischen Regulierungsinitiativen eingegangen, da hier erneut ein Versuch zur Begrenzung der Bedeutung des Hubkolben-Verbrennungsmotors von staatlicher Seite unternommen wird, der NSU/Wankel vielleicht eine Renaissance erlebt, die Automobilindustrie aber ebenso wieder auf Gegenwehr schaltet. Das Ergebnis ist freilich dieses Mal noch offen. Abschließend findet sich in Kapitel 4 der Nachweis über den theoretisch-konzeptionellen Hintergrund der Arbeit sowie ein Versuch, einige Aspekte vom Aufstieg und Fall dieser Antriebsalternative in einer allgemeineren Form zu verdichten und zu deuten. Der Grad der Übertragung bleibt aber angesichts der besonderen Bedeutung und besonderen Verfassung des Weltautomobils sehr begrenzt und damit auch die Reichweite wissenschaftlicher Theoriebildung sehr eingeschränkt.

1.2 Die Erzeugung einer Berechtigung besonderer Art: Der Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentrales Element des Automobils

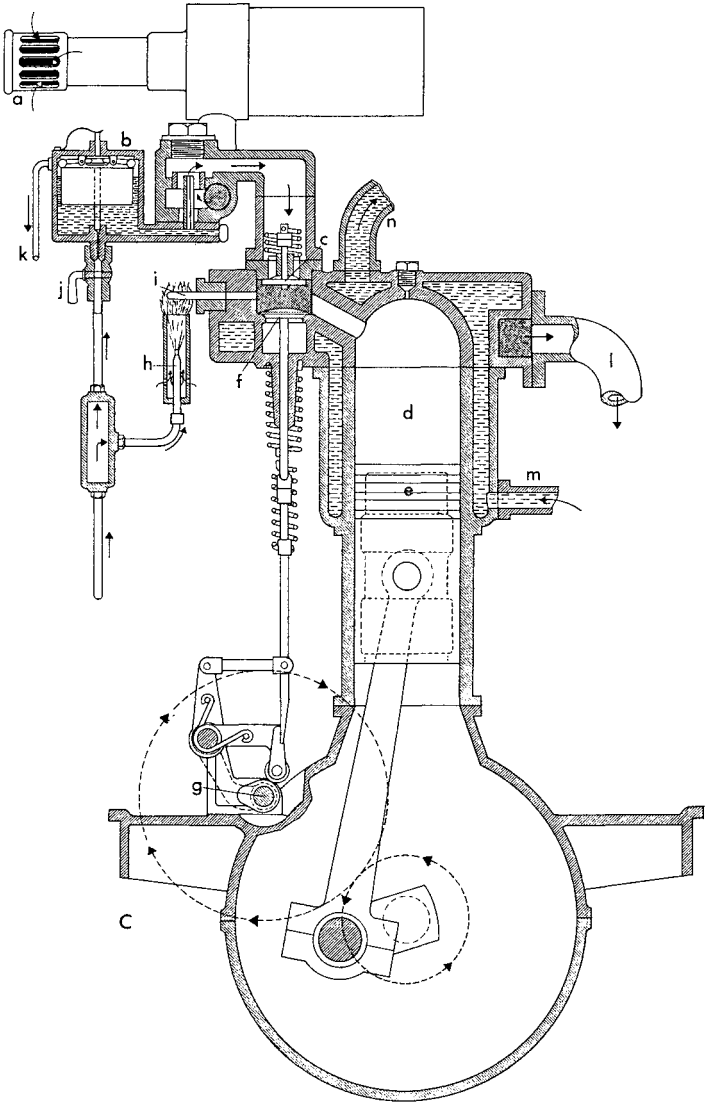
Zweifelhafte Erfolgsbilanz

"In den letzten 100 Jahren hat das Automobil unsere Welt verändert, teilweise sogar entscheidend geprägt... Eines jedoch ist geblieben: Es ist der Verbrennungsmotor, der das Auto mobil macht."[1] Selbst führenden Entwicklungsingenieuren ist die bisherige Dominanz des klassischen Hubkolben-Verbrennungsmotors mit otto- oder dieselmotorischem Verbrennungsprinzip als zeitloser Antrieb durchaus bewußt. Der Motor ist - wie einleitend schon betont - nicht irgendein Teil des Automobils. Er ist im Verständnis aller Autokonstrukteure das "Herz". Selbst Bert Brecht, der sich von der Faszination Auto verführen ließ, sprach vom Motor als dem "denkenden Herz".[2] Die Motorenleute verfügen auch heute noch, in einer Zeit, in der für die Mehrzahl der Autokäufer die Motorenfrage längst hinter andere automobile Kennwerte auf der Präferenzliste deutlich zurückgefallen ist[3], über eine ungeheure Definitions- und Durchsetzungsmacht im betriebsinternen Gefüge der Hersteller. Vorstandsmitglieder klagen häufig, daß gerade in der Motorenfrage "viel Irrationales hängt" und die Konzeption von Motorenprogrammen häufig an knallharten Kostenkalkulationen vorbei durchgesetzt werden kann. Der Motor drückt die Identität eines Unternehmens aus. Nationale und internationale Kooperationen oder Allianzen, mittlerweile in allen technischen Gebieten auf der Tagesordnung, sucht man für Motoren der Serienentwicklung fast vergebens, denn bei diesen Fragen geht es - so ein BMW-Entwickler - "ans Eingemachte."[4] Lediglich bei den nach wie vor noch nicht ganz salonfähigen Dieselaggregaten sind einige Hersteller zum vorübergehenden Zukauf fremder Aggregate bereit. Als 1975 der damalige Ford-Präsident Lee Iacocca in einer verzweifelten Suche nach kleinen, sparsamen Kompaktautos mit Honda einen vorteilhaften Deal über die Lieferung geeigneter Aggregate schon fast unter Dach und Fach hatte, kippte Firmenchef Henry Ford II das Geschäft mit den Worten: "No Jap engine is going under the hood of a car with my name on it."[5] Mitte der 70er Jahre bot der japanische Mazda-Konzern seinem damaligen Lizenzgeber Audi NSU Kreiskolbenmotoren zum Einbau in neue Audi-Modelle an. Die Japaner erhielten aber lediglich eine äußerst unterkühlte Absage: "Die Motoren bauen wir immer noch selbst!"[6] Letztlich verzichtete die VW-Tochter lieber ganz auf den Einbau von Kreiskolbenmotoren, als fremde Aggregate zukaufen zu müssen. Der Aggregate-Chef des VW-Konzerns kann sich heutzutage in der internationalen Automobilszene zwar vieles an Kooperation ausmalen, daß aber einmal ein FIAT-Motor in einen VW eingebaut wird, bleibt unvorstellbar.[7]

Der Antriebsbereich der Automobile erhält offenbar den Status eines heiligen Refugiums. Selbst die Deutsche Shell mußte in einer eigenen Analyse über das Thema "Auto und Umwelt" feststellen, daß zwar das Automobil zum unentbehrlichen Bestandteil des modernen Lebens geworden und sein Besitz eng mit Wirtschaftswachstum und Wohlstand verbunden ist, daß es daher aber "um so bemerkenswerter ist, daß sein Antriebsaggregat, der Verbrennungsmotor, im Grunde noch genau so arbeitet wie schon vor hundert Jahren."[8]

Angesichts der Tatsache, daß alle Automobilhersteller weltweit an Verbrennungsmotoren festhalten, ist man zumeist geneigt anzunehmen, ein solcher "Siegeslauf" ist in erster Linie grundlegenden technischen Vorteilen gegenüber anderen Motorkonzepten zu verdanken. Es fällt aber äußerst schwer, dem Verbrennungsmotor diese, quasi zeitlose Überlegenheit zu attestieren. Als zum Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts sich die ersten Automobilbauer dazu entschlossen, einen Hubkolbenmotor in ihre kutschenähnlichen Fahrzeuge zu montieren, konnte dem bis dahin vorherrschenden, aber nur stationär eingesetzten Gasmotor zwar eine Ortsbeweglichkeit abgerungen werden, es änderte sich aber auch der ganze Betriebshabitus dieser Wärmekraftmaschine.
Obwohl ursprünglich dafür gar nicht vorgesehen, wurden dieser Technik nun plötzlich die für mobile Verwendungen fast zwangsläufig entstehenden wechselnden Antriebsleistungen in sehr unterschiedlichen Drehzahlbereichen abverlangt. Bei der Konstruktion war man weitgehend der Dampfmaschine treu geblieben, "nahm die Kurbelwelle und das immer größer und lauter werdende Hammerwerk der Ventile in Kauf, um den kompakten Ort der Verbrennung zu behalten."[9] Erst eine Reihe von "technischen Krücken ermöglichte ihm zum Ende des 19. Jahrhunderts überhaupt das Laufen in einem Auto."[10] So kann ein Verbrennungsmotor allein nicht starten, sondern benötigt immer eine zweite, zusätzliche Kraftquelle. Diese Antriebstechnik gibt darüber hinaus ihre Leistung nur "sprunghaft" ab. Weil das Arbeitsmedium Gas immer neu zusammengestellt, gemischt, gezündet und verbrannt werden muß, kann der durch die Verbrennung erzeugte Druck nicht kontinuierlich und mit höheren Drehzahlen entsprechend steigend auf die Antriebswelle der Räder abgegeben werden. Erst der Einbau eines Drehmomentwandlers, auch Getriebe genannt, ermöglicht durch mechanisch zugeschaltete, variable Übersetzungsschritte, daß mit steigender Drehzahl noch genügend Antriebskraft zur Verfügung steht. Das zwangsläufige Zusammenspiel von Kurbelwelle und Ventileinstellung ist zudem auf einen einzigen "Bestwert" getrimmt, nur in einem sehr schmalen Drehzahlbereich kann eine befriedigende Kombination von Leistung, Verbrauch und Schadstoffausstoß erreicht werden. In der Regel läßt sich der Lauf von Verbrennungsmotoren aber kaum auf diesen schmalen Grad begrenzen, die Motoren arbeiten deshalb im Alltagsbetrieb häufig nur suboptimal, und der bei wassergekühlten Otto-

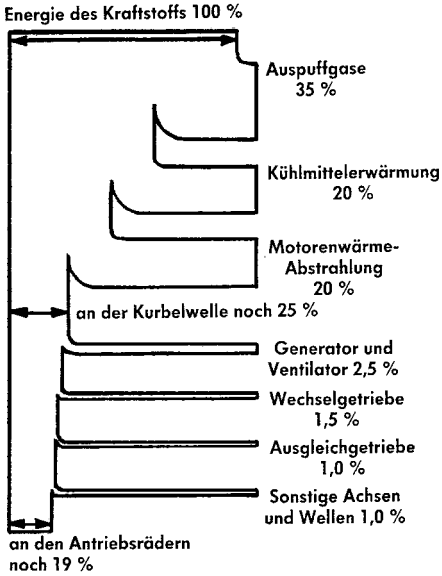
Abbildung 1: 4-Takt-Verbrennungsmotor von 1897



Quelle: Strandh, S., Die Maschine, Freiburg 1980, S.145

motoren schon sehr geringe Wirkungsgrad von kaum 20% fällt in diesen Betriebsbereichen noch weiter ab.

Abbildung 2: Energiebilanz eines Verbrennungsmotors



Quelle: mot-spezial, Alles über Motoren, November 1989, S.52

Maßnahmen, wie die zur Zeit in Mode gekommene Vierventiltechnik - in früheren Jahren begnügten sich die Konstrukteure mit jeweils zwei Ventilen pro Zylinder zur Bewerkstelligung des Gaswechsels -, wirken in ihren positiven Effekten ebenfalls nur auf eng begrenzte Betriebsbereiche. Ihre negativen Auswirkungen, wie in diesem Fall Probleme der Kraftabgabe in unteren Drehzahlbereichen, müssen dann mit einem hohen mechanischen Aufwand - zur Zeit verfolgt man aufwendig konstruierte variable Ventilsteuerzeiten und Schaltsaugrohre - neutralisiert werden.

Bisweilen wird selbst in Fachkreisen der Hubkolbenmotor als "eine höchst unnatürliche Bauart" angesehen, da der "Kolben hin und her bewegt, d.h. immer wieder abgebremst, zum Stillstand gebracht und in der entgegengesetzten Richtung beschleunigt" werden muß.[11] In diesen überaus engen konstruktiven Korridoren blieben daher wirklich grundlegende Veränderungen der Fahreigenschaf-

ten aus. Angesichts dieser Mängel erscheinen alle Maßnahmen, die bislang für die bessere Verbrennung und Kraftstoffnutzung getroffen wurden, fast wie Hilfsmittel, um das in ökologisch-sozialen Umweltdruck geratene Auto attraktiv zu halten. Dies scheint auch bitter nötig, wenn man die mit der Nutzung von Automobilen entstehenden Schadstoffe betrachtet: Allein 71% der Gesamtemissionen an Kohlenmonoxid (CO) werden in den 80er Jahren dem Straßenverkehr zugeschrieben, bei Stickstoffdioxid (NO_2) sind es 63% und bei Kohlenwasserstoff (HC) immer noch 47%. Trotz Einsatz von Filter- und Katalysatorentechnik ist der Fahrzeugverkehr damit zu einem der größten Umweltprobleme unserer Zeit geworden. Der Einsatz von modernen Werkstoffen, neuen Fertigungsverfahren oder auch der elektronischen Kennfeldregelung haben zwar Fortschritte beim Leistungsgewicht, spezifischen Kraftstoffverbrauch und in der Betriebssicherheit der Aggregate erreichen können, an den prinzipiellen Übeln konnte jedoch nichts verändert werden.[12]

Die technische Bilanz der automobilen Fortbewegung sieht also trotz allen High-Tech-Glanzes gar nicht so rosig aus. Die Automobilnutzer haben sich längst an diese technischen Krücken gewöhnt und sehen in dieser Antriebstechnik keinen Nachteil mehr.[13] Der Blick auf technische Nachbarfelder unterstreicht zusätzlich die Zweifel am bisher Erreichten. "Siemens-Ingenieure haben errechnet, daß ein Kraftfahrzeug, das in den letzten Jahren eine ähnliche Entwicklung hinter sich gebracht hätte wie die integrierten Halbleiterschaltungen, heute etwa 50 Gramm schwer und 5000 km/h schnell wäre. Dieses Gerät käme mit einer Tankfüllung 500.000 Kilometer weit und der Preis läge bei 5 DM."[14]

Wenn also der Verbrennungsmotor selbst nach hundert Jahren Entwicklungszeit keineswegs ein rundherum überzeugendes technisches Konzept zur Unterstützung von Mobilität darstellt, fragt man sich selbstverständlich erst recht nach den Gründen, warum diese Antriebstechnik so unangefochten das Automobilitätsdenken bestimmt.

Die Suche nach mobilen Antriebssystemen zu Beginn des Jahrhunderts

Ein Blick zurück in die Anfänge automobiler Antriebssysteme zeigt, daß die Frage nach geeigneten Motorenkonzepten zunächst sehr offen und äußerst kontrovers diskutiert wurde. Aus den USA überlieferte Zahlen lassen die damals vorherrschenden Techniktrends erkennen. Von 4192 registrierten Motorfahrzeugen im Jahre 1900 waren 1681 mit einem Dampfantrieb ausgestattet, während 1575 von Elektromotoren angetrieben wurden. Lediglich bei einer bescheidenen Anzahl von 936 Fahrzeugen war ein benzinbetriebener Verbrennungsmotor eingebaut.[15]

Den weltweiten Siegeslauf des Verbrennungsmotors ahnte um die Jahrhundertwende niemand voraus. Es erwartete dies um diese Zeit auch niemand, da die konstruktive Verfassung dieser Technik keineswegs für sich sprach. Die von der Technikgeschichtsschreibung in dieses Motorenprinzip gerne hineinkonstruierte technische Überlegenheit existierte nicht[16], sie sollte sich auch nicht automatisch herstellen, sondern mußte durch nichttechnische Maßnahmen erst sozial konstruiert werden. Zur Illustration des damaligen technischen Zustandes legte Eugen Diesel, Erfindersohn und Schriftsteller, am Beispiel des Wagenbesitzes der Familie Diesel in den ersten Jahren nach der Jahrhundertwende interessante Einblicke vor: "Ohne Chauffeur kam allenfalls ein technisch erfahrener und motoreifriger Herrenfahrer aus, der sehr viel Zeit hatte und aus dem Umherjagen in der Welt ein Lebensziel machte. Wer indessen in einem anderen Beruf steckte, und war er selbst Ingenieur, der konnte den Chauffeur kaum missen. Fast jeden Tag war etwas am Wagen zu tun. Ventile waren einzuschleifen, Ölkohle vom Kolben zu entfernen, das Gestänge der Abreißzündung nachzustellen, der Vergaser auseinanderzunehmen. Immer wieder war man gezwungen, sich in die Eingeweide des Wagens zu versenken, und da mußte man mit Schraubenschlüssel, Ölkanne und gelbem Schmierfett operieren, das man in Ermangelung einer Fettpresse dick auf den Zeigefinger auftragen mußte."[17]

Der größte amerikanische Automobilproduzent vor der Jahrhundertwende, Col. Albert A. Pope, bevorzugte daher auch den elektrischen Antrieb mit dem Argument "you can't get people to sit over an explosion". Er bezeichnete den Verbrennungsmotor als "noisy, unreliable, and elephantine, it vibrates so violently as to loosen one's dentures" und kam zu einer - aus heutiger Sicht - bemerkenswerten Einschätzung: "The automobile industry will surely burgeon but this motor will not be a factor."[18]

In Deutschland schienen die Perspektiven für den batteriebetriebenen Elektroantrieb ebenfalls günstig. Die Nürnberger Schuckert-Werke gaben im Jahre 1900 bekannt, daß "auf Grund von reichlich einlaufenden Anfragen" die "Konstruktion von Motoren und Schaltapparaten für elektrische Automobilfahrzeuge" aufgenommen würde. "Die bisherigen Erfahrungen beim Zusammenarbeiten mit Wagenbau- und Akkumulatorenfirmen berechtigen zu der Annahme, daß sich unsere Konstruktionen für elektrische Automobile in der Praxis gut bewähren werden, daß die elektrischen Selbstfahrer für Städte eine große Zukunft haben."[19] In den verschiedenen Gazetten tobten die Auseinandersetzungen über die Frage nach dem optimalen Antriebssystem, in denen zumeist die Elektrotraktion favorisiert wurde, "denn Benzinmotoren haben einige prinzipielle Mängel, die den elektrischen Motoren fehlen. Die großen Vorteile des Wagens liegen darin" - so ein Ingenieur in der renommierten Zeitschrift 'Die Technik' -, "daß er belastet angeht und auch überlastet werden darf, sich wun-

derbar regulieren läßt, keinen Geruch und keinen Lärm verbreitet, keine Explosionsgefahr in sich birgt und keine allzu komplizierte Maschinerie hat..."[20]

Aber auch dem Dampfantrieb wurden beachtliche technische Eigenschaften zugeschrieben, die eine weitere Verbreitung hätten erwarten lassen. "Compared with the petrol-engined vehicles of the time, (the steam car) had the merit of being almost completely silent and vibrationless; it required no change speed gears while the thermal storage capacity of its boiler gave it a reserve of power for acceleration, hill-climbing or bursts of speed which the petrol engine could not achieve."[21]

In dieser durchaus offenen Situation sollte die Durchsetzung des Verbrennungsmotors als dominante, universell eingesetzte mobile Antriebstechnik maßgeblich von einer nur für wenige Jahre vorherrschenden Mode beeinflußt werden, die zur Entstehung neuer Interessenkoalitionen mit langfristigen Folgen beitrug. Emil Jellinek, österreichisch-ungarischer Konsul und ehemaliger Direktor der Credit Lyonnais in Paris, verkörperte mit seinem Standesbewußtsein und seiner Abenteuerlust einen für die Jahrhundertwende in Europa typischen Automobilisten. Als selbständiger Kaufmann in Nizza lebend, stand er in enger Verbindung zur Daimler-Motoren-Gesellschaft, einem zu dieser Zeit kleinen Unternehmen, das im schwäbischen Cannstatt erste erfolgreiche Erprobungen von Fahrzeugen mit schnellaufenden Verbrennungsmotoren abgeschlossen hatte und nun nach neuen Märkten Ausschau hielt. Jellineks Ideen und Überlegungen stießen beim Chefkonstrukteur Wilhelm Maybach auf offene Ohren und wurden von Frederick Simms, dem englischen Generalvertreter von Daimler, unterstützt. Simms spielte zu dieser Zeit eine besonders wichtige Rolle, weil er das Unternehmen 1895 vor dem Konkurs gerettet hat und nun als wichtigster Kapitalgeber fungierte. Jellinek schrieb später über diese Zusammenarbeit, daß Maybach "wie alle Erfinder" "einseitig" sei und deshalb von ihm "dirigiert" werden mußte. Eine zeitlang sei es ihm gelungen, alle seine Wünsche durchzusetzen, Maybach habe "wie auf Kommando erfunden."[22]

Die Interessen Jellineks waren zu dieser Zeit auf die Verwendung der Fahrzeuge ausschließlich für Renn- und Repräsentationszwecke gerichtet. Insbesondere in Frankreich wurden diese neuen Fahrzeuge als Demonstrationswerkzeuge reicher Aristokraten oder klassenbewußter Großindustrieller zur Wieder-Sichtbarmachung gesellschaftlicher Unterschiede eingesetzt, die im Zuge der damals modernen Massenverkehrsmittel, also der Eisenbahn, verloren zu gehen drohten. Der Schriftsteller Otto Julius Bierbaum beschrieb in seiner erstmals 1902 erschienenen "Reise im Automobil" diese Unlust zum Zugfahren in höheren Kreisen und die damit verbundene Suche nach neuen Möglichkeiten der sichtbaren Differenzierung: "Heiliger Himmel. - Welch eine Bagage! Was hat man von seinem Kulturmenschentum? Eine Garnitur Koffer. Aber welche

Wollust liegt in dem Gedanken: wir werden sie nie aufzugeben brauchen! Überhaupt: eine wollüstige Perspektive! Wir werden nie von der Angst geplagt werden, daß wir einen Zug versäumen könnten. Wir werden nicht nach dem Packträger schreien, nie nachzählen müssen: eins, zwei, drei, vier, hat er alles? Herrgott, die Hutschachtel! Sind auch die Schirme da? Wir werden nie Gefahr laufen, mit unausstehlichen Menschen in ein Kupee gesperrt zu werden, dessen Fenster auch bei drückendster Hitze nicht geöffnet werden darf, wenn jemand mitfährt, der an Zug-Angst leidet. Wir werden keinen Ruß in die Lungen bekommen. Wir werden selber bestimmen, ob wir schnell oder langsam fahren, wo wir anhalten, wo wir ohne Aufenthalt durchfahren wollen.Wir werden wirklich reisen und uns nicht transportieren lassen..."[23]

Mit dieser vorherrschenden Geisteshaltung erfreuten sich vor allen Dingen automobile Wettfahrten um die Jahrhundertwende großer Beliebtheit. Während allerdings beim ersten dieser Wettbewerbe, bei der Fernfahrt Paris-Rouen im Jahre 1894, für die Plazierung noch ein ganzes Bündel von Eigenschaften wie Bequemlichkeit, Sicherheit und Sparsamkeit ausschlaggebend waren, entwikkelten sich die ursprünglichen Autofernfahrten mehr und mehr zu reinen Geschwindigkeitswettrennen. Zur gesellschaftlichen Bedeutung dieser "Schnelligkeitsrennen" nochmals der Schriftsteller Bierbaum: "Sie dienen der Propagierung des Automobils beim Publikum, das für etwas Neues nur gewonnen werden kann, wenn es dabei Gelegenheit findet, sich aufzuregen, und sie dienen der Vervollkommnung der Industrie, die derartiger öffentlicher Prüfungen bedarf, bei denen von Mal zu Mal die Aufgaben gesteigert werden. Die Konkurrenzarbeit wird zum öffentlichen Drama. Das ist wunderschön. Ich finde diese internationalen Wettkämpfe der Automobilindustrie als Erscheinung nicht weniger schön als die olympischen Spiele. An Bedeutung übertreffen sie sie bei weitem. Dort war die Vervollkommnung der körperlichen Tüchtigkeit eines Volkes das Ziel, hier ist es die Vervollkommnung eines kulturellen Machtmittels im Rahmen aller Kulturnationen..."[24]

Wie die Hersteller unter diesen Umständen Produkte entwickelten, zeigten die Ergebnisse der Zusammenarbeit Jellineks mit Maybach. Jellineks Sportinteressen und die konstruktive Umsetzung durch Maybach verwandelten die Motorkutsche Ende des Jahrhunderts zu einem Rennautomobil, dessen typische Merkmale für die spätere Automobilentwicklung, und zwar über diese Rennepoche hinaus, Vorbildcharakter haben sollten. Mit dem tiefer gelegten Schwerpunkt, dem vorn liegenden Motor und dem Antrieb der Hinterräder waren unter der Federführung Maybachs zumeist schon bekannte konstruktive Merkmale zu einem Gesamtkonzept vereint und dem Rennzweck entsprechend optimiert. Kernelement des neuen Autos war der mit dem feuergefährlichen Benzin betriebene Vierzylinder-Viertakt-Otto-Hubkolbenmotor. Mit breiteren Ventilquer-

schnitten sowie einem veränderten Verhältnis von Hub und Bohrung konnte eine Leistungssteigerung mit höheren Drehzahlbereichen erreicht werden.[25] Der neue "Mercedes", benannt nach einer der Töchter Jellineks, verfügte zwar immer noch über stattliche 5,9 l Hubraum, doch erreichte man damit dank einer Umdrehung von 1000/min - im Kontrast zu den im damaligen Verbrennungsmotorenbau üblichen maximalen 700 Umdrehungen pro Minute - eine Leistung von 35 PS.[26] Allerdings waren die gesellschaftlichen Perspektiven für solche Fortbewegungsmittel noch unsicher.

Diese Orientierung der Konstruktionsarbeit an den Wünschen der gesellschaftlichen Oberschichten zur Befriedigung launenhafter Renninteressen blieb im geschäftlichen Alltag nämlich nicht ohne Kritik. Die Kaufleute im Vorstand der Daimler-Motoren-Gesellschaft kritisierten die vorherrschende Gesinnung ihres Chefkonstrukteurs Maybach. Insbesondere die Wahl des feuergefährlichen Benzins stieß bei diesen Herren auf große Bedenken, die ihre Aufmerksamkeit vielmehr langsam laufenden und möglichst mit ungefährlichen Schwerölen oder dem heimischen Spiritus betreibbaren Verbrennungsmotoren widmeten. Die Absatzentwicklung bis zur Jahrhundertwende stützte diese Skepsis gegenüber Benzinmotoren. Im Jahre 1889 hatte die Firma 201 Aggregate verkaufen können (Exportanteil 81%!), davon wurden aber lediglich 33 Motoren für den Antrieb zumeist französischer und englischer Automobile verwendet, während die überwiegende Mehrzahl der Motoren als Antriebe für Schiffe und stationäre Kraftanlagen diente und mit anderen Brennstoffen zu betreiben war. Die Abneigung gegen die mit hochexplosivem Benzin betriebenen Verbrennungsmotoren gründete sich im Vorstand auch darauf, daß eventuelle Unfälle nachteilige Auswirkungen für das übrige Motorengeschäft nach sich ziehen würden. Bei den Konstrukteuren und Technikern stellte sich die Situation allerdings anders dar: "Man war froh, in dem leicht erhältlichen Benzin einen so bequemen Brennstoff für den unter solch seltsamen Verhältnissen arbeitenden Explosionsmotor gefunden zu haben, der durch einfaches Über- oder Durchleiten von Luft ein brennbares und arbeitsleistendes Gemisch erzeugte."[27] In Rechnung gestellt werden muß, daß die technische Gewährleistung von automobilen Antriebssystemen eine Aufgabenstellung war, für die keine Vorbilder existierten, daher Grundlegendes erdacht und konstruiert werden mußte. In dieser offenen Situation war die Affinität zu Konstruktionselementen groß, die überhaupt Aussicht auf grundsätzliche Funktions- und Betriebssicherheit boten. In der Tat ließ sich das flüssige Benzin nicht nur hervorragend für die bisher ja schon vorhandenen Gasmotoren verwenden, Benzin war bis 1900 "ein schlecht absetzbares Nebenprodukt der Petroleumherstellung" und daher preiswert zu haben.[28] Allerdings deutete sich bereits zu dieser Zeit das große Interesse der bedeutenden Ölproduzenten wie Rockefellers Standard, Rothschilds BNITO oder den Nobels an,

Automobile als neuen Zukunftsmarkt bei den strategischen Planungen nicht länger außer acht zu lassen.[29]

Die Verwendung des flüssigen Benzins für mobile Antriebe blieb nicht nur wegen der damit eintretenden Gefährdung der öffentlichen Sicherheit weiterhin in der Diskussion. Diese flüssigen Kohlenwasserstoffe waren ja Erdölprodukte und damit mangels ausreichender heimischer Rohstoffquellen ein zu importierendes Gut. So konnte es nicht ausbleiben, daß 1902 der Vorstandsvorsitzende des Mitteleuropäischen Motorwagen-Vereins (MMV), dem ersten deutschen Automobilclub, Graf v. Talleyrand, die Verwendung von Spiritus zur nationalen Aufgabe heraufbeschwor, da Alkohol als "Produkt unserer vaterländischen Landwirtschaft" eine vom Ausland unabhängige Versorgung mit Brennstoff ermöglichen würde.[30] Die verschiedenen Initiativen, Preisausschreiben, Wettfahrten usw. des MMV zur Popularisierung heimischer, also im wesentlichen alkoholischer Brennstoffe, blieben aber wenig erfolgreich. Der im Jahre 1902 aus dem MMV herausgelöste Verein Deutscher Motorfahrzeugindustrieller (VDMI) als Interessenvertreter der Industrie setzte dagegen aus konstruktiv-pragmatischen Gründen frühzeitig auf Benzin. Der Benzol-Verband (BV) fand für heimische Rohstoffe in den 20er Jahren als Additive für Benzin neue Verwendungsformen, in dem nämlich die herkömmlichen aromatischen Kohlenwasserstoffe mit den heimischen aliphatischen zu einem klopffesten, sprich auch für höchste Verdichtungen geeigneten Super-Kraftstoff, dem ARAL, vermischt wurden.[31]

Der Streit um das richtige Motoren- bzw. Brennstoffkonzept als zukünftiges Produktkonzept der Daimler-Motoren-Gesellschaft spitzte sich in der von den Mehrheitsaktionären Lorenz und Duttenhofer 1899 initiierten Gründung der "Motorfahrzeuge- und Motorenfabrik Berlin-Marienfelde" zu. Im Gegensatz zu der von Chefkonstrukteur Maybach in Zusammenarbeit mit Jellinek in Cannstatt eingeschlagenen Konstruktionsrichtung des schnellaufenden, hochverdichtenden Verbrennungsmotors, sollte hier in Lizenz der Columbia Electric Company die Fertigung von Elektromobilen vorzugsweise für den öffentlichen Personennahverkehr aufgenommen werden, um "in verkehrsreichen Straßen der Großstädte geräusch- und geruchslos zu verkehren, angenehmer, bequemer und schneller, als es das beste Pferdegespann im Luxuswagen zu leisten imstande wäre."[32]

Die Entscheidung bei Daimler über zukünftige Produktprofile wurde schließlich durch die überragenden Erfolge Jellineks während der Rennwochen in Nizza beeinflußt. Das Rennauto Mercedes deklassierte die Konkurrenzkonstruktionen und hinterließ offenkundig beim Fachpublikum einen nachhaltigen Eindruck.[33] "Wir sind in die Ära Mercedes eingetreten", faßte der damalige Generalsekretär des Automobilclubs de France, Paul Meyan, die Ereignisse

weitsichtig zusammen. Die rennbegeisterten Franzosen, damals noch die führende Auto-Nation, verliehen dem Mercedes-Erfinder Maybach den Titel eines "roi du constructeurs".[34] Auch in Großbritannien und den USA blieben die Rennerfolge dieses neuen Automobiltyps, der auch rein äußerlich die Abkehr von der Pferdekutsche als bisheriges konstruktives Vorbild markierte, nicht ohne Wirkung.[35] Den Rennsiegen folgte der geschäftliche Erfolg. Der Umsatz der Firma verdreifachte sich in kurzer Zeit, er stieg von 0,815 Millionen RM im Geschäftsjahr 1898/99 auf 1,584 Millionen RM im Zeitraum 1899/1900 und erreichte im Jahr 1901/02 schließlich 2,5 Millionen RM.[36] Diese Zahlen überzeugten nun auch die ursprünglich zweifelnden Gesellschafter der schwäbischen Firma, die Option für Elektroantriebe war angesichts des schnellen Markterfolges für Benzin-Automobile damit praktisch vom Tisch; die nun auch geschäftlich lukrative Orientierung auf den Luxus-, Repräsentations- und Sportmarkt ließ alle Bedenken gegenüber dem Einsatz des gefährlichen Benzins gegenstandslos werden. Plötzlich erschien auch die Tätigkeit Jellineks in einem anderen Licht. Daimler-Direktor Berge: "Ich hebe besonders sein Talent hervor, die Wünsche des Publikums, die sich in bezug auf die höhere Geschwindigkeit und den größeren Luxus der Automobile ständig erhöhten, in die Praxis zu übertragen und die Widerstände der Konstrukteure zu überwinden."[37]

Zeitgenössischen Beobachtern war es dabei nicht immer plausibel, weshalb die Industrie gerade aus "einem hilflosen, spektakelnden, plumben Geschöpf, wie es der erste Benzinmotor war", ein betriebstaugliches Antriebsaggregat entwickelte. Man erklärte dies damals mit der "ausschlaggebenden Bedeutung", die "der Rennsport für die Entwicklung der Industrie gehabt hat", ohne freilich damals schon die Folgen dieser Technikwahl vorausahnen zu können.[38] Selbst Auto-König Henry Ford zeigte sich gegenüber der herausragenden Bedeutung des Renngedankens - wie er sich ausdrückte - für die Automobilentwicklung sehr skeptisch. "Ich habe nie viel von ihm gehalten, aber das Publikum weigerte sich standhaft, das Automobil für etwas anderes als ein kostbares Rennspielzeug anzusehen. Darum mußten wir zum Schluß das Wettrennen mitmachen, (mit dem Nachteil), mehr Sorgfalt auf Geschwindigkeitsleistungen als auf die eigentliche Güte des Wagens zu legen."[39]

Modische Verwendungszwecke von Automobilen, die nur für wenige Jahre vorherrschten, sollten damit langfristige konstruktive Wirkungen haben. "Es kann nicht oft genug betont werden", faßte beispielsweise ein Dozent an der Technischen Hochschule in Aachen eine in Motorenbauerkreisen populäre Ansicht zusammen, "daß die Zukunft der Motorfahrzeuge in einer Leistungssteigerung durch Geschwindigkeitserhöhung liegt. Nimmt man ihnen diese, so nimmt man ihnen auch ihre Zukunft."[40] Die Verwendung der ersten Automobile zu Rennsportzwecken legte damit die konstruktionsleitenden Korridore im

Denken und Handeln der Automobilbauer fest. "Die aufgrund der Wettbewerbsvergleiche und entsprechender technischer Reglements ständig herausgeforderten Motorenbauer spürten immer neue Wege zur Erweiterung der Drehzahlgrenzen auf. Über Variationen der Ventilsteuerung und Ventilanordnungen führte der Weg zu neuen Baumaterialien mit höherer Festigkeit und geringerem spezifischen Gewicht. Der Wettbewerbsmotor war permanenter Wegbereiter zukünftiger Normalmotoren."[41] Auch in unseren Tagen scheint der Rennsport wenig an seiner Bedeutung für die Automobilentwicklung verloren zu haben. "Die Rennsportabteilung ist die Keimzelle für junge, engagierte Ingenieure. Rennsport motiviert, und die Beteiligten sind willens", - so Fritz Indra, Direktor der Vorausentwicklung der Opel AG -, "ganz besonderes zu leisten."[42]

In diesem vorherrschenden Milieu der ersten Jahre nach der Jahrhundertwende, die Verwendung der Automobile als Renn- und Repräsentationsobjekte, im Wunsch nach distinguierter Bewegung, jederzeit und mit Lust an hoher Geschwindigkeit loszufahren, wurde die Wahl und Ausprägung motorischer Antriebe definiert. Verbrennungsmotoren, die mit energiereichem, flüssigem, aber eben leicht flüchtigem Benzin betrieben werden konnten, erfüllten diese sehr spezifischen und zeitbedingten Ansprüche vergleichsweise gut. Andere gewerbliche oder private Nutzungszwecke blieben in dieser für die konstruktiven Grundlagen so prägenden Phase noch eher marginal. Damit vollzog sich neben der technischen Konsolidierung aber auch eine Bedeutungsprägung. Das Automobil erlebte praktisch eine "zweite Erfindung", weil nunmehr im allgemeinen Bewußtsein der Begriff Automobil mit diesem Rennwagenkonzept, angetrieben von einem Hubkolben-Verbrennungsmotor, fest verbunden war und für alternative Fahrzeugkonzepte schon begrifflich kaum noch Raum zur Verfügung stand.

Diese Entstehungsbedingungen änderten sich schon nach kurzer Zeit. Der Reiz der Rennsportveranstaltungen ließ in seiner allesdominierenden Bedeutung nach, der Absatzmarkt für Luxus- und Rennautos war selbstredend nicht beliebig ausbaufähig, während die Zahl der Automobilhersteller - angezogen von der Chance auf profitable Geschäfte - ständig zunahm. Allein in Deutschland verdoppelte sich die Zahl der Automobilfirmen zwischen 1900 und 1907. 1900 zählte man noch 30 Fabriken, 1907 waren es bereits 65 Unternehmen.[43] Um die Jahreswende, 1906/7, war es dann soweit: Die noch junge Industrie erlebte ihre erste Strukturkrise. Die Gesamtzahl der in Deutschland hergestellten Fahrzeuge fiel von 4806 (1906) auf 3491 Einheiten im Jahre 1907. Der Verkauf von Daimler-Pkws beispielsweise ging von 863 Fahrzeugen, die noch 1905 abgesetzt werden konnten, auf 109 zurück.[44] Mit der sich verändernden Gewichtung der Nutzung von Automobilen tauchte auch die Frage geeigneter Antriebssysteme wieder auf. Bei der Prüfung der bisherigen Konstruktionsweise offenbarten die

bisher entwickelten Verbrennungsmotoren für neue Aufgabenstellungen doch erhebliche Tauglichkeitsmängel. "Von einem Wagen für den täglichen Gebrauch verlangt der Besitzer von vornherein Wirtschaftlichkeit (und Sicherheit) - für den Sportsmann dagegen trat die Kostenfrage zurück hinter die Möglichkeit, sportliche Tourenfahrten möglichst weit ausdehnen zu können und die Fahrgeschwindigkeit entsprechend zu steigern - Dinge", so eine Expertise aus dem Jahre 1910, "für die der Akkumulatorenwagen wegen seines beschränkten Aktionsradius allerdings nicht geeignet war."[45]

Andere problematische Eigenschaften der bis dahin dominierenden Antriebstechnik traten in Erscheinung. "Ferner ist bei den Benzinmotoren noch nicht jene sanfte Ingangsetzung erreicht, die den Dampfwagen auszeichnet. Nur das Elektromobil fährt befriedigend an. Als großer Mißstand wird endlich" - aus heutiger Sicht sicherlich erstaunlich - "bei allen Explosionsmotoren der lästige Geruch der Abgase empfunden. Ein Motorwagenverkehr in den belebten Hauptstraßen der Großstädte wird heute von den Hygienikern scharf angegriffen. Will der Explosionsmotor im Großstadtbetrieb gegenüber dem viel angenehmeren elektrischen Betrieb das Feld behaupten, so müßten die Abgase in irgendeiner Art unschädlich gemacht werden. Man erhoffte zu viel von der Entwicklung des Automobils als Sportfahrzeug und vergaß, daß der Sport niemals einen gleichmäßigen Absatz für die Industrie bietet, weil er stets mit dem Neuesten flirtet und kokettiert."[46] In Berlin versuchte 1909 der Polizeipräsident mit verschiedenen Verordnungen die Verbreitung von Taxen mit elektrischem Antrieb zu verbessern. Immerhin registrierte man in Deutschland noch 1914, zu einer Zeit, als die "erste" Renaissance des E-Antriebes schon wieder vorbei war, 554 elektrisch betriebene Lkw bei einer Gesamtzahl von 9739 zugelassenen Fahrzeugen (dies entsprach einem Anteil von knapp 6%). In den USA betrug in diesem Jahr der Anteil der 17.700 dort elektrisch betriebenen Lastkraftwagen 22% der insgesamt 78.000 starken Lkw-Flotte.[47] Auch für Maybach, der für die technische Seite des Mercedes verantwortlich zeichnete, stellte der Verbrennungsmotor nur eine technische Episode bei der Suche nach geeigneten Antriebssystemen dar. Nach den großen Rennerfolgen begann er mit der Arbeit an einem "Benzin-Dampfmotor" und experimentierte mit dem Einsatz von Druckluft als neue Traktionsvariante. Im geschäftlichen Rausch der Rennerfolge blieb für solch "abweichende" Experimente im Unternehmen freilich schon kein Platz mehr, Maybach wurde bereits 1904 in ein eigens für ihn eingerichtetes "Erfinderbüro" abgeschoben und schied wenig später ganz aus dem Unternehmen aus.[48]

Die staatlichen Verordnungen, Kritiken und Förderinitiativen für andere Antriebssysteme blieben indes ohne durchgreifenden Erfolg. Eine tatsächliche Renaissance alternativer Antriebe, insbesondere der Elektrotraktion, kam nicht mehr in Gang. Bezeichnend dabei ist die Unternehmenspolitik der großen Elek-

trokonzerne Siemens und AEG. In beiden Unternehmen spielten Automobile als mögliche Absatzmärkte für elektrische Energie eine Rolle, allerdings ohne die Bedeutung strategischer Geschäftsfelder zu erlangen. Siemens operierte kurze Zeit nach der Jahrhundertwende mit elektrischen Antrieben, begann aber bald nach Unternehmen zu suchen, die bereits im vorherrschenden Verbrennungsmotorenbau Erfahrungen hatten, um - wie es in einem Siemens-Rundschreiben aus dem Jahre 1908 hieß - "sofort und direkt... in der Lage (zu sein), im neuen Jahr mit einer bewährten Konstruktion eines starken Benzin-Automobils auf dem Markte zu erscheinen."[49] Die von Siemens aus diesen pragmatischen Motiven gekaufte kleine Berliner Autofirma "Protos" und die von der AEG betriebene Marke "NAG" sollten in den Elektrokonzernen aber Fremdkörper bleiben, die weder vom vorhandenen elektrotechnischen Know-how profitieren konnten, noch die Möglichkeiten einer eigenständigen Produktprofilierung erhielten.[50]

Die veränderte Nutzung des Automobils zum Endes des ersten Jahrzehnts dokumentierte sich auch in der amtlichen Statistik. Dienten zu Beginn des neuen Jahrhunderts nahezu alle automobilen Fahrzeuge privat-geselligen Vergnügen, rückten im Laufe der Jahre gewerbliche oder öffentliche Verwendungszwecke immer mehr in den Vordergrund. Von den 25.815 im Jahre 1907 im Deutschen Reich zugelassenen Personenkraftfahrzeugen wurden 219 in öffentlichen Verwaltungen, 1197 im öffentlichen Personennahverkehr, 270 in der Landwirtschaft und immerhin schon 10.699 im privaten Gewerbe eingesetzt. Für knapp die Hälfte der zugelassenen Fahrzeuge spielten somit bereits ganz andere Anforderungen eine Rolle, als sie durch die Rennveranstaltungen der klassen- und standesbewußten Automobilisten noch um die Jahrhundertwende definiert worden waren.[51]

Damit hatten sich die Verwendungskontexte der Automobile recht deutlich gewandelt, während der technische Stand automobiler Antriebstechniken - und das war gerade auch der Viertakt-Hubkolben-Verbrennungsmotor - merkwürdigerweise nicht mehr zur Disposition stand. Im Jahre 1912, als die erste zusammenfassende, Lehrbuchcharakter einnehmende Darstellung für die Automobiltechnik in Deutschland erschien, resümierte der Autor befriedigt, daß nunmehr auch im Automobilbau über zentrale technische Basisfragen Klarheit bestehe: "Normalbauart sind einfachwirkende Verbrennungsmaschinen für flüssige Brennstoffe, die mit vier stehenden, zumeist paarweise zusammengegossenen Viertaktzylindern mit Wasserkühlung und Ventilsteuerung versehen sind". Als habe es nie andere Optionen gegeben, stellt der Verfasser - ausgehend von diesem nun herrschenden Standard - fest, daß die "Auswahl unter den verfügbaren flüssigen Brennstoffen von vornherein auf solche beschränkt (ist), die schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft werden können" und bestätigt mit diesem infinitiven Regreß das Benzin als die Brennstoffoption, während Benzol und

Spiritus als mögliche Option aus dem Kanon der in Frage kommenden technischen Möglichkeiten gestrichen wurde. Nach wie vor bei dieser Antriebstechnik bestehende grundlegende Probleme, wie die Verwendung dieses hochexplosiven Kraftstoffes und die Notwendigkeit einer zusätzlichen Energiequelle zum Starten der Anlage, fanden keine Erwähnung mehr.[52]

Die Etablierung des Verbrennungsmotors fand allerdings nicht nur als zentrales Element in Automobilen statt. Auf technisch konstruktiver Ebene wurden bereits Allianzen zu einem weiteren, ebenfalls in der Entstehung befindlichen Technikfeld, das zur Jahrhundertwende eine rasche Expansion erlebte, geknüpft - der Luftfahrt. Mit zunächst zwei getrennten und sich gegenseitig bekämpfenden Konstruktionsprinzipien, nämlich "schwerer als Luft" (Flugzeuge) sowie "leichter als Luft" (Luftschiffe) entstanden die ersten Fluggeräte, die in der Öffentlichkeit ein noch viel größeres Echo erzielten als Automobile. Während hierzulande - im Vergleich zu den Nachbarländern - die automobile Motorisierung weiterhin aus Sicht der Autolobby eher schleppend verlief und zudem durch eine Reihe reglementierender staatlicher Auflagen in engen Grenzen gehalten wurde, erlebte insbesondere die Luftschiffahrt eine hohe gesellschaftliche Aufmerksamkeit. "Franzosen und Russen gehört das Land. Das Meer gehört den Briten. Wir aber besitzen im Luftreich die Herrschaft unbestritten", faßte eine Pressestimme zur Fernfahrt eines "Zeppelin"-Luftschiffs im Jahre 1908 in Abwandlung eines Heine-Zitats die öffentliche Stimmung zusammen.[53]

Ob im Luftschiff oder auch in Flugzeugen dieser Zeit, für beide konkurrierende Konstruktionslinien wurden möglichst leichte Antriebe benötigt, die eine große Reichweite garantierten. Damit war ein Lastenprofil definiert, das ähnliche Anforderungen für Antriebslösungen stellte, wie sie es bei Rennveranstaltungen für Automobile um die Jahrhundertwende bereits gegeben hatte. Es ist daher kaum verwunderlich, daß die beiden jungen Industriezweige, insbesondere nach der ersten Wachstumskrise im Automobilbau 1906/7, eng miteinander kooperierten und die unternehmerischen und technikwissenschaftlichen Beziehungsgeflechte immer dichter wurden. Der 1907 bei Daimler geschaßte Chefkonstrukteur Wilhelm Maybach gründete unter der offiziellen Leitung seines Sohnes Karl ein eigenes Motorenbauunternehmen, das nicht nur räumlich unmittelbar neben der Zeppelin-Werft in Friedrichshafen gelegen war, sondern auch enge geschäftliche Beziehungen zum Luftschiffbau pflegte.[54] Der "Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller" (VDMI) fühlte sich schon wenige Jahre nach seiner Gründung 1901 mehr und mehr "auch für Motorboote und Motorschiffe (sowie) Luftschiffe verantwortlich...".[55] Die "Automobiltechnische Gesellschaft" bot schon kurze Zeit nach ihrer Gründung eine Plattform für die Erörterung motortechnischer Probleme im Flugbetrieb und erweiterte sich konsequentermaßen zur "Automobil- und Flugtechnischen Gesellschaft". Der hohe

Grad an Konvergenz in der automobilen Motorenfrage konnte daher auch auf das flugtechnische Anwendungsfeld übertragen werden. Dies sollte der deutschen Fliegerei in kurzer Zeit einen relativ hohen Konstruktions- und Fabrikationsstandard sichern.[56]

Die konstruktive Zwickmühle: Konvergenzen und Stabilitäten

Die Gründe für den raschen Erfolg des Verbrennungsmotors im Automobil und Flugzeug liegen somit in zeitbedingten, aber vermutlich nicht ewig gültigen Umständen. Sicherlich repräsentierte der Verbrennungsmotor mit dem Treibstoff Benzin als Energiespeicher das Konzept mit der potentiell größten Reichweite. Auch spielte der Wunsch, jederzeit und überall hinfahren zu können, ohne Fahrplan oder Ressourcenbegrenzungen, für die ersten Automobilisten eine große Rolle. "Da der Energiespeicher an Bord mitgeführt werden muß, soll der Speicher möglichst leicht sein und möglichst wenig Bauraum benötigen. Benzin und Dieselkraftstoff erfüllen diese Forderungen am besten. Der Betrieb z.B. mit Methanol, einem auch aus Kohle herstellbaren Alkohol, würde einen etwa doppelt so großen und schweren Tank erfordern, und eine Bleibatterie schneidet, auch wegen der ungewöhnlich langen Betankungszeit, besonders unvorteilhaft ab."[57] Es kann nicht in Abrede gestellt werden, daß insbesondere im Mittelwesten der USA, mit kaum nennenswerter Infrastruktur, dafür aber mit großen Ölvorkommen, der aus Europa importierte Verbrennungsmotor sicherlich in dieser Zeit als geeignetstes Antriebssystem gelten konnte. "The geographic center of automobiles manufacturing in the United States shifted from New England, the home of the electric and steamer, to the Middle West. The early, overwhelming choice of the internal-combustion engine by midwestern manufacturers was influenced by the region's poor roads, which were nearly impossible for electrics to negotiate, and by the universal availability of gasoline for fuel in sparsely settled rural areas lacking electricity."[58]

Damit der Verbrennungsmotor diese Eigenschaften, die ihn dann unter den herrschenden Umständen zu einem Automobilantrieb prädestiniert erscheinen ließen, überhaupt darstellen konnte, waren grundlegende organisatorische Voraussetzungen notwendig. Deutlich zeigte sich dies kurze Zeit nach der Jahrhundertwende in den USA. Um die verschiedenen Antriebskonzepte herum gruppierten sich hier sehr unterschiedliche Hersteller- und Branchenstrukturen, die weitere Aufschlüsse für die frühe Durchsetzung des Verbrennungsmotors als universelle Antriebsquelle liefern. Die Unternehmen in Detroit "were a diverse group, but they had one thing in common. They became utterly dedicated to the manufacture of motor vehicles, to the point where they seem to have preferred

to go broke making automobiles than to get rich doing anything else."[59] Die Konstrukteure, Produzenten und Vertreiber an der Ostküste arbeiteten dagegen nach ganz anderen Maßstäben. Die Stanleys, bekannteste und erfolgreichste Produzenten von mobilen Dampfantriebssystemen, "were cussed New Englanders. They wanted to make a comfortable living and had no interests in building an automotive empire. They didn't believe in advertising... They are individualists, not the kind of people to fight the new gas carmakers that were developing in Detroit". "A customer simply couldn't walk in and buy a steamer... He had to be screened like a candidate for an exclusive club. If the Stanleys decided he didn't have the right personality for their car, they wouldn't even take his order."[60] Ganz ähnliche Unternehmensgrundsätze mit einer deutlichen Abneigung gegen standardisierte Massenproduktion finden sich auch bei der Mehrzahl der Hersteller von Elektromobilen. "The electric car was the most conservative form of the automobile, in that in bore the closest resemblance to the horse-drawn vehicle in both appearance and performance. Manufacturers of electrics closely copied fashionable carriage forms. The Wood Motor Vehicle Company, a prominent early American maker of electric cars, for example, hoped to supply hundreds of thousands of gentlemen's private stables with fine carriages in all variety of styles rather than the creation of a machine which will transport a man from town to town or on long country tours."[61]

Das bei den Herstellern von Dampf- und Elektroantrieben gleichermaßen beobachtbare Bemühen um Abgrenzung, Exklusivität und um eigenständige Profilgewinnung spiegelte sich auch auf konstruktiver Ebene wider, jeder Hersteller verfolgte sein eigenes technisches Konzept. Obwohl mit identischen technik-wissenschaftlichen Basisannahmen operiert wurde, fand ein gegenseitiger Austausch von konstruktivem Wissen und Können nicht statt, vielmehr standen die Abgrenzung und Konstruktion eigenständiger, unverwechselbarer Produkte im Mittelpunkt. Dies stellte markante Unterschiede zum Verbrennungsmotorenbau der Autohersteller dar. Der populäre Flugzeug- und Automobiltechniker Edmund Rumpler faßte beispielsweise die Situation im Verbrennungsmotorenbau des Jahres 1906 für Deutschland so zusammen, daß "die Jahre unsteten Tastens, des Erfindens, endgültig vorüber sind; daß die Zeit da ist, in welcher auf der Basis des bereits Errungenen eine sorgfältige Detailarbeit Platz greift, und 'nur' noch konstruiert wird." Der Maschinenbauunternehmer und Lehrbuchverfasser Hugo Güldner kritisierte 1905 ebenfalls den früher anzutreffenden "entarteten Erfinderehrgeiz" auf dem Gebiet des Motorenbaus. Als Zeichen der "inneren Gesundung" wertete er die Tatsache, "daß das Haschen nach Neuerungen 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, mehr oder weniger, zu Grund-

formen entwickelt haben". Der Autor des oben bereits zitierten ersten Automobiltechnischen Lehrbuchs zeigte sich ebenfalls über die Abkehr von der Suche nach immer neuen, immer originelleren Konstruktionen sowie über den Grad an Konvergenz befriedigt, "denn die Entwicklung des Motorenwagens ist durch den Erfindungsdrang in den ersten Jahren nicht wenig gehemmt worden. Nachdem sich die Ansichten geklärt und gewisse Normalbauarten herausgebildet haben, ist es hauptsächlich die wissenschaftliche Forschung, der der Ingenieur seine Aufmerksamkeit zuwenden soll." Auch Heller verurteilte das Bemühen um originelle und abweichende Konstruktionsweisen: "Weniger erfinden, mehr konstruieren, sei auch hier endlich das Losungswort."[62] Jahre später wurden diese frühen Übereinstimmungen in den antriebstechnischen Grundfragen immer wieder verteidigt. Ganz ähnliche Einschätzungen sind aus den USA überliefert: Auch hier galt 1907 den einschlägigen Organen der Fahrzeugindustrie die technische Entwicklung in der Antriebsfrage als weitgehend abgeschlossen. "There seems to have come a time when radical changes in construction and design are things of the past."[63] Im Rahmen einer Gesamtschau des Reichsverbandes der Deutschen Automobilindustrie (RDA) über "Das deutsche Automobilwesen der Gegenwart" stellte ein Verbandsfunktionär 1928 befriedigt fest, daß "die letzten Jahre umwälzende Änderungen auf konstruktivem Gebiet nicht mehr (haben) bringen können. Wir dürfen uns damit abfinden, daß an Stelle von wechselnden Prinzipien, die in kurzen Zeitabständen Neukonstruktionen bringen, nunmehr die langsame, jedoch zielbewußte Entwicklung des Automobilbaus im Rahmen der gegebenen - und unzählige Male erprobten - Grundzüge als eigentlicher Fortschritt zu werten ist."[64]

Hinsichtlich des erreichten Grades an Konsens über elementare konstruktive Fragen konnte der Unterschied zwischen dem Verbrennungsmotorenbau und den Herstellern von Elektroantrieben kaum größer ausfallen. Insbesondere der Elektromotorenbau zeichnete sich durch eine bunte Vielfalt aus. "Die konstruktive Verschiedenheit ist bei den einzelnen Typen so groß, wie bei dem Benzinwagen vor dem Jahre 1900; über die wichtigsten Grundprinzipien ist man noch zu keiner Klarheit gelangt", bedauerte ein zeitgenössischer Beobachter die Situation zum Ende des ersten Jahrzehnts mit Blick auf den im Verbrennungsmotorenbau bereits fest formierten und etablierten Standard. "Am bezeichnendsten ist es vielleicht, daß die heute wirtschaftlichen Elektromobile auf Konstruktionsmöglichkeiten verzichten, die gerade den Elektromotor charakterisieren und ihn für den Antrieb von Fahrzeugen prädestiniert erscheinen lassen", aber - so beklagte der Beobachter - "Einrichtungen vom Benzinwagen (zum Beispiel das Differentialgetriebe), die nur bei diesem Wagen technische Berechtigung haben, weil jene" - gemeint sind die für die Elektromobile typischen Konstruktionselemente - "für die Praxis noch nicht genügend durchgebildet" sind, die

Bauarten des Verbrennungsmotors hingegen schon "jahrelang praktisch erprobt sind."[65]

Die sozialen Voraussetzungen der Technikerzeugung sind häufig sehr unterschiedlich ausgeprägt und schlagen sich dann auch auf die Qualität der technischen Leistungen bei den jeweiligen Projekten nieder. Die notwendigen Konsensbildungs- und Verständigungsprozesse - so wertvoll sie für die Produktion attraktiver Ergebnisse im Nachhinein auch erscheinen - entstehen nicht von selbst, sondern müssen zunächst mühsam eingeleitet, institutionell abgesichert und im Konfliktfall auch mit Macht verteidigt werden. Sicherlich ist - wie im Falle der Erfolge der Mercedes-Rennwagen - der Nachweis der Tauglichkeit einer Lösung für genau definierte Anforderungen, und sei sie auch zeitlich sehr begrenzt, als Initialzündung für einen Konvergenzprozeß hilfreich. Der dauerhafte Erfolg des Verbrennungsmotors ruht darüber hinaus aber auch auf entsprechenden organisatorischen Voraussetzungen und politischen Absicherungen. Neben den verschiedenen industriellen Interessenverbänden bewährte sich vor allem die "Automobiltechnische Gesellschaft" in Berlin "als effizientes Forum des Gedankenaustausches". "Dank intensiver Vortragspflege, diverser Fachveröffentlichungen, der Beeinflussung und Formung der Fachterminologie, der Mitwirkung bei der Aufstellung von allgemein verbindlichen Normen für die Bestandteile des Kraftwagens sowie durch die Vereinigung sachverständiger Gutachter für unterschiedliche kraftfahrzeugtechnische Probleme unter anderem hat diese Gesellschaft bedeutenden Anteil am Fortschritt in der Kraftfahrzeugtechnik."[66] Zur Absicherung und Verbreitung des erreichten konsolidierten Wissensstandes pflegte beispielsweise die im Benzin-Automobilbau führende Firma Benz & Cie in Mannheim gute Beziehungen zur Technischen Hochschule Karlsruhe und versorgte den dortigen "Lehrstuhl für Maschinenelemente, Gasmaschinen und Gebläse" jährlich mit Unterrichts- und Forschungsgegenständen wie Getrieben, Zylindern, Kurbelwellen, Kolben usw. Damit war für eine sehr elegante und effiziente Multiplizierung und Absicherung der betrieblich getroffenen technischen Entscheidungsergebnisse in die Kreise der Jungingenieure hinein gesorgt. Im Elektromotorenbau sah die Situation anders aus: Alois Riedler, hochdekorierter Professor und Leiter des Laboratoriums für Kraftfahrzeuge an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg, mußte den Plan einer wissenschaftlichen Vergleichsuntersuchung zwischen Benzin- und Elektrofahrzeugen aufgeben, "da die Mitwirkung aller beteiligten Faktoren nicht zu erlangen war. Die Unternehmungen mehrerer Großstädte sowie mehrerer Fabriken von Benzindroschken haben bereitwilligst Versuchswagen und alle Erfahrungen zur Verfügung gestellt, weil sie ihr eigenes Interesse an einer solchen Bearbeitung erkannten; von elektromobilbauenden Fabriken aber waren bisher Wagen zu wissenschaftlichen Untersuchungen nicht zu erhalten. Die

äußerst beschränkten Mittel des Laboratoriums andererseits reichen nicht einmal für den laufenden Betrieb, daher kann an den Kauf von Versuchsobjekten nicht gedacht werden". Die Vergleichsuntersuchung unterblieb.[67] Wie wichtig aber die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie zur Stützung überbetrieblicher Konstruktionsentwicklung einzuschätzen ist, darüber berichtete schon 1905 der Aachener Professor Lutz. "Zur vollen Eroberung" der verschiedenen Verwendungsgebiete müsse - so Lutz - "noch viel Ingenieurarbeit aufgewendet" (werden), die nur durch "ernste, auf wissenschaftlicher Erkenntnis und auf Erfahrungsaustausch gestützte Tätigkeit" zu erreichen wäre. Zur weiteren Absicherung des erreichten Standes forderte der Professor die Unternehmen zur verstärkten Zusammenarbeit und zum Erfahrungsaustausch auf, der über Vereine, Zeitschriften, gemeinsam finanzierte wissenschaftliche Untersuchungen und durch die "Schaffung einer einheitlichen, alle Fragen des Automobilbaus betreffenden Literatur" sowie gemeinsam auszurichtender Wettbewerbe organisiert werden könne. Schließlich möge die Industrie die in der praktischen Entwicklungsarbeit gemachten Erfahrungen "in jeder Form ... den Hochschulen zugänglich" machen. Zu diesem Zeitpunkt war die letzte große Entscheidung in der Frage des automobilen Antriebs noch nicht getroffen, die Vertreter der technikwissenschaftlichen Forschung, organisiert über die Automobiltechnische Gesellschaft, hatten das zukünftige Forschungsprogramm aber bereits weitgehend abgesteckt und standen für die Zusammenarbeit mit der Industrie gut formiert zur Verfügung. Dies konnte aber nur unter weitgehend stabilen Rahmenbedingungen gelingen. Während im Elektroantriebsbau über die grundlegenden konstruktiven Fragen noch keine Einigung erzielt war und individuelles Experimentieren und Produzieren das Tagesgeschäft bestimmte, standen im Verbrennungsmotorenbau die Basisprinzipien durch gemeinsam anerkannte "Schließungsentscheidungen" nicht mehr zur Disposition. Es ging nunmehr um Fragen der Auswirkungen der Beziehungen zwischen Abmessungen und baulichen Einzelheiten auf die Leistungsentwicklung, Regulierungsmethoden, sowie um Fragen der Zündung, aber auch schon um "Untersuchungen der Geräuschlosigkeit."[68]

Bei der Suche nach Gründen für die frühe Durchsetzung und konstruktive Ausgestaltung des Verbrennungsmotors als automobiles Antriebsprinzip können zunächst folgende Befunde festgehalten werden: Offenkundig spielen bei der Verwendung der Automobile als Renn- und Repräsentationsfahrzeuge die damit zusammenhängenden spezifischen Anforderungsprofile für die Wahl und konstruktive Grundlegung hochtourig arbeitender Verbrennungsmotoren mit Nutzung der energiereichen Kohlenwasserstoffe eine wichtige Rolle. Die Entstehung und Stabilisierung neuer Geräte ist nicht nur ein konstruktiver Akt. Aus den Ergebnissen technischer Arbeit wird ja nur dann ein Produkt, wenn die

Nutzer und Verwender damit etwas anfangen können. Damit wird aber auch der konstruktive Grundaufbau fest in den Köpfen der Hersteller und Nutzer verankert: eine Kutsche mit Verbrennungsmotor, Platz für mindestens vier Personen und Gepäck. Dieses Technikkonzept, mit den Funktionsschwerpunkten einer Rennreiselimousine, wird seitdem mit dem Begriff Automobil fest assoziiert. Darüber hinaus scheint es für die Durchsetzung und langfristige Stabilisierung eines Antriebsaggregats wichtig, bei den Nutzern eine Akzeptanz des Leistungsprofils zu erreichen und die Benutzungsmodi soweit zu internalisieren, daß Abstriche im Gebrauchswert kaum noch reflektiert und daher auch nicht mehr problematisiert werden, wenn sich die Nutzungen verändern. Noch heute gilt als ein Leitmotiv im Auto- und Motorenbau, den "Bedarf an bewußtem Handeln" im Umgang mit einer Technik zu minimieren. Funktions- und Bedienungsweise einer technischen Lösung werden im Unterbewußtsein plaziert, in alltägliche Routinen stabilisiert und damit gegen eine neue Austarierung der Zweck-Mittel-Relation immunisiert.[69]

Allerdings müssen diese Verständigungsprozesse offenbar selbständig eingeleitet und gestaltet werden, denn nicht bei jedem Projekt gelingt dies. Die Durchsetzung einer Technik wird vermutlich auch vom Grad der Übereinstimmung in konstruktiven Grundfragen bestimmt. Damit hängt ein fast paradox klingendes Phänomen zusammen. Je schneller sich offene konstruktive Fragen zu einem engen und verbindlichen Konstruktionspfad "schließen", um so schneller kann diese Technik etabliert werden, auch wenn damit auf längere Sicht Einschränkungen im Gebrauchswert der Technik verbunden sind. Eine lange und aufwendige Suche nach alternativen Wegen und Gestaltungsformen zur Optimierung technischer Lösungen kann daher der Durchsetzungsfähigkeit zuwiderlaufen. Offensichtlich ist bislang die Bedeutung von Verständigungen für die erfolgreiche Durchsetzung und Stabilisierung von Techniken nicht genügend gewürdigt worden.

Die Ursachen für die große Bedeutung solcher Übereinkünfte liegen in dem Arbeitsgegenstand von Ingenieuren und Konstrukteuren begründet: dem Entwerfen, Bauen und Fabrizieren von Maschinen. Auch wenn Verbrennungsmotoren als besonders typische Beispiele für ein konventionelles Maschinenverständnis gelten, ist gleichwohl die äußere Gestalt, also die materielle Beschaffenheit nur zweitrangig. Maschinen werden eingesetzt, um definierte Zwecke zu erfüllen. Dafür sind bestimmte, aneinandergekettete Operationen notwendig, die weitgehend orts- und zeitunabhängig beliebig oft in voraussehbarer Weise ablaufen. Dies erfordert in einem hohen Grad konsistente Ergebnisse und eine auf Syntheseleistungen ausgerichtete Tätigkeit. Die ersten Automobilisten wollten ja ein Antriebssystem, mit dem sie selbstbestimmt zu jeder Stunde ortsbeweglich waren. "During the early years of the automobile indu-

stry, the immediate goal of the engineers and inventors was simply reliability - to get a car to go somewhere and come back under its own power."[70] Wenn für diese Zwecke eine erste Maschinenkonfiguration gefunden wurde, scheint es insgesamt erfolgversprechender zu sein, diesen "geronnenen Lösungsansatz" so weit wie möglich zu übernehmen, um die notwendigen Anpassungs- und Optimierungsarbeiten auf einem festen Grund ausführen zu können. Sind die Akteure bei einem definierten Aufgabenprofil immer wieder um das Auffinden neuer, eigenständiger Lösungswege bemüht, entsteht zwar eine Fülle von verschiedenen Konstruktionsideen, gleichwohl bleiben Synergieeffekte aus. Wird aber hingegen über grundlegende Basisprobleme, beispielsweise in der Frage des Verbrennungsprozesses, des Arbeitsverfahrens, der Brennstoffwahl und der Triebwerksanordnung Übereinstimmung erzielt, dann ist die technische Arbeit mit diesen "Festschreibungen" von der Lösung grundlegender Fragen befreit. Um den erwarteten Programmablauf möglichst störungsfrei gewährleisten zu können, läßt das Operieren mit bereits vorgedachten Lösungsansätzen hochselektive Optimierungsarbeit zu. Vor diesem Hintergrund sind die oben zitierten Warnungen vor einem "entarteten Erfinderehrgeiz" zu lesen, die eine rasche Kulmination von Wissens- und Erfahrungsbeständen eher verhindern. Technikprojekte mit hoher Übereinstimmung können durch die dadurch erzielbaren kulminativen Effekte im Funktionstest häufig Vorsprünge nachweisen. Die Affinität einzelner Hersteller zur Übernahme möglichst vieler "bewährter" Konstruktionselemente ist daher groß. "There were many problems, and generally each problem had a number of solutions so that some curious engine appeared. The more successful solutions, unless they were very well protected by patents, were soon copied so that at any time not only did the ordinary cars look alike, they were also very similar under the bonnet. Small firms" - so argumentieren die beiden Ingenieure Newcomb und Spurr in einem internationalen Überblick - "did not normally have the staff or facilities to work out the proper dimensions of the many components that made up a car and so shamelessly copied successful models. Big firms copied too; one manufacturer in the thirties boasted that he never innovated, he let the other companies take the risks and if the new idea worked he would eventually find ways of copying it."[71] Noch heute gilt in Ingenieurkreisen die Grundregel: "Ich übernehme möglichst viel von dem, was geht; wenn Sie alles neu machen, kommen Sie nicht an ihr eigentliches Thema ran."[72] Diese Konvergenztendenz bleibt aber nicht folgenlos.

Mit frühen "Schließungs"- und "Festschreibungs-"Entscheidungen entsteht zwar schnell eine maschinelle Basis als stabiler Ausgangspunkt für Optimierungsarbeiten, bei der ja zeitbedingte Anforderungsprofile sowie das vorhandene Wissen und Können in die Definition mit einfließen. Die Festlegung des ersten maschinellen Gefüges verläuft zudem unter äußerst pragmatischen

Gesichtspunkten. Der gewünschte Zweck - hier weitgehende Automobilität - wird in ein Maschinenmodell übersetzt, das dann sehr schnell eine Art eigene Bedeutung erlangt. Sind erst einmal die Grundentscheidungen gefallen und damit quasi Korridore markiert, können die wesentlichen Eckpunkte der Lösung nicht nach kurzer Zeit schon wieder ausgewechselt werden, ohne daß damit auch die sinnstiftende Übersichtlichkeit verloren zu gehen droht. Daher entwikkeln die ersten Gefüge häufig ein starkes "Eigenleben". Nicht unmittelbar in der Definitionsphase berücksichtigte Elemente haben später kaum noch Chancen. Veränderungen der Zwecksetzungen rufen daher bei Ingenieuren und Technikern keine große Bereitschaft zur Aufgabe des bisher kultivierten Maschinengefüges hervor, es wird lediglich versucht, diese im Rahmen von Anpassungsleistungen zu berücksichtigen.

Damit ist bereits das für den Fahrzeugbau maßgebliche Problem im Prozeß der Technikerzeugung angedeutet: Um eine Maschine erfolgreich zu entwikkeln, muß nach einer offenen Phase des Suchens, Tastens und Experimentierens diese quasi "geschlossen" werden, um für die Erreichung der Funktionssicherheit über eine begrenzte Menge von Elementen zu verfügen, die ein strukturiertes Arbeiten erst ermöglichen. Wenn aus dem herausgefilterten Satz an Elementen ein Gefüge zusammengebaut ist, das die gewünschte Verkettung der einzelnen Schritte nicht nur als einmaligen Vorgang, sondern als stabilen, immer wieder reproduzierbaren Programmablauf ermöglicht, dann muß dieser erreichte Zustand konsolidiert, funktionsoptimiert und betriebssicher ausgebildet werden. Die noch folgenden Entwicklungsschritte verlaufen dann schon in sicheren, aber eben auch nicht mehr beliebigen Bahnen. Funktionserweiterungen und andere Optimierungs- oder Anpassungsmaßnahmen stellen den erreichten Grad der Maschinisierung nicht mehr grundsätzlich in Frage, sondern operieren auf der Basis des erzielten Ergebnisses und schreiben diese somit weiter fort. Die zum Zeitpunkt der Generierung des maschinellen Kerns vorhandenen Kontexte, also der Stand des theoretischen Wissens und der praktischen Erfahrungen, die Verfügbarkeit und Preisverhältnisse von Ressourcen, der Stand der Fertigungstechnik und Fabrikorganisation sowie die Antizipation von Nutzungsformen, repräsentieren sich als Bausteine, Funktions- und Betriebselemente. Sie fließen in die Definition des maschinellen Gefüges mit ein und bleiben im Prozeß der "Schließung und Konsolidierung" zunächst einmal fixiert. Darin besteht das oben angesprochene Dilemma: Je schneller und erfolgreicher eine Maschine entwickelt werden soll, um so rigider müssen mögliche Alternativen und Funktionsoptionen abgeschnitten werden und um so unwahrscheinlicher können diese nach erfolgreicher Definitions- und Sicherungsphase des maschinellen Kerns nachträglich wieder hineinkonstruiert werden. In Ingenieur- und Technikerkreisen wird dieses Problem durchaus gesehen.

"Jede technische Entwicklung beginnt mit einer Periode des Tastens und Versuchens und mit vielfältigen Lösungen. Doch bald verschwinden die meisten Bauarten zugunsten einer oder zwei Überlebender. Bei dieser Auswahl" - so Harry Ricardo, viele Jahre der Papst des Verbrennungsmotorenbaues - "wiegen Zufälle und Begleitumstände oft schwerer als der technische Wert und akute Bedarf."[73] Selbst wenn für das Aussortieren nicht verfolgter Lösungswege nachvollziehbare Gründe existierten, kann durch das fast völlige Verschwinden dieser Optionen später nicht mehr geprüft werden, ob die damaligen Eliminierungsgründe auch unter veränderten Umständen noch bestehen oder ob mittlerweile Umstände eingetreten sind, die es angeraten lassen, den Auswahlprozeß zu revidieren und ehemalige Konstruktionsüberlegungen, denen nicht weiter nachgegangen wurde, erneut auf die Tagesordnung zu setzen.

Die externe Beeinflussung der Technikerzeugung kann aber nicht zu jedem Zeitpunkt und mit beliebiger Reichweite geschehen. Während die Definition der Zweckbestimmung für den Einsatz von Maschinen weitestgehend eine gesellschaftliche Veranstaltung ist, findet der Konstruktions- und Entwicklungsprozeß mit den Such-, Schließungs- und Konsolidierungsetappen bis zur Definition eines Maschinenkerns quasi in den Labor- und Werkstatträumen statt. Erst mit dem fixierten Prototyp einer Maschine wird der Prozeß wieder durch die Funktionsanpassungsarbeiten transparenter, dann aber nur noch begrenzt steuerbar. Insofern ist mit Technikentwickung in bestimmten Phasen durchaus eine Art "Eigendynamik" verbunden, die freilich aus kognitiven, sozialen und ökonomischen Motiven rührt und keiner naturwissenschaftlichen Rationalität folgt.

Aus der Fülle prinzipieller Möglichkeiten zur Erreichung eines Zweckes auszuwählen und mit einem begrenzten, also überschaubaren Satz an Elementen zu operieren, heißt immer auch eine Verständigung zu erreichen. Aus den meist recht komplexen Vorgaben, die für den Einsatz technischer Möglichkeiten definiert werden, sind die heute bekannten seriellen Maschinenmodelle nur als Kompromiß zu realisieren und damit im Ergebnis immer auch bewertungsabhängig. Das projektierte Gefüge muß zunächst definiert, dann realisiert und schließlich als Ergebnis auch gegenüber anderen, prinzipiell möglichen Varianten verteidigt werden. Damit ist schon angedeutet, daß dieser kognitive Prozeß der Technikerzeugung auch eine soziale Dimension besitzt. Je schneller in Herstellerkreisen eine Verständigung über die technische Umsetzung der gesellschaftlichen Zwecksetzungen erreicht wird, um so schneller und eindeutiger kann die konstruktive Basis geschaffen werden, die als sozial konstruierter "one-best-way" mit der kollektiven Macht der Hersteller eingeführt und verteidigt wird.

Exkurs: Die verpaßte Chance eines frühen "Öko-Diesels"

Wie wichtig die primäre Sicherung des einmal definierten maschinellen Gefüges auch bei Verschiebungen in der Zwecksetzung ist, verdeutlicht nicht nur die Entwicklung des ottomotorischen Verbrennungsprozesses. Gleiches gilt auch für die Frühphase der Entstehung des dieselmotorischen Antriebes, die zeitlich mit den Anfängen des Automobilbaues zusammenfällt. Die Entstehung des "Diesels" ist besonders gut dokumentiert und erlaubt somit einen Einblick in diese konstruktive Zwickmühle. Rudolf Diesel, der zusammen mit der Maschinenfabrik Augsburg, der späteren M.A.N., sowie dem Krupp-Konzern an der Realisierung eines neuartigen Verbrennungsprozesses arbeitete, der durch eine hohe Verdichtung der Kompressionsluft einen vergleichsweise günstigen Wirkungsgrad ermöglichte, hatte als Energieträger vor allen Dingen heimische Rohstoffe wie Kohlenstaub oder Spiritus im Auge. Nachdem auf der Grundlage theoretischer Überlegungen die entsprechende maschinelle Konfiguration zusammengefügt war, konnte zunächst eine Funktionsfähigkeit mit Petroleum erreicht werden. Hierauf entschieden beide Unternehmensleitungen, alle weiteren Versuche mit anderen Brennstoffoptionen abzubrechen und sich auf die Sicherung der grundsätzlichen Funktionsfähigkeit des neuen Motorkonzeptes zu konzentrieren. Weitere Untersuchungen mit Kohlenstaub und heimischen Alkoholen unterblieben ganz oder wurden nur noch der Form halber organisiert. Schon zu dieser Zeit waren aber staatliche Einrichtungen, in diesem Fall das Preußische Kriegs- und Landwirtschaftsministerium, intensiv um die Förderung heimischer Treibstoffe für die Anwendung in der Motorenindustrie bemüht. Mit entsprechenden Wettbewerben sollten Experimentierfreude und Verbreitung angeregt werden. M.A.N.-Chef Heinrich von Buz, als "Bismarck des deutschen Maschinenbaus" ein äußerst national gesinnter Mann, stimmte in diesem Falle gegen die Interessen seiner Regierung. Nachdem gerade die Maschine mit Ölbetrieb zumindest auf dem Probestand lief, vertrat er nachdrücklich den Ausstieg aus allen weiteren Forschungsprogrammen mit alternativen Kraftstoffen, weil - so von Buz - "wir es nicht zweckmäßig erachten können, uns jetzt schon mit anderen Konstruktionsarten zu befassen und dadurch unsere Kräfte zu zersplittern, insbesondere nicht mit Spiritusmotoren". Dies ist um so erstaunlicher, als die anderen Brennstoffoptionen hinsichtlich der Verfügbarkeit und des erwarteten Marktpreises interessante Perspektiven boten. "Sie kennen" - so erinnerte Diesel seinen Chef von Buz - "jedenfalls die neueren Bestrebungen, welche dahin gehen, die Abgase der metallurgischen Werke, insbesondere der Hochöfen in Form von motorischer Kraft technisch auszunützen und in den industriellen Zentren der Metallurgie durch Verwerthung dieser bisher verloren gegangenen Kraft großartige elektrische Zentralen zu schaffen."[74] Doch der

Beschluß der Fabrikleitung blieb unumstößlich. Keine Ausweitung der Experimente, solange nicht zumindest ein funktions- und reproduktionsfähiger Mechanismus gefunden und stabilisiert werden konnte. Zu dieser Zeit liefen die Ölmotoren bereits im Alltagsbetrieb zufriedenstellend und markierten mit diesem funktions- und betriebstauglichen Maschinengefüge einen Entwicklungsvorsprung, der nicht einfach wieder an die ursprünglichen Verzweigungsstellen zurückgeschrieben werden konnte. Rudolf Diesel notierte 1913 rückblickend, daß bei den Unternehmen Krupp und M.A.N. nach erfolgreicher Etablierung des Ölmotors keine Neigung mehr zu kostspieligen Versuchen vorhanden gewesen sei und daß die nochmals nachträglich vorgenommenen Experimentierarbeiten mit Kohlenstaub scheitern mußten. "Ein richtiger Kohlenstaubmotor hätte von Grund auf neu gebaut werden müssen mit Spezialeinrichtungen für das Einblasen des Kohlenstaubes und mit einer Kolbenschmierung, welche das systematische Ausspülen etwa zwischen die Kolbenringe eingedrungenen Staubes erlaubt hätte."[75] Nur wenige Jahre später waren alternative, insbesondere heimische Kraftstoffe erneut hoch im Kurs.[76]

Bis heute ist der "Diesel" ein Ölmotor geblieben, obwohl gerade dieses Verbrennungsverfahren, freilich mit einem anderen maschinellen Grundaufbau, für alternative Energieträger interessante Perspektiven bietet. Sprachen um die Jahrhundertwende nationalistische Gründe für alternative Kraftstoffe, sind heute Treibstoffe, die zum Beispiel aus Pflanzen gewonnen werden, wegen ökonomischer Aspekte und aus Umweltgesichtspunkten wieder stark in der Diskussion. Bis auf einen einzigen Motorentyp, dem von der Branche beinahe liebevoll diskriminierten "Elsbett-Motor"[77] sind alle Forschungsprogramme zur Einführung der Vielstoffähigkeit von Verbrennungsmotoren gescheitert.

Massenproduktion und jährlicher Modellwechsel

Eine mentale Fixierung des konstruktiven Aufbaus als Automobil reicht für die dauerhafte Produktstabilität wohl nicht aus. Schließungsprozesse und die Ausbildung von Verständigungen über konstruktive und technische Eigenschaften von Geräten bilden sehr günstige Voraussetzungen für die Etablierung netzwerkartiger Produktionsverfahren, die dann als faktische Macht zu einer dauerhaften Gerätestabilisierung beitragen, vorausgesetzt, das Automobil kann in einem politischen Kompromiß zu einem großtechnischen System ausgebaut werden. Bekanntlich setzte Henry Ford kurz vor Ende des ersten Jahrzehnts dieses Jahrhunderts in dieser Hinsicht die Akzente im Weltautomobilbau, als er die bis dahin auch in Nordamerika auf handwerklicher Grundlage ausgeführte Kleinserienproduktion nach und nach durch die bereits in verschiedenen ande-

ren Industriezweigen realisierten Methoden der Massenproduktion ablöste. Dadurch konnten die spezifischen Fertigungskosten der Automobile erheblich gesenkt und unter den gegebenen Umständen große Märkte geschaffen werden. Während der führende Hersteller von Dampfantriebssystemen, das Unternehmen der Brüder Stanley, 1905 etwa 650 Einheiten fabrizierte und verkaufte, erreichte Ford diese Stückzahl an einem einzigen Tag.[78] In den ersten fünf Jahren nach Erscheinen des legendären Modell T senkte die Ford Motor Company den Stückpreis schrittweise von 900 Dollar auf 440 Dollar. Die Taktzeit der Fertigung eines Fahrzeuges fiel von 12,5 Stunden im Jahre 1908 auf ganze 30 Sekunden im Jahre 1925.[79] Mit der aus Europa adaptierten Verbrennungsmotorentechnik rückten die USA mit diesen Fertigungsmethoden und Marktverhältnissen schnell zur Auto-Nation Nummer Eins auf. Im Jahr 1907 wurden in der "Neuen Welt" bereits 44.000 Einheiten gefertigt, in Frankreich 25.000 und in Großbritannien 12.000 Stück. Dagegen nahmen sich die 5.150 Automobile der deutschen Hersteller vergleichsweise bescheiden aus. Nach der Eröffnung der ersten Fließbandproduktion im Detroiter Vorort Highland Park im Jahre 1908 katapultierte die Ford Motor Company die Fertigungszahlen in damals unvorstellbare Höhen und erreichte 1913 eine Jahresproduktion von 461.000 Personenkraftwagen, während die Fabriken aller anderen Hersteller zusammen 120.000 Einheiten produzierten.[80]

Zeitgenössischen Beobachtern, wie sie beispielsweise im Scientific American zu Wort kamen, schienen die Konsequenzen dieser Massenproduktion und dieses Massenkonsums in ihren langfristigen Folgewirkungen durchaus schon bewußt: "Standardization and interchangeability of parts will have the effect of giving us a higher grade of motorcar at a lower price, but this is dependent in considerable degree upon the production of one model in great numbers and the elimination of extensive annual changes in design that necessitate the making of costly jigs, gauges, and special machinery".[81] Diese fertigungstechnische und fabrikorganisatorische Megamaschine stand im harten ökonomischen Wettbewerb genauso wenig zur Disposition wie die konstruktiven Voraussetzungen des Automobils. Allen früh- und hochkapitalistischen Wettbewerbsrealitäten zum Trotz, die Antriebseinheit des Automobils blieb hiervon in ihren Grundprinzipien unberührt. Der nach dem Ford-Erfolg von William Durant aus vielen Einzelunternehmen zusammengekaufte Konzern General Motors entschied sich bereits sehr früh "to compete on the basis of financial and marketing values and not on the basis of engine type."[82] Über die Konsolidierung der Antriebstechnik hinaus erfolgten im amerikanischen Automobilbau sehr schnell weitere "Schließungen" in technischen Grundfragen. "The process of standardization followes a hierarchy: first came the propulsion choice, then the overall chassis configuration, and then major components were advanced."[83]

Fords Strategie der Massenproduktion für Massenkonsum bedeutete einen grundlegenden Einschnitt in der Stabilisierung der Automobil-Konstruktion, aber die sture Interpretation der Möglichkeiten der Massenproduktion drohte zu einer Veranstaltung zu werden, in der die Macht der Hersteller mit einer offen zur Schau getragenen Arroganz ("sie können jede Farbe wählen, vorausgesetzt sie ist schwarz") Widerstände hervorrufen mußte. "A market need was identified; the product and the manufacturing, marketing and distribution facilities to meet the need optimally were then developed and implemented. But Ford's strategy recognized neither the dynamics of market development nor the counteractions of competitors."[84] Erst unter Alfred Sloan, dem lange Jahre beherrschenden Chef von General Motors, wurden dem "Fordismus" die statischen Elemente genommen und die Massenproduktionsweise in eine zeitgemäße, dynamische und vor allen Dingen nach außen hin flexibel erscheinende Form gewandelt. Standardisierte Massenprodukte erhielten jetzt ein jährlich wandelndes Modellkleid. "It is perfectly possible, from the engineering und manufacturing standpoint, to make two cars at not a great difference in price and weight, but considerably different in appearance". Mit relativ bescheidenen Mitteln konnte den Kunden somit der Eindruck eines ständigen Wandels des Automobils erzeugt werden, während sich der Grundaufbau mit dem zentralen Element des Hubkolben-Verbrennungsmotors nicht änderte. Mit der Philosophie "the primary object of the corporation, was to make money, not just to make motor cars" werden grundlegende Wechsel der Basistechnologie zu einem hart kalkulierenden Projekt und die Spielwiesen ambitionierter Ingenieure klar begrenzt.[85] Durch diese jährlich angebotenen Änderungen am äußeren Erscheinungsbild behielten die Executives der Autoindustrie die Innovationspolitik unter Kontrolle, da die Räume für Modifikationen fest definiert waren. Risikoreiche Änderungen in den Grundlagen dagegen wirkten bedrohlich. In Technikerkreisen entstand unter diesen Randbedingungen daher sehr schnell die Regel "whatever you do, don't let GM do it first."[86] Die Autoindustrie wurde somit - und zwar weltweit - "fundamentally changed by progress in improving productivity and serving mass markets. Product innovation has been replaced as a major competitive factor by customer service and product-line policy. The development of highly efficient technologies for mass production has increased costs and raised design constraints to the point of slowing product change. Technological progress is no longer introduced by radical product innovation, but comes about as the cumulative result of incremental change."[87]

Schon vor dem Ersten Weltkrieg waren in den USA damit klare Verhältnisse geschaffen worden. Eine ganz bestimmte Technikkonfiguration mit einem Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentralem Element hatte sich als "Automobil" in den Köpfen der Leute festgesetzt. Aus den ganz spezifischen Bedingun-

gen der Zeit heraus, die nur wenige Jahre später wieder verschwanden, war der konstruktive Grundaufbau definiert worden. Diese Automobile, zunächst nur einer Elite vorbehalten, durch Methoden der Massenfertigung zum Konsumgut geworden, entwickelten sich in den Staaten zu einem Sinnbild der Mobilität. In dem riesigen Land mit kaum erschlossener Infrastruktur stand dieser Expansion auch keine andere bereits ausgebaute Verkehrstechnik entgegen. Betriebssicher und funktionsoptimiert, aber immer noch mit vielen Mängeln und nur mit einem äußerst problematischen Brennstoff zu betreiben, blieb damit der Geist des 19. Jahrhundert in die maschinelle Gestalt des Verbrennungsmotors im Automobil festgeschrieben. Diese Entstehung eines Massenmarktes ist freilich an die staatliche Akzeptanz-, Förderungs- und Gewährleistungspflicht gebunden. In den USA dokumentierte sich spätestens in dem 1916 erlassenen "Road Act" sowie mit dem 1921 aufgelegten "Highway Act" eine unmißverständliche Anerkennung des Automobils als universelles Transportmittel durch die staatliche Rahmenplanung. Aus Washington sollten auch in den späteren Jahren elementare politische Maßnahmen zur Unterstützung automobiler Funktionsfähigkeit nicht ausbleiben. Diese engen Beziehungen waren tief in die kulturellen Basiswerte der amerikanischen Gesellschaftspolitik eingebunden und zeichneten sich durch eine hochgradige Interessenskonvergenz zwischen Autoindustrie und Regierung aus, die auch in der Berufung führender Automobilindustrieller in leitende Staatsämter zum Ausdruck kam. Präsident Roosevelt erkor sich GM-Präsident William Knudsen zum Vorsitzenden des National Defence Advisory Council, Eisenhowers erster Verteidigungsminister wurde Charlie Wilson, seines Zeichens ebenfalls GM-Präsident, und John F. Kennedy berief mit Robert McNamara ebenfalls einen damals führenden Mitarbeiter der Ford Motor Company als Verteidigungsminister in sein Kabinett.[88] Charlie Wilson war es auch, der mit dem Ausspruch: "What's good for General Motors is good for the country and what's good for the country is good for General Motors", diese Übereinstimmung zwischen Staat und Autoindustrie auf eine treffende Formel brachte.[89] In Deutschland blieb bis 1933 die Funktionsfähigkeit des technischen Großprojektes Automobil eingeschränkt. Noch dominierte die Reichsbahn die verkehrspolitischen Grundentscheidungen. Für das Automobil wichtige Infrastruktureinrichtungen wie der Bau von "Nur-Autostraßen" scheiterten am Kompetenzwirrwarr öffentlicher Zuständigkeiten, an ordnungspolitischen Begrenzungen privater Initiativen sowie ganz allgemein am fehlenden politischen Willen. Im Reichstag blockierten noch 1931 KPD und NSDAP parlamentarische Initiativen zum Autobahnbau. Die deutsche Verkehrspolitik sollte sich erst nach 1933 grundlegend ändern.[90]

Globales Wissen, lokales Können: Stile und Moden

Der mit den Schließungsprozessen im Rahmen der international organisierten Verständigung erreichte konstruktive Grundaufbau des Automobils, festgeklopft im Kopf der Benutzer, tausendfach mit massenproduktionstechnischen Mitteln multipliziert und gehärtet und vom Staat in seiner Funktionsfähigkeit gesichert, stellte somit einen recht homogenen Wissenskanon dar. Das Ausmaß des von allen Herstellern anerkannten Bestandes an Wissen, Regeln und Methoden überraschte des öfteren selbst die Konstrukteure und verursachte Begründungspflichten. Selbst Insider wie Harry Ricardo fanden es bemerkenswert, "that the same general design should have persisted practically unchanged between the years 1880 and 1930."[91] "Technische Angleichungen - auch international gesehen - zeugen nicht etwa von Phantasielosigkeit der Konstrukteure, sondern ganz einfach davon", stellte der langjährige Chef-Entwickler der Daimler-Benz AG Nallinger klar, "daß Dinge, die als optimal erkannt sind, Allgemeingut werden und ohne funktionelle Einbußen nicht fehlen können".[92] Diese Aussage deutet schon an, daß die Vorteile nur bei einer entsprechenden Pflege auch erhalten bleiben. Der Nutzen eines wohl geordneten, übersichtlichen und funktionstauglichen Wissenskanons, der konstruktiv und fertigungstechnisch gemeinsam beherrscht wird, bleibt nur so lange erhalten, wie die zugrundeliegenden Verständigungen stabil sind. Bei der alltäglichen technischen Arbeit wird diese Verpflichtung zur Wahrung der gemeinsamen technischen Grundlage immer mitgedacht werden und wirkt als implizierter Denkkorridor. "Wer sich nicht am Stand der Technik orientiert, ist ein Narr", so ein leitender Automobilentwickler.[93] Der Raum für eigenständige Entwicklungsarbeiten bleibt begrenzt und ist - soll die Verständigung nicht aufgehoben werden - nur für eine kurze Zeit vorhanden. Entweder werden die originellen Konstruktionsansätze wieder zurückgenommen, oder aber sehr schnell von den Wettbewerbern kopiert und als Erweiterung des gemeinsamen Technikbestandes akzeptiert. Entsprechend bemessen sich auch die Bewertungskriterien für die alltägliche Konstruktionsarbeit: "Erfolg ist, wenn nachgebaut wird."[94]

Dieser in den ersten Jahrzehnten in den verschiedenen lokalen Betriebs- und Fabrikationsstätten ausgewählte und gefestigte Bestand an Maschinenelementen, konstruktiven Regeln und Methoden, Bau- und Funktionselementen ließ sich als abstraktes Wissenspaket offenbar weltweit einsetzen und wiederum lokal anwenden.[95] Mit der Auswahl der Maschinenelemente und der Definition des "technischen Kerns" des Automobil ist die technische Arbeit selbstverständlich nicht abgeschlossen. Innerhalb dieses klar markierten Korridors orientierte sich im Automobilbereich die Konstruktionstätigkeit an Optimierungsaufgaben. Mit einem von den Grundlagen klar abgegrenzten Bestand an konstruktiven

Regeln konnten sich dann lokale oder regionale Stile oder auch zeitlich befristete Moden herausbilden. So zeichnete sich vor dem ersten Weltkrieg die Tendenz ab, mehr Leistung durch mehr Hubraum zu erzielen, wobei die Drehzahlen nur mäßig angehoben wurden. Der "Blitzen-Benz", ein Rennwagen mit gigantischen 21,5 l Hubraum, verteilt auf vier Zylinder mit entsprechend riesigen Ausmaßen, markierte allerdings recht sinnfällig die Grenzen dieser Konstruktionsrichtung. Einen Wechsel der Denkrichtung löste der englische Konstrukteur Laurence Pomoroy mit den Worten "Drehzahlen wiegen und kosten nix" aus. Bei gegebenen Zylinderinhalten sollte die Geschwindigkeit der Arbeitstakte beschleunigt werden, wobei die Zylinder schneller gefüllt und entleert und langsam steigende Verbrennungsdrücke erzielt wurden.[96] Vom Flugmotorenbau beeinflußt, setzte in der Zwischenkriegszeit die "Kompressor-Ära" ein: Normalerweise "saugen" Otto- und Dieselmotoren die für den Verbrennungsprozeß notwendige Luft ein. Wird diese aber mit Zusatzgeräten, sogenannten Ladern, unter hohem Druck "beigepreßt", kann ebenfalls mehr Leistung aus einem gegebenen Hubraumvolumen gewonnen werden. Als in den 30er und 40er Jahren, ebenfalls stark vom Flugwesen beeinflußt, Versuche begannen, bei Ottomotoren das Benzin nicht erst zu vergasen, sondern direkt in das Saugrohr einzuspritzen und damit die Dosierung zu optimieren, waren nahezu alle noch heute in Verwendung befindlichen Konstruktionsmerkmale des Verbrennungsmotors beieinander. Mehrventiltechnik mit variablen Steuer- und Hubzeiten, Zylinderabschaltung, Schichtladung - ein besonderes, verbrauchsfreundliches und abgasreduzierendes Verbrennungsverfahren - Saugschaltrohre, alle heute so aktuell erscheinenden technischen Maßnahmen für die Motorenentwicklung über das Jahr 2000 hinaus[97] sind im Kern besehen "alte Hüte".

In den 20er und 30er Jahren entstanden schließlich an den Hochschulen, aber auch in freier Trägerschaft, vorwiegend in Großbritannien und in den USA, eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen, die sich unter diesen äußerst stabilen Randbedingungen der Weiterentwicklung von Teilaufgaben widmeten. Über die bisher dominierende empirische Arbeitsweise hinausgehend setzte man zunehmend analytische Methoden ein. Immer stärker rückte die Konfiguration und Geometrie des Brennraums in den Vordergrund, denn mehr und mehr zeigte sich, daß der konventionelle Hubkolben-Verbrennungsmotor den Kraftstoff, der ja als optimaler Energiespeicher überhaupt erst die Reichweite des Automobils garantiert, nur zu einem Bruchteil ausnutzen konnte. Der Wirkungsgrad damaliger Motoren reichte noch nicht einmal an zwanzig Prozent heran. Während zu Beginn der technischen Entwicklung die Brennräume so gestaltet waren, daß alle funktionsnotwendigen Elemente, also insbesondere Ventile und Zündkerzen, im Zylinderkopf untergebracht werden konnten, versuchte man nun durch eine möglichst kompakte Brennraumgestaltung Wärmeverluste zu

vermeiden, um wenigstens so noch einige Prozente an Wirkungsgraden der Maschinen herauszuholen. In Kooperationen zwischen Autoherstellern und Mineralölindustrie suchte man Anfang der 20er Jahre durch diverse Zusätze, den Benzinkraftstoff für höhere Zylinderdrücke - die wiederum eine bessere Energieausbeute versprachen - "klopffest" zu machen. Aus dieser Zwischenkriegsperiode datierte schließlich auch noch die Einführung des Werkstoffs Aluminium sowie die Verbreitung elektrischer Startvorrichtungen, die insbesondere in den USA einen erheblichen Beitrag zur Popularisierung des Automobils leisteten. Lange Jahre nach der Etablierung des Verbrennungsmotors als universelle Antriebstechnik in Automobilen konnte damit endlich das Starten der Maschinen ohne aufwendige, extrem anstrengende und kräftezehrende, bisweilen gefährliche Ankurbelung erreicht werden.[98]

Technological Fix: Vorhandene Mittel definieren die Zwecksetzungen

Mit diesen Verständigungsleistungen über Basisprinzipien und einer gemeinsam getragenen Definition von maschinellen Grundfunktionen sind Strukturierungsleistungen verbunden, die technisches Arbeiten kognitiv, sozial und auch ökonomisch erleichtern. Damit ist die Gefahr verbunden, daß ein so attraktiver Technikstandard von der Angebotsseite nicht ohne Not aufgegeben wird und möglicherweise auch dann noch erhalten bleibt, wenn die ursprünglich für die Auswahl und Definition des Maschinentyps maßgeblichen Umstände nicht mehr existieren. Volkswirtschaftlich problematisch ist hierbei der Umstand, daß bei diesem stabilen Verständigungsprozeß ein Wissens- und Erfahrungsbestand repräsentiert ist, der für neue technische Verfahren auf diesem Technikmarkt zu einer kaum überwindbaren Hürde wird. Denn etablierte Gerätetypen, in diesem Fall das Automobil, werden ja noch dadurch stabilisiert, daß die Eigenschaften und Verwendungsprofile fest im Rahmen von Nutzungsroutinen verankert sind. "Eine neue Technik darf keine Nachteile haben", "etwas, was nur ein bißchen besser ist, setzt sich nicht durch" beurteilen Ingenieure die Erfolgsaussichten alternativer Lösungsansätze im Motorenbau auch heute noch.[99] Unter stabilen Randbedingungen sind die Risiken und Kosten eines Wechsels für alle Hersteller zu hoch!

Um die Verbrennungsmotorentechnik daher auch unter objektiv veränderten Rahmenbedingungen als optimalen Lösungsansatz legitimieren und anbieten zu können, operieren die Vertreter des zu schützenden Verständigungsprozesses in den politischen Aushandlungsprozessen mit einem Trick: Es werden nicht, wie es eigentlich in der Technikentwicklung üblich sein sollte, zuerst die Probleme definiert und dann technische Lösungen gesucht und konstruiert, sondern

zunächst wird der vorhandene technische Bestand nach möglichen Innovationsrichtungen abgeklopft, um dann in Kenntnis der möglichen Modifikationen Aufgaben und Zielsetzungen im gesellschaftspolitischen Diskurs zu bestimmen. Während das Automobil in den USA fest etabliert war, blieb beispielsweise in Deutschland die Kritik am technischen Konzept der Rennreiselimousine virulent. Inkompatibilitäten mit dem gesellschaftlichen Wertesystem waren noch zu sichtbar, das Automobil repräsentierte zwar bereits einen ernsthaften Gegenstand von Wünschen und Projektionen gesellschaftlicher Kreise, war aber noch bis in die 50er Jahre weit entfernt davon, zum sinnstiftenden Kern einer Wohlstandsgesellschaft zu werden. Die "Motor-Kritik", die sich in den 20er und 30er Jahren zu einem unabhängigen und kritikfreudigen Organ entwickelt hatte - leider gibt es heutzutage nichts Vergleichbares mehr - geißelte in der Zwischenkriegsära - rückblickend - den technischen Zustand des deutschen Automobilbaus mit beißendem Spott. "Es wurden aber kaum Neukonstruktionen durchgeführt, da man ja sowieso alles was Räder hatte, an das Militär los wurde". "Man braucht sich nur die Gehirne anzusehen, in denen es entstanden ist. Ich spreche keine Übertreibung aus, wenn ich sage, daß keiner der Motoren- und Chassis-Konstrukteure, die am Kriegsende in den gehobenen Stellungen saßen, Auto fahren konnten."[100] Auch in den späten 20er Jahren konnten die Motorenentwickler offensichtlich keine so besonders enge Fühlung mit den Bedürfnissen und Wünschen von Nutzern ausbilden. "Fast als Kuriosum mag es einem heute erscheinen" - so erinnert sich der spätere Pkw-Chefentwickler der Daimler-Benz AG, Josef Müller -, daß bei seinem Eintritt in die Firma im Jahre 1926, "bei Daimler-Benz keiner der Konstrukteure, nicht einmal der Chef, er lernte es gerade, des Autofahrens mächtig war. Der Chef der Motorenkonstrukteure fuhr sogar täglich mit seinem Fahrrad, mit sorgfältig eingeklemmten Hosenbeinen, von seiner Wohnung in Cannstatt ins Werk nach Untertürkheim."[101]

Es schien tatsächlich insbesondere in der Zwischenkriegsperiode so, daß die konstruktiven Überlegungen auf der Herstellerseite die zumindest in dieser Zeit vorhandenen ausdifferenzierten Bedürfnisse des gewerblichen und privaten Automobilismus nicht vollständig befriedigen konnten. In einem weit verbreiteten Lehrbuch, dem "Handbuch vom Lastauto", stellte der Autor noch 1927 fest, daß "der Idealmotor eigentlich der Elektromotor" sei. "Er ist elastisch, einfach, seine Bedienung für jedermann möglich und er besitzt nur rotierende Teile und dadurch einen ruhigen Gang bei geringstem Verschleiß."[102]

Aber auch in anderer Hinsicht blieb der Verbrennungsmotor als universell angebotener Antrieb im Automobil in der Kritik. Freilich hatten es die Akteure anderer Antriebstechniken verpaßt, sich frühzeitig auf Grundkonzepte zu verständigen und im Rahmen eines neuen Automobilkonzeptes um breite gesellschaftliche Akzeptanz zu werben. Es mag aus heutiger Sicht überraschen, daß

selbst negative Auswirkungen des Verbrennungsmotors auf die Umwelt schon sehr früh registriert und beispielsweise im Rahmen einer Artikelserie in der Zeitschrift "Der deutsche Volkswirt" 1927 auch thematisiert wurden. "Der Verbrennungsmotor hat die in einer Großstadt sehr unangenehm fühlbare Eigenschaft, die verbrannten Gase auszustoßen. Die Luft an einem Verkehrszentrum besteht zum größten Teil aus Auspuffgasen der Automobile. Wenn man bedenkt, daß sich der Verkehr in den nächsten Jahren etwa verzehnfachen wird, dann wird man den Ruf nach dem elektrischen Betrieb in der Großstadt vom hygienischen Standpunkt aus verstehen können."[103] Diese kritischen Stimmen kamen auch in den Fachzeitschriften der Profession zu Wort. "Nicht nur die Luft der Großstädte ist erfüllt von einem durchdringenden Benzingeruch, teilweise direkt einem bläulichen Dunst, auch an viel besuchten Erholungsstätten und Strecken, die wir zum Genuß von frischer Luft aufsuchen, genießen wir statt dessen nurmehr Benzingeruch. Ebenso unangenehm ist es, daß die verkehrsreichen Stadtzentren oft mit einem starken Verkehrslärm erfüllt sind, der sich auch immer mehr ins Land hinausdrängt", hieß es in einem Aufsatz der "Motortechnischen Zeitschrift" aus den 40er Jahren.[104]

Schließlich lebte auch die Diskussion um die Wahl der flüssigen Kohlenwasserstoffe als universellem Brennstoff immer wieder auf. Zu Beginn der 30er Jahre hatte Harry Ricardo, der international führende Experte im Verbrennungsmotorenbau, diese Frage neu aufgeworfen. "Die Zivilisation hängt aber heute so eng mit der Verwendung von Verbrennungsmaschinen für jede Art von Straßenbeförderung und viele andere Zwecke zusammen, daß es unbedingt notwendig ist, noch andere Brennstoffe für den Betrieb von leichten Fahrzeugmaschinen ausfindig zu machen..."[105] In England arbeitete in der gemeinsamen Suche nach neuen Kraftstoffen Shell mit der Destillers Company, dem Hauptanbieter von Alkoholen, zusammen. Für den Fall, daß - wie damals schon befürchtet - die Rohölversorgung mangels ausreichender Vorkommen zusammenbrechen sollte, gab es eine Übereinkunft der beiden Gesellschaften, daß die "Shell Company, with their large fleet of tankers and world-wide marketing facilities would look after the transport and sale, while the Destillers Company would take care of the production and processing."[106] In Deutschland initiierte und koordinierte die Brennkrafttechnische Gesellschaft schon seit 1917 Forschungen und Versuche, den vorhandenen technischen Bestand der Antriebssysteme, ausnahmslos Otto- und Dieselmotoren mit flüssigen Kohlenwasserstoffen, um alternative Konzepte zu erweitern.[107] Die Bemühungen konzentrierten sich auf Antriebskonzepte wie den Kohlenstaub- und Dampfmotor sowie die Elektrotraktion, die mit heimischen Rohstoffen zu betreiben waren. Das nationalsozialistische Regime forcierte im Rahmen der Autarkiebestrebungen als Vorbereitung und Basis für eine imperialistische Außenpolitik die Suche nach neuen Energieträgern und verbrei-

tete neuen Gestaltungsoptimismus. "Wir gewinnen die Hoffnung, einen jeden Kraftstoff nach unserem Willen der motorischen Verbrennung zu unterwerfen", faßt 1935 Walter Ostwald, der Herausgeber der Automobiltechnischen Zeitschrift, die damals in Forschungskreisen aufkommende Aufbruchstimmung zusammen.[108] "Kraft aus festen Brennstoffen ist heute nicht nur ein großdeutsches, sondern ein europäisches Gebot", verkündete 1942 Walther Schieber, Staatsrat und Leiter des Rüstungslieferungsamtes. "Denn unser Kontinent ist reich an Kohle, Torf, Holz, aber arm an Öl. Dies bleibt Sondergebieten, wie der Luftfahrt, der Kriegsmarine, vorbehalten" mahnte er die längst fälligen Reformen im Motoren- und Fahrzeugbau an.[109] An Reflektionsvermögen über die absurde technische Basis des Automobilismus und Visionen und Ideen über neue technische Möglichkeiten fehlte es schon damals nicht. Sogar in den USA konnten die Leser des Blättchens "Better Homes and Gardens" im Oktober 1942 bemerkenswertes lesen: "In Detroit engineers point out what nonsense it is to use a ton and a half or two tons of gas-eating, road-hammering machinery to haul one 160-pound man around. They say right now they can design and mass-produce a car that weights a third to half less than our 1942 models, that rides on air and goes half again as far on a gallon of gas and yet offers more space and comfort inside."[110] Leider ist diese Vision bis heute nicht eingetreten.

Erfolge, die zur Veränderung der technischen Basis im Antriebsbereich führten, blieben schon während des Ersten Weltkriegs aus, und auch im Zweiten Weltkrieg kamen selbst unter staatlichem Druck keine wirklich durchschlagenden Projekte in Gang. Die etablierte Automobil- und Motorenbauindustrie nahm Forschungen an alternativen Antrieben nur in einem sehr bescheidenen Maße auf. Die wenigen konkreten Arbeiten hierzu waren daher kleineren oder branchenfremden Firmen wie der Sachsenberg AG in Dessau oder der Halberg AG in Pforzheim vorbehalten.[111] Die von Forschungskreisen und Technikwissenschaften wohlwollend aufgenommenen staatlichen Forderungen zur Reformierung bewirkten in Industriekreisen vielmehr eine abwehrende Haltung. Die Herausgeber der im Jahre 1939 gegründeten "Motortechnischen Zeitschrift", die das Standesorgan "Automobiltechnische Zeitschrift" ergänzte, Prosper L'Orange und Heinrich Buschmann, erklärten unmißverständlich, daß die MTZ "selbstverständlich bewußt f ü r den Verbrennungsmotor eintreten" werde.[112] Die grundlegende Frage nach Sinn und Zweck des Verbrennungsmotorenbaus stand daher auch trotz dieser politischen Umstände in Fachkreisen nicht auf der Tagesordnung. Allerdings war die nationalsozialistische Wirtschafts- und Sozialpolitik auch zu sehr auf die Förderung des Automobils angelegt, wichtige verkehrspolitische Maßnahmen waren geschaffen oder in Vorbereitung. Ein "Neuöffnen" der Antriebsfrage hätte nicht nur zeitliche Verzögerungen bedeutet, sondern sicherlich auch durch eine damit ausgelöste Veränderung des Auto-

mobilverständnisses das sinnstiftende Moment dieses Maßnahmenpaketes geradezu gefährdet.

Das Für und Wider um den Verbrennungsmotor, das diesen von Anbeginn an begleitete, wurde nach dem Zweiten Weltkrieg allerdings verschärft weitergeführt. Die Perspektive für flüssige Kohlenwasserstoffe schien - angesichts der katastrophalen Versorgungslage - sehr getrübt, und die Techniker gaben sich erstmals, nach vierzig Jahren "technischer Zuchtarbeit", hinsichtlich eines neu auszudifferenzierenden Technikangebotes im Antriebsbereich konzilliant. "Eine Frage, die unter den künftigen Verhältnissen neu zu klären ist", so Heinrich Buschmann diesmal in der ersten Nachkriegsausgabe der Automobiltechnischen Zeitschrift, "betrifft zunächst die Energieform, wie sie für verschiedene Verkehrsaufgaben sich als die vorteilhafteste darstellen kann". Die um die Jahrhundertwende "geschlossene" und auf den Verbrennungsmotor konvergierte Entwicklung schien unter diesen Umständen wieder offen. Das dominante Verständnis von Automobil als einer Rennreiselimousine stand zur Disposition. Der Dampfantrieb, für den die heimische Kohle zur Verfügung stand, mit überragendem Drehmomentverlauf, wurde für den Schwerlastverkehr wiederentdeckt, während Kohlenstaub nun nicht nur für Kolbenmotoren, sondern auch für Verbrennungsturbinen erwogen wurde.[113] Die erste Tagung der Arbeitsgemeinschaft Kraftfahrzeugtechnik der Automobiltechnischen Gesellschaft (ATG) in Hamburg sah für 1947 folgende Vortragsthemen vor: "Heimische Kraftstoffwirtschaft", "Kraftfahrzeug-Entwicklung und Flüssigkraftstoff-Motoren", "Fahrzeug-Gasmotoren", "Flaschengas-Betrieb", "Kohlenstaubmotoren und -turbinen" und "dampfangetriebene Kraftfahrzeuge".[114] Ebenfalls wieder aufgenommen wurde die Diskussion um den Elektroantrieb, wobei man sich plötzlich - der Not gehorchend - daran erinnerte, daß insbesondere in Süddeutschland die heimischen Wasserkräfte die notwendigen Energiemengen liefern konnten. Bei der Bewertung des Elektromotors im Vergleich zum dominanten Verbrennungsmotor blieben die Argumente die gleichen wie zur Jahrhundertwende. "Die große Einfachheit des Elektromotors gegenüber dem Verbrennungsmotor begründet die technische und wirtschaftliche Überlegenheit elektrischer Fahrzeuge innerhalb ihres Verwendungsbereiches. Gegenüber einer Vielzahl hin und her bewegter, durch Druck und Temperatur hoch beanspruchter Teile eines Benzin- und oder Dieselmotors besteht der elektrische Fahrzeugmotor im wesentlichen nur aus einem festen und einem beweglichen Drahtbündel. Der Verbrennungsmotor benötigt eine ganze Reihe von Nebeneinrichtungen wie Wasserwerk, Gaswerk, Elektrizitätswerk, sowie einen besonderen Anlasser. Er ist nicht überlastungsfähig und muß daher von vornherein auf die höchste vorkommende Leistungsabgabe bemessen werden. Seine Drehmomentkurve entspricht nicht den Anforderungen des Fahrbetriebes, weshalb ein mehr-

stufiges Untersetzungsgetriebe unerläßlich ist."[115] Die von den Gegnern dieser Antriebstechnik immer wieder vorgebrachten Argumente bezüglich der ungünstigen Reichweite glaubte man schon 1946 mit neuen Forschungsergebnissen über tatsächliche Fahrleistungen widerlegen zu können. "Die Erfahrung hat ergeben und die Statistik hat nachgewiesen, daß etwa 60% aller in den Städten eingesetzten Lastkraftwagen je Arbeitstag nicht mehr als 50-60 km Fahrstrecke zurücklegen." Und bereits damals hoffte man, daraus recht optimistische Schlußfolgerungen hinsichtlich der Einführung solcher Aggregate ziehen zu können. "Da aber die Batterien für 60-70 km Fahrstrecke je Ladung ausreichen, so lassen sich die erwähnten 60% aller städtischen Lastfahrzeuge elektrifizieren."[116] Die Aufsätze in den beiden zentralen Standesorganen, der Automobiltechnischen (ATZ) sowie der Motortechnischen Zeitschrift (MTZ), nahmen offensichtlich für den etablierten Verbrennungsmotor als zentrales Element des Automobils ein so bedrohliches Ausmaß an - für den Kohlenstaubmotor sowie die Kohlenstaubturbine wurde beispielsweise schon eine baldige Betriebsreife in Aussicht gestellt[117] -, daß regelrechte Verteidigungsartikel erschienen und dem Kolbenmotor immerhin "noch weitere Perspektiven" attestierten.[118]

Aber schon in den Jahrgängen 1948 und 1949 nahm die Anzahl von Beiträgen mit grundsätzlichen Erörterungen über Antriebsfragen und der Vorstellung alternativer Entwicklungsoptionen zugunsten von Detailfragen und Funktionsoptimierungen der bestehenden Verbrennungsmotoren-Systeme wieder ab. Der Braunschweiger Professor Koeßler, Vorsitzender der ATG, die nach wie vor als Kommunikations- und Verständigungseinrichtung eine wichtige Rolle bei der Festlegung neuer Entwicklungslinien spielte, ließ 1952 in einem Aufsatz die Gründe für die erneute Verständigung auf den konventionellen Technikbestand anklingen: "Die Fertigung liegt heute zweifellos im Schwerpunkt des technischen Interesses; ihre Organisation und ihr Verfahren sind von maßgebendem Einfluß auf Wirtschaftlichkeit und Fahrzeugverkaufspreis. Und doch scheint zuweilen über Fertigungsvorteile die Gebrauchstüchtigkeit und Erhaltungswirtschaft vernachlässigt zu werden", gab der Braunschweiger Professor in bemerkenswerter Offenheit die Dominanz des Mittels über die Zwecksetzung zu.[119] Die vorhandenen Ansätze und Projekte zur Verbesserung der Gebrauchstüchtigkeit der Antriebe wurden von der ATG allerdings auch nicht gefördert. Der erste "Internationale Verbrennungsmotoren-Kongreß", der 1951 in Paris abgehalten wurde, zeigte vielmehr, daß sich die Stimmung im Lager des Motorenbaus längst wieder beruhigt hatte und praktisch alle in die Diskussion gebrachten alternativen Antriebssysteme vom Tisch waren. Kein namhafter Hersteller im Motoren- und Fahrzeugbau war aus der bisherigen Phalanx ausgebrochen. Die Community hatte längst wieder so weit Verständigung erzielt, daß die neuen Aufgaben der Zeit mit den bestehenden Antriebstechniken zu lösen

waren und hierfür die notwendige Anpassungsforschung zu leisten sei, zumal das Automobil als Fahrzeugkonzept mit seinen kennzeichnenden Elementen auch für die staatlichen Ordnungsmächte in dieser Zeit nicht zur Disposition stand. Dementsprechend dominierte die Erörterung von Spezialproblemen bei der Fortentwicklung der diesel- und ottomotorischen Verbrennungsprozesse in Hubkolbentriebwerken: "Untersuchungen zur Erzielung des höchsten thermischen Wirkungsgrades von Dieselmotoren" oder "die Überladung von Verbrennungsmotoren" - Themen, die endlich intensive Bemühungen um eine höhere Energieausnutzung ankündigten und somit als bescheidene Reminiszenzen an die Erfordernisse der Nachkriegszeit zu werten waren. Beiträge wie "Leistungssteigerung von Zweitakt-Großmotoren mit Umkehrspülung" oder "Fundamentschwingungen von Schiffsdieselmotoren großer Leistungen" zeigten aber auch, daß der Übergang zum Routinegeschäft im gesamten Motorenbereich schon wieder in Gang gekommen war.[120]

Weder nationalsozialistische Autarkiepolitik, Weltkriege oder Notstandsversorgung in der Nachkriegsphase konnten nachhaltige Änderungen in der Einstellung zum Verbrennungsmotor hervorrufen oder gar die Ablösung dieser Motorengattung bewirken. Die Welt - obwohl stark verändert - fuhr weiter mit den schon aus den ersten Jahren der Jahrhundertwende bekannten und "bewährten" Konstruktionen und nutzte weiterhin Dieselöl und Benzin als Kraftstoffe. Weder waren Kohlenstaubmotor, Dampfantrieb noch Turbine in die Nähe des praktischen Einsatz gekommen. Der Hubkolben-Verbrennungsmotor blieb fester Bestandteil des Automobils. Der Umgang mit der "Daueralternative" Elektromotor kann dabei als eine Art Indikator für die Frage dienen, wann und mit welchem Engagement in der langen Geschichte des Automobilbaus alternative Antriebslösungen diskutiert wurden. Der Anteil an Beiträgen, die sich mit den Möglichkeiten der Elektrotraktion beschäftigten, betrug in Deutschlands führender Zeitschrift, der "Automobiltechnischen Zeitschrift", und deren Vorläufer, "Der Motorwagen", in den Jahren 1898 bis 1902 etwa 15% der Hauptaufsätze. Eine durchaus beachtliche Zahl. Ab 1902 ging dieser Anteil aber deutlich auf 7% (1903) und schließlich bis auf knapp 1% im Jahre 1907 zurück. Lediglich im Jahre 1908 (3,3%) sowie 1914 (4%) erlebte der Elektroantrieb in den fachwissenschaftlichen Diskursen eine gewisse Berücksichtigung. Zwischen den beiden Weltkriegen und während des Zweiten Weltkrieges blieb der Anteil der Aufsätze an den Hauptaufsätzen unbedeutend. Erst in den Ausgaben dieser Zeitschrift im Jahrgang 1946 erreichten diesbezügliche Aufsätze wieder einen Anteil von 11,77%, pendelten sich aber schon in den nächsten Jahrgängen sehr schnell wieder auf einen Anteil um 1% ein. In den 50er und 60er Jahren finden sich im Standesorgan der Automobilingenieure praktisch keine Abhandlungen über Elektroantriebe. Eine kurze Belebung des Themas erfolgte lediglich

in den Jahren 1970-72 mit einem Anteil von 5%, um dann in den späten 70er und 80er Jahren wieder ins Unbedeutende zu verschwinden. Erst zu Beginn der 90er Jahre deutet sich - im Zusammenhang mit dem angekündigten Stufenplan zur Einführung von "Zero-Emission-Vehicles" in Kalifornien - eine erneute Belebung des Themas "Elektromotor" an.[121]

Diese alles in allem gesehen doch recht marginale Bedeutung alternativer Antriebssysteme unterstreicht nochmals deutlich, daß kurze Zeit nach der Jahrhundertwende der Verbrennungsmotor als dominantes Antriebssystem im Automobilbau etabliert wurde und, obwohl sich schon nach wenigen Jahren die äußeren Umstände änderten, als kultivierter Technikstandard das Maß der Dinge blieb, tief verankert in den Köpfen der Hersteller, eingebettet in ein weitverzweigtes Netz der Massenproduktion und von Nutzern als definitive technische Interpretation von Automobilität akzeptiert. Fragen zur Lösung von Antriebsproblemen wurden nicht mehr losgelöst vom vorhandenen Technikstandard gedacht, Problemstellungen nur noch durch die Brille der existierenden Antriebslösung entwickelt. Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Verteidigung exklusiver Rechte zur Verwertung der flüssigen Kohlenwasserstoffe (Benzin und Dieselöl). Während der Papst der Verbrennungsmotorenforschung, Harry Ricardo, 1932 immerhin noch die Suche nach neuen Kraftstoffen als zukünftige Aufgabe gesehen hatte, scheint heutzutage in Fachkreisen selbst diese Frage längst nicht mehr aktuell. Der weiter oben schon zitierte ehemalige Forschungschef der Daimler-Benz AG, Hans Joachim Förster, macht deutlich, daß nicht mehr zunächst die gesellschaftsrelevanten Probleme definiert und anschließend geeignete Lösungen gesucht werden. Die bereits vorhandenen und über viele Jahre kultivierten technischen Lösungen bestimmen die Korridore, in denen gesellschaftliche Probleme erörtert werden können. "Es scheint vernünftig" - so Förster zum Problem der Energienutzung mobiler Antriebssysteme -, "wenn jede Art von Primärenergie dort eingesetzt wird, wo sie die eigentlichen Funktionen am besten erfüllt. Da bei jedem stationären oder leitungsgebundenen Energieverbraucher elektrische und Wasserstoff-Energie den Bedarf nach Kraft, Wärme, Strom ohne jede Einschränkung der Funktion decken können, ist es einfach unvernünftig, deren Einsatz gerade dort zu verlangen, wo sie die Funktion, unabhängige Mobilität, drastisch verschlechtern. Das heißt, fossile Kraftstoffe sollten möglichst bald für den mobilen Einsatz reserviert werden."[122] Der ehemalige Forschungschef des VW-Konzern unterstützte seinen Kollegen in einem ähnlichen Statement: "Was mir bei der gegenwärtigen Diskussion über die alternativen Kraftstoffe nicht einleuchten will, ist" - so Heiko Barske noch Anfang des Jahres 1993 - "daß man auch beim Kraftfahrzeug flüssige Energieträger gegen gasförmige austauschen möchte. Flüssige Kraftstoffe haben nun einmal, verglichen mit allen anderen Energieträgern, die mit Abstand

höchste Energiedichte, und sie lassen sich sehr unproblematisch transportieren. Bevor man da an eine Substitution im Verkehrsbereich denkt, sollte man jeden Einsatz gasförmiger Energieträger bei den stationären Verbrauchern forcieren."[123] Angesichts der Tatsache, daß für den Verbrennungsmotor mit seiner schlechten Energieausbeute und hohen Schadstoffwerten dieser teure und vom Energieertrag sehr wertvolle Saft exklusiv gehalten werden soll, liegt in solchen Äußerungen ein fast schon zynischer Zungenschlag.

Wie es scheint, war ein grundlegender Wechsel der Antriebseinheit, dem "Kern-Element" des Automobils, nach der "Schließungs"-Periode des ersten Jahrzehnts im 20. Jahrhundert, trotz der sich zum Teil dramatisch verändernden Umstände nicht mehr organisierbar. Zumindest erschien ein Wechsel in der Antriebseinheit bei einem stabilen Verständnis von Automobilität als Rennreiselimousine nicht denkbar. Mit der Einführung der Massenproduktion wurden die zur Jahrhundertwende gefällten Technikentscheidungen im Fertigungsbereich nicht nur bestätigt, sondern gleich millionenfach multipliziert. Das Auto als Massenkonsumartikel, die direkte Nähe zum Kunden, ließen keinen Raum mehr für abweichende Konstruktionen. Ein eigenständiges Profil geriet gar zum geschäftlichen Risiko. "Am Beispiel Peugeot und Daimler-Benz wird deutlich, daß Firmen, die zunächst technisch fortschrittliche Autos herausbrachten, im Laufe von Jahrzehnten eine vorsichtigere Produktpolitik einschlugen. Ihre Autos wurden immer konventioneller, beide Firmen konnten ihre Marktposition verbessern. Das Auto wandelte sich vom technischen Produkt zum Konsumartikel. Technische Konzeptionen und elegante Detaillösungen verloren ihre überragende Bedeutung zugunsten einer Firmenpolitik, die Marktuntersuchungen vor Technikerträume stellte."[124]

Das Automobil blieb zudem auch im Verständnis der Nutzer immer genau mit einem festen Technikensemble assoziiert. Die wenigen Versuche, im Antriebsbereich zu Reformen zu kommen, stießen trotz Veränderung der Nutzungsroutinen dabei durchaus auf Interesse, wie beispielsweise Versuche mit einem Turbinentriebwerk für Fahrzeuge bei Chrysler zwischen den Jahren 1963 und 1966 zeigten. Eine kleine Testflotte von 50 Fahrzeugen wurde zur Erprobung an ausgewählte Kunden gegeben. Obwohl hinsichtlich der Betriebssicherheit noch erhebliche Probleme zu verzeichnen waren und die völlig veränderte Fahrcharakteristik gewöhnungsbedürftig war, entschieden sich nach Beendigung des Testes alle 203 beteiligten Kunden, ein solches Fahrzeug zu kaufen, wenn es denn erhältlich sei. Die Kalkulationen in der Chef-Etage des Konzerns basierten offenkundig aber auf anderen Annahmen. Eine Serienfreigabe dieses neuartigen Antriebssystems wurde jedenfalls nicht erteilt.[125]

Festzuhalten bleibt - und es scheint dringlich, daran zu erinnern -, daß zur Jahrhundertwende die Frage nach dem Antriebskonzept für Automobile offen

und kontrovers diskutiert wurde, die Situation aber schon nach wenigen Jahren insofern "geschlossen" war, als für Personenkraftwagen ausschließlich der Hubkolben-Verbrennungsmotor genutzt wurde. Träger und Promotoren dieser Techniklinie hatten mit schnellen Verständigungsleistungen einen technischen Kern definiert, dessen Leistungsfähigkeit dem damaligen Zeitgeist entgegen kam. Der schnelle Erfolg dieser Techniklinie basierte insbesondere auf der gelungenen Organisation eines sehr rigiden Konzentrationsprozesses, der eine rasche Funktionsfähigkeit sicherstellte und für Neueinsteiger damit ein attraktives Reservoire repräsentierte. Damit waren aber gleichzeitig auch - und das macht das Dilemma des Erfolges des Verbrennungsmotorenbaus aus - die spezifischen Bedingungen der Jahrhundertwende mit in die Konstruktion des Motors aufgenommen worden. Da aber der auf dieser Basis entstandene Technikstandard in seiner Funktions- und Betriebssicherheit nur ungern wieder aufgegeben wurde, schleppte man mit der Verwendung dieses Motorenprinzips, das mit den Methoden der Massenproduktion zum Konsumgut wurde, den Geist des 19. Jahrhunderts mit und stabilisierte auf diese Weise zeitbedingte Zustände über deren eigentliches Verfallsdatum hinaus. Während es den ersten Nutzergenerationen der Autos noch gelang, ihre Bedürfnisse und Interessen unmittelbar in den Konstruktionsprozeß einfließen zu lassen - heraus kam das Konzept einer Rennreiselimousine - fehlten den nachfolgenden Generationen diese Möglichkeiten. Um die Jahrhundertwende war damit nicht nur eine technische Schließung erfolgt, sondern es vollzog sich auch eine Prägung der Bedeutung Automobil, das mit all seinen technischen Eigenschaften in die Vorstellungswelt der Nutzer eingelagert blieb.

Die Autoindustrie ist bei der Entwicklung allerdings nicht nur von den Kaufentscheidungen der Kunden abhängig. Produktion und Konsumtion dieses Verkehrsträgers ist als großtechnisches System auf politische Rahmenbedingungen angewiesen, mit der eine generelle gesellschaftliche Akzeptanz geschaffen und sichergestellt wird. Staatliche Stellen mußten als organisiertes Gemeinwesen für die Verbreitung automobiler Fahrzeuge die entsprechende technische und politische Infrastruktur durchsetzen und stabilisieren. Während in der Bundesrepublik die zunächst unter dem nationalsozialistischen Regime eingeleitete Massenmotorisierung durch Ausbau der Verkehrswege, Steuervergünstigungen und verschiedene direkte und indirekte staatliche Subventionen an die Autohersteller mit erhöhter Dynamik fortgesetzt wurde[126], kündigten sich von der fernen amerikanischen Westküste ganz andere Signale an, die in den 60er und auch 70er Jahren dem Weltautomobilbau noch erhebliche Probleme bei der Verteidigung des wohl kultivierten Technikbestandes verschaffen sollten: Hohe Schadstoffwerte der Verbrennungsmotoren, Sicherheitsmängel der Fahrwerke, Probleme in der Verfügbarkeit der flüssigen Kohlenwasserstoffe kulminierten

in einer Weise, daß gesellschaftliche Akzeptanzprobleme auftauchten und erstmals staatliche Begrenzungen der bislang grenzenlosen Freiheit des Automobils notwendig wurden. Diese externen Veränderungen entwickelten sich für die Autohersteller schließlich zu Turbulenzen, als kleine Unternehmen den bisher so gepflegten Konsens im Antriebsbau aufgaben und zum Zwecke der Produktprofilierung abweichende Motorenkonzepte entwickelten und tatsächlich auch am Markt anbieten konnten. Die Stabilität der Bedeutung Automobil mit seinem Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentrales technisches Element sollte mit dem Projekt Wankel daher in bisher nicht gekanntem Maße auf die Probe gestellt werden.

2. Die Bedrohung: Das NSU/Wankelprojekt

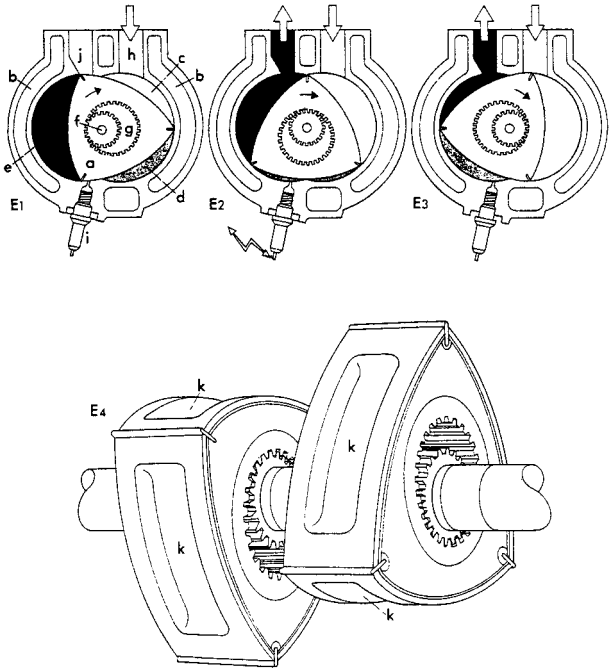
2.1 NSU AG: Frecher und naiver Aufbruch in die motortechnische Revolution

Auftakt

Am 19. Januar 1960 trat die Automobiltechnische Gesellschaft (ATG) des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) im Deutschen Museum in München zu einer ganz besonderen Tagung zusammen. Unter dem unscheinbaren Thema "Dreh- und Kreiskolbenmaschinen als Verbrennungsmotoren" wurden vor den Augen von Fachpublikum und Fachpresse die ersten Ergebnisse eines neuartigen Antriebskonzeptes vorgestellt: der Wankelmotor, ein von der Firma NSU AG in Zusammenarbeit mit Felix Wankel entwickelter Kreiskolbenmotor - zwar auch ein Viertakt-Verbrennungsmotor, aber mit einer völlig anderen Triebwerkskonstellation. Beim klassischen Hubkolbenmotor muß die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens erst umständlich, verlustreich und mit hohem mechanischen Aufwand in rotierende Bewegungen der Antriebswelle übersetzt werden. Dreh- und Kreiskolbenmaschinen, die hinsichtlich der Kinematik ihrer Läufer (feststehend oder ebenfalls rotierend) unterschieden werden und unter dem Oberbegriff "Rotationskolbenmaschinen" von Felix Wankel zusammengefaßt wurden, arbeiten zwar mit dem gleichen Verbrennungsverfahren wie der Hubkolbenmotor, unterscheiden sich von diesem jedoch grundsätzlich im Aufbau sowie in den motorischen Eigenschaften. Beim Kreiskolbenmotor wird der Zylinder durch ein Gehäuse ersetzt, das in Form einer zweibogigen Epitrochoide ausgearbeitet ist. Der Kolben hat sich in einen Läufer verwandelt, der die Form eines Bogendreiecks aufweist, der mit seinem Schwerpunkt eine Kreisbahn beschreibt und zusätzlich um seine Achse rotiert. Die Rotationsbewegung des Läufers um die Exzenterwelle übernimmt dabei die Funktion der Kurbelwelle. Damit entfallen die Kurbelwelle und das Kurbelgehäuse.[1]

Dieser Motor kommt damit dem Traum aller Techniker, der Realisierung einer "unausgesetzten Drehbewegung" sehr nahe. Mit Ausnahme des ottomotorischen Verbrennungsverfahrens verfügt der Kreiskolbenmotor somit über Konstruktionsmerkmale, die zwar als grundsätzliche Optionen seit langer Zeit bekannt sind[2], aber von der internationalen Motorenbaugemeinde nie als legitime Bestandteile eines Automobilantriebes anerkannt wurden. Das Automobilverständnis ist eben fest von einem Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentrale Antriebseinheit geprägt worden.

Abbildung 3: Kreiskolbenmotor (KKM), Bauart NSU/Wankel



Quelle: Strandh, S., Die Maschine, Freiburg 1980, S.149

Das Interesse beim Fachpublikum an dieser Tagung war außerordentlich groß, 300 Teilnehmer waren erwartet worden, 1700 schließlich erschienen. Die Öffentlichkeit nahm regen Anteil, offensichtlich im Bewußtsein, an einer technikhistorischen Markierung angekommen zu sein. "Die Stille des Hauses legte Zeugnis davon ab, daß die Unlogik des bisher beschrittenen Weges in die Bewußtseins-Sphäre des Technikers gelangt war."[3] Die feierliche Stimmung war nicht ganz zufällig entstanden, sondern von den Veranstaltern bewußt inszeniert, wobei die Dramaturgie schon vor gut 60 Jahren geschrieben worden war. Damals, 1897 auf einer VDI-Hauptversammlung in Kassel, konnte der junge Ingenieur Rudolf Diesel, eingerahmt von führenden Vertretern des deutschen Maschinenbaus und Autoritäten der Ingenieur- und Technikwissenschaften zum ersten Male das von ihm initiierte, neuartige - und wie sich einige Jahrzehnte später herausstellen sollte - so überaus erfolgreiche motorische Verbrennungsverfahren dem Fachpublikum vorstellen.

Szenenwechsel: Im Dezember 1982 gab die Vorstandsleitung der Audi NSU Auto Union AG, einem Tochterunternehmen des Volkswagen-Konzerns, den Inhabern von sogenannten Genußscheinen, einer besonderen Form der Gewinnausschüttung aus den Lizenzeinnahmen des Wankelgeschäftes für ehemalige Aktienbesitzer der NSU AG, folgendes bekannt: "An der dominierenden Stellung des Hubkolbenmotors wird sich mittelfristig nichts ändern. Alle Anstrengungen in Entwicklung und Produktion konzentrieren sich auf die Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit und Qualität moderner Automobile. Bei der Verfolgung dieser Ziele hat der Kreiskolbenmotor als Alternative zum Hubkolbenmotor derzeit geringe Chancen, sich im Markt durchzusetzen..."[4] Hinter dieser Mitteilung verbarg sich, kaum verklausuliert, das endgültige Aus für den NSU/Wankelmotor. Damit hatte sich auch die Firma, die 1954, damals freilich noch als unabhängige NSU AG, das Wagnis einer völligen Neukonstruktion eingegangen war und mit der Serieneinführung begonnen hatte, von diesem Motor verabschiedet. Der Ausstieg aus Forschung, Entwicklung, Fertigung und Vermarktung des NSU/Wankelmotors war etappenweise schon seit Mitte der 70er Jahre erfolgt und immer wieder als eine zwingende ökonomische Entscheidung begründet worden. Schon 1977 war die Serienproduktion des Ro80, einer repräsentativen Limousine, angetrieben mit einem Wankelmotor, eingestellt worden. Die Begründung der Geschäftsleitung: "Das Marktvolumen, die Rentabilitätserfordernisse und die Auslastung der Produktionskapazitäten in den Audi NSU Werken haben die Fortführung der Serienproduktion des im Februar 1967 in einer Vorserie erstmals produzierten Ro80 unvertretbar gemacht." Das einstige "Auto des Jahres" blieb neben dem NSU-Spider das einzige in Deutschland hergestellte Serienfahrzeug mit einem Kreiskolben-Antrieb. Im Juli 1979 folgte das Ende eines bis dahin sehr erfolgreich entwickelten Prototyps einer neuen Generation von Rotationskolbenmotoren, dem sogenannten "KKM 871", der ursprünglich einmal für den Einsatz im Audi 100/200 vorgesehen war. In einer Presseerklärung gab der Vorstand bereits damals bekannt: "Die nunmehr erfolgte Entscheidung von Audi NSU beruht im wesentlichen auf wirtschaftlichen Erwägungen." Man sei "bei Berücksichtigung der heute errechneten Herstellkosten sowie der erforderlichen Investitionen und, gestützt auf detaillierte Marktuntersuchungen, zu der Überzeugung gelangt, daß derzeit ein Audi-Fahrzeug mit dem Kreiskolbenmotor 'KKM 871' nicht in einer Größenordnung abgesetzt werden kann, die eine Aufnahme der Serienproduktion wirtschaftlich rechtfertigt."[5]

Zwischen den Jahren 1960, der Vorstellung des Konzeptes, und 1982, dem Verkünden der Einstellungsentscheidungen, lag das Bemühen um die Realisation einer "motortechnischen Revolution", so sahen es zumindest die Promotoren der Rotationskolbenmaschine. Wenn auch der NSU/Wankelmotor als Ver-

brennungskraftmaschine sicherlich keine grundlegende Lösung der Schadstoffprobleme versprach, dokumentierte sich in diesem Innovationsprojekt doch die Hoffnung, dem weltweit auf Homogenität getrimmten Technikstandard neue Angebote hinzuzufügen und damit eine Art Vorhut auch für andere Antriebssysteme bilden zu können. "It isn't going to replace the piston engine tomorrow, but probably represents the next grudging step that industry will take, once that industry is forced to give up its beloved pistons", so hoffte man noch 1972.[6] Der NSU/Wankelmotor blieb bis heute der einzige "alternative Antrieb", der sich nach der Etablierung des Hubkolben-Verbrennungsmotor als Serienmotor über Jahre in einer kleinen Marktnische halten konnte. Aber nicht einmal ein Unternehmen, daß sich dem Motto "Vorsprung durch Technik" verpflichtet fühlt, konnte offenbar den Willen und die Kraft aufbringen, die Konvergenztendenz im Autobau aufzubrechen. Es wäre sicherlich nicht die grundlegende Neuinterpretation des Automobilkonzeptes gewesen, allerdings ein erster Meilenstein in der Ausweitung des bisherigen starren Konzeptes. Der Wankelmotor erlaubt nicht nur durch sein vergleichsweise geringes Bauvolumen neue fahrzeugtechnische Möglichkeiten, sondern schuf auch technische Voraussetzungen für einen neuen Fahrstil. Man braucht dabei nicht soweit zu gehen wie einige Autoren, die in dem Hammerwerk des Hubkolbenmotors einen - auf seriöse wissenschaftliche Untersuchungen gestützt - permanenten Vibrator zur Stimulierung sexueller Lustgefühle vermuten, um die rotierenden Antriebskonzepte als vergleichsweise kultiviert zu empfinden.[7] Andere Antriebs- und Fahrzeugkonzepte erfordern aber auch Änderungen in den gewohnten und weitgehend verinnerlichten Nutzungsroutinen. Diesen Aspekt nicht realisiert und daher auch in der Innovationspolitik nicht berücksichtigt zu haben, gehört zu einigen der bemerkenswertesten Unterlassungen der NSU AG bei dem Versuch zur Etablierung einer motortechnischen Revolution.

Erneuter Szenenwechsel: Bei dem legendären 24-Stunden-Rennen von Le Mans im Sommer 1991 schockierte ein Rennwagen die Konkurrenz durch seinen überlegenen Sieg: ein Mazda, angetrieben von einem Vierscheiben-Wankelmotor![8] Auf der Tokyo-Motor-Show im selben Jahr überraschte erneut Mazda die Fachwelt mit der Vorstellung des Prototyps HR-X, einem Wankelauto, das mit Wasserstoff betankt wird und damit, außer einem geringen Anteil von Stickoxiden, nahezu abgasfrei zu betreiben ist.[9] In einer getrennten Aufbereitungsanlage wird gasförmiger Wasserstoff durch eine Niederdruckeinspritzpumpe über einen Seitenkanal eingespritzt und verbrennt im Kreiskolbenverfahren ohne Fehlzündungen. Unterstützt wird die aus der Verbrennung des nicht ganz so energiereichen Wasserstoffs gewonnene Antriebskraft noch durch einen zugeschalteten Elektroantrieb, dem "Active Torque Control System" (ATCS). Mazda veranschlagte durch die Verwendung weitgehender schon im Unterneh-

men beherrschter Operationen Mehrkosten von maximal 20% gegenüber vergleichbaren konventionellen Autos, wogegen der Konzern für reine Elektroantriebe mehr als das Doppelte der Kosten herkömmlicher Wagen errechnet.[10] Die VW-Tochter Audi NSU, die sich seit 1985 nur noch Audi AG nennt und immerhin als erstes Unternehmen den Rotationskolbenantrieb zur Serienreife entwickelt hatte, war auf der Tokyo-Motor-Show ebenfalls vertreten. Der Kontrast zwischen diesen beiden Firmen hätte nicht größer sein können. Während Mazda an einem Wechsel der vorherrschenden Antriebssysteme experimentierte, präsentierte sich das deutsche Unternehmen mit dem Prototyp des Sportwagens AVUS: 12 Zylinder, 60 Ventile, 6 Liter Hubraum und sage und schreibe 500 PS provozierten Fragen nach dem Maß der Dinge. Aufwendiger hätte die Fortsetzung konventioneller Wege zudem nicht demonstriert werden können; selbst technikbegeisterte Fachjournalisten fragten, ob es nicht auch "eine Nummer kleiner getan" hätte.[11]

Die Wankelgeschichte ist also noch keineswegs zu Ende, und unversehens befindet sich diese Antriebstechnik Mitte der 90er Jahre wieder im Kreis möglicher Alternativen zum konventionellen Hubkolben-Verbrennungsmotor. Eher verschämt kündigte die Mercedes-Benz AG, die viele Jahre selbst unwillig am Wankelexperiment gearbeitet hatte, im September 1992 eine Forschungskooperation mit Mazda an, die den Einsatz von Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik zum Gegenstand hat.[12] Mittlerweile wird auch der erfolgreiche Sportwagen Miata (MX-5) versuchsweise mit einem wasserstoffbetriebenen Wankel ausgerüstet und erreicht damit bereits mit einer Tankfüllung eine Reichweite von fast 250 Meilen.[13]

Die Audi AG bemühte sich dagegen, den Rückzug aus der Wankeltechnologie als rationale und wohlkalkulierte unternehmerische Maßnahme darzustellen. Der Ausstieg fast aller Lizenznehmer, nahezu alle führenden Automobilhersteller hatten sich zwischenzeitlich in die Wankeltechnik eingekauft, gab dem Unternehmen in dieser Hinsicht ja auch recht. Dagegen dokumentiert das Engagement des Mazda-Konzerns, daß die Gründe für den Ausstieg so eindeutig nicht sein können. Im Jahre 1961 unterschrieb das japanische Unternehmen als erster Automobilhersteller überhaupt einen Lizenzvertrag mit der NSU AG für die Fertigung von Rotationskolbenmaschinen nach dem Muster NSU/Wankel. Da man unterstellen kann, daß der japanische Konzern nicht die Caritas des Weltautomobilbaus ist, sondern ebenfalls unter streng profitmaximierenden Gesichtspunkten operiert wie die Konkurrenten, sind für technikbezogene Entscheidungen anscheinend nicht nur grundlegende betriebswirtschaftliche Kostenkalkulationen ausschlaggebend, sondern offenbar auch Ergebnisse sozialer Konstellationen, eben nur im Gewand "objektiver" Realitäten. Im Frühjahr 1992 wurde, begleitet von einer bemerkenswert freundlichen Presse, eine völlig

neue Version des "RX-7" vorgestellt, dem einzig noch verbliebenen Serienauto mit Rotationskolbenantrieb. Vom Vorgängermodell sind, kurz vor dem Modellwechsel im Jahr 1991 in den USA, immerhin noch 7000 Stück verkauft worden. Auf den ersten Blick keine aufregende Zahl. Jedoch sollte dabei berücksichtigt werden, daß die Porsche AG, alle Typen zusammengenommen, in den USA im gleichen Jahr nicht einmal 4400 Einheiten absetzen konnte. VW-Tochter Audi erreichte mit dem Bekenntnis zur konventionellen Technik im vergleichbaren Marktsegment mit dem Audi V8 Quattro eine Verkaufszahl von 527 Fahrzeugen![14] Der oftmals als "Spritfresser" verunglimpfte Wankelantrieb kommt erstaunlicherweise im RX-7 mit 25 miles per gallone (mpg) gegenüber dem Porsche Carrera, dem Mercedes-Benz SL 320 sowie dem Audi Quattro, die jeweils nur 24 bzw. 23 mpg schaffen, im offiziellen EPA (Environmental Protection Agency)-Test der USA sogar noch besser weg.[15]

Mazda hat mittlerweile über 1,5 Millionen Rotationskolbenmotoren, Bauart Wankel, fabriziert und verkauft. Automobile mit einer völlig anderen Antriebstechnik auszustatten und damit gegen den herrschenden Konvergenzdruck zu operieren, ist auch für ein japanisches Unternehmen keine Selbstverständlichkeit. Kenishi Yamamoto, über viele Jahre die beherrschende Figur der Wankelentwicklung bei Mazda, gab im Rahmen einer Bilanz über "Two Decades of Innovation" Einblick in die Probleme bei der Durchsetzung und Verteidigung neuer, vom bekannten Standard abweichender Antriebe: "New Ideas, even technological ones, mean crossing etablished frontiers. The paths are uncharted. And the snipers keep you in sight of their barrels even while maintaining themselves safely at a distance". Ohne die kompromißlose Unterstützung des Topmanagements, "without their philosophy of trust, we could never have succeeded". "We used science and experimentation to cross that frontier", aber mit diesen Hilfsmitteln allein war eine andere Konstruktionslinie nicht dauerhaft gegen die Konkurrenz eines weltweit anerkannten "Technikstandardes" zu etablieren und zu verteidigen. "We learned that without enthusiasm and untiring devotion, we could never have defied those seemingly impossible challenges."[16]

Die überaus unterschiedlichen Strategien im Umgang mit dem Projekt des Wankelmotors lassen zwei Aspekte erkennen, die möglicherweise zu den elementaren Konstitutionsmerkmalen des Automobilbaus gehören: Es existiert ein ökonomisch, kognitiv und sozial motivierter Konvergenzdruck, der nach außen als Beharrungsvermögen erscheint. Dieser Technikstandard wird noch zusätzlich dadurch stabilisiert, daß er im Verständnis von Konstrukteuren und Nutzern gleichermaßen fest als "Automobil" einprogrammiert ist. Offenbar kann dieser nur dann aufgeweicht werden, wenn grundlegend neue technische Produktinnovationen in soziale Konfigurationen eingebunden werden können, die vorherrschende Rationalitäten - definiert als sozial konstruierte Standardsetzung - für

bestimmte Bereiche außer Kraft setzen und Räume für die Erzeugung neuer Fakten schaffen. Ob eine Technik projektiert, entwickelt und eingeführt wird, hängt von der Interpretation der vorgegebenen Handlungskorridore seitens der Akteure ab und läßt Technikentwicklung als inkrementalen sozialen Prozeß erscheinen. Mit der Rekonstruktion des Projektes Wankelmotors können somit die zum Teil recht subtilen Standardisierungszwänge, die "Angst vor der kleinen Zahl", kenntlich gemacht werden und gleichzeitig die Faktoren und Konstellationen zur De-Stabilisation aufgezeigt und in ihren Erfolgsmöglichkeiten geprüft werden. Damit lassen sich schließlich auch Mutmaßungen über die aktuelle Produktpolitik der Autoindustrie anstellen.

Stand- und Spielbeine: Entwicklungsalltag der 50er Jahre

Die Untersuchung der Frage, wie überhaupt eine im Vergleich zum Hubkolbenmotor so grundlegend anders konfigurierte Rotationskolbenmaschine über den Status eines Forschungsprojekts hinaus zum Gegenstand eines Entwicklungsauftrages mit anschließender Serienfreigabe kommen konnte, wird mit den komplizierten Interdependenzen zwischen Umfeld-Entwicklung und innerbetrieblichen Machtgefügen konfrontiert. Schon wenige Jahre nach Ende des Zweiten Weltkrieges waren alle Versuche zur grundlegenden Reformierung automobiler Antriebsaggregate wieder zugunsten des vorherrschenden Technikstandards zurückgedrängt und die bereits im ersten Jahrzehnt des Jahrhunderts getroffenen "Schließungs"-Entscheidungen bestätigt worden. Die Autoindustrie hatte sich weltweit erneut auf die Fortsetzung des Hubkolben-Verbrennungsmotors als festen Bestandteil des Automobilkonzeptes der Rennreiselimousine verständigt. Mit diesen eindeutig markierten Grenzen konnten auf strukturierter Grundlage verschiedene andere Antriebsoptionen durchaus einmal ins Kalkül gezogen werden, ohne daß der Basiskonsens des herrschenden Standes der Technik gefährdet war. Damit waren stabile Voraussetzungen zur Erfüllung der konstruktiven Pflichtaufgaben gegeben und Korridore für konstruktive Küraufgaben eröffnet. Motiviert wurde die Auto- und Motorenindustrie zu solchen Projekten durch mehrere Gründe. Während des Krieges hatten viele Ingenieure, insbesondere im Bereich der Antriebstechnik unter extremen Randbedingungen gearbeitet, die in Deutschland zwar einerseits durch Beschaffungs- und Versorgungsprobleme eingeschränkt waren, andererseits aber in der Erreichung maximaler technischer Leistungsstärke einen bis dahin nie gekannten Freiheitsraum für Techniker und Ingenieure geschaffen hatten. Vor allem im Flugmotorenbereich waren - koordiniert durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) - verschiedene Konstruktionswege zur Leistungssteigerung von Ver-

brennungsmotoren entwickelt und erprobt worden, für die im industriellen Serienbetrieb weder Zeit noch Geld zur Verfügung standen. Benzineinspritzung, Aufladetechnik oder Drehschiebermotoren - das sind konventionelle Hubkolbenmotoren, Verbrennungsmotoren, bei denen die herkömmlichen Tellerventile durch rotierende Ein- und Auslaßkonstruktionen ersetzt werden - konnten daher von den vielfach aus der Flugzeugindustrie in die Auto- und Motorenindustrie zurückgekehrten Ingenieuren nicht mehr weiter verfolgt werden. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, daß im Rahmen der DVL-Forschungsarbeiten auch KZ-Häftlinge für Versuche in Unterdruckkammern benutzt wurden, um die Auswirkungen großer Höhen auf das zentrale Nervensystem oder den Kreislauf auszutesten.[17]

Im Gegensatz zu den Arbeiten an den hochgezüchteten Flugmotoren bildete die Funktions- und Betriebssicherung der ersten Serienmotoren in der Nachkriegszeit daher einen vergleichsweise biederen und wenig attraktiven Arbeitsbereich. Walter Froede, Renn- und Entwicklungsleiter und später maßgeblicher Promotor des Wankelprojektes bei NSU, faßte diese Probleme für sich und seine ambitionierten Kollegen 1954 in einem Artikel so zusammen, daß wohl allgemein noch immer zu "optimistische Vorstellungen" über den "Umfang der in einem Industriebetrieb möglichen technischen Entwicklungsarbeiten bestehen". "Jeder Betrieb ist zunächst auf die Vervollkommnung und Verbilligung seiner Serienproduktion bedacht. Natürlich" - so Froede weiter - "muß darüber hinaus Entwicklungsarbeit geleistet werden, um einen Vorsprung zu sichern. Die hierbei zurückgelegten Entwicklungsschritte sind jedoch in der Regel nur sehr kurz und der ganze Vorgang spielt sich durchaus im Rahmen einer Evolution ab. Für die Aufnahme einer grundsätzlich neuen und vorauseilenden Idee stehen in den seltensten Fällen ausreichend Mittel zur Verfügung."[18] Große Industrieunternehmen waren allerdings schon in den 30er Jahren dazu übergegangen, der unter rigidem Serienzwang stehenden Entwicklungsabteilung eine "Vor-Entwicklung" anzugliedern, in der "ohne feste Termine Gedanken für spätere Modellentwicklungen erkundet"[19] werden sollten. Die in den 50er Jahren in der Mehrzahl der Unternehmen immer stärker institutionell verankerten "Vor-Entwicklungsabteilungen" bildeten damit Nischen, in denen ambitionierten Ingenieuren die Chance geboten wurde, etwas unabhängig von der vorherrschenden Dominanz der Entwicklungsabteilungen zu arbeiten. Denn nicht nur die Vorgaben der Serienproduktion engten die Spielräume der Konstrukteure ein. Bei den Autoherstellern hatten sich im Laufe der Jahre strenge Regeln zum Bau von Antriebs- und Fahrzeugkonzepten etabliert, die es zu beachten galt.

Die Entwicklung von Motoren wurde und wird auch heutzutage noch in zwei Funktionsbereiche, in Konstruktion und Versuch, aufgeteilt, wobei beide Gebiete fast immer auch in zwei getrennt voneinander operierenden Abteilun-

gen untergebracht sind. Auf den ersten Blick erscheint diese Art der Arbeitsteilung unproblematisch. In der Konstruktion werden neue technische Lösungsmöglichkeiten eruiert und in Pläne umgesetzt, dann als Prototyp gebaut und dem Versuch zur Erprobung überlassen. Traditionell gibt es im Verbrennungsmotorenbau aber eine starke Dominanz des Versuchs, weil die Entwicklungstätigkeiten bei den recht komplizierten Aggregaten bis heute ausgesprochen empirisch geblieben sind. Da der schon kurz nach der Jahrhundertwende erreichte Konsens über grundlegende Basiskonstruktionsprinzipien die Korridore für die Entstehung eines umfangreichen Erfahrungsbestandes geboten hatte, konnte auf vergleichbarem sicherem Grund erprobt und nach der Devise vorgegangen werden: "Machen - und sehen ob es hält."[20] Schon in den 30er und 40er Jahren kritisierten - was Wunder - insbesondere Forschungsingenieure und Technikwissenschaftler diese im Kern konservative Haltung, bei der die Ergebnisse der universitären und außeruniversitären Forschungen weitgehend ignoriert wurden. Die Industrie arbeite - so Professor Kamm aus Stuttgart - "zu sehr gefühlsmäßig."[21] Noch in den 50er Jahren hatten neu eingestellte Ingenieure bei der Nobelfirma Daimler-Benz von der Motorenabteilung den Eindruck eines "gehobenen Landmaschinenbaues."[22] In anderen Unternehmen bezeichnete man die Automobilkonstrukteure auch schon mal als "mechanisch-akademische Schlosserzunft."[23] Immer wieder wurde von Forschungsseite an die Einsicht der Industrie plädiert, "daß die mehr oder weniger empirische Entwicklung im Kraftfahrzeugbau ähnlich, wie schon lange im Flugzeugbau, ihre Grenzen erreicht hat. Träger der Weiterentwicklung kann nur die planmäßige, durch praktische Erprobung gestützte wissenschaftliche Arbeit sein", hoffte man 1943 im Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen der TU Stuttgart.[24] Ende der 30er Jahre begannen auf staatliche Initiative hin Planungen zur Gründung einer "Versuchsanstalt für die Kraftfahrzeugindustrie", die nach dem Vorbild der DVL den gesamten Automobilbau auf eine wissenschaftlich-technische Basis stellen sollte. Aber schon 1941 verschwand das Projekt wieder in den Schubladen.[25] Im praktischen Industriealltag sah es zumeist so aus, daß in der Konstruktion Vorschläge ausgearbeitet und zum Versuch gegeben wurden. Auf den Prüfständen konnte getestet und bewertet und die Konstruktionen mit Empfehlungen des Versuchs zur Veränderung wieder zurück an die Konstruktion gegeben werden. Häufig mußte in der Konstruktionsabteilung daher "dem Versuch hinterher konstruiert" werden.[26]

Mit der Einrichtung von Vor-Entwicklungsabteilungen war daran gedacht worden, die Konstruktionen eigenständiger und zumeist mit einem eigenen Versuchs-Equipement auszustatten, was aber andererseits mit einem Verlust an Nähe zur unmittelbaren Serien-Entwicklung bezahlt werden mußte. Neue Konstruktionswege konnten zwar damit nicht nur auf dem Reißbrett erdacht, son-

dern im Rahmen der Vor-Entwicklung selbst gebaut und getestet werden. Diesen Projekten drohte jedoch immer eine Bedeutungslosigkeit, denn nur die Serien-Entwicklung durfte mit den Erfahrungen im Umgang mit großen Stückzahlen darüber entscheiden, was an Veränderungen für die Freigabe zur Serie vorbereitet wurde. Ambitionierten Ingenieuren der Vor-Entwicklung blieben daher wenig Darstellungsmöglichkeiten. Im Papierkorb zu landen war ein gängiges Schicksal von Projekten. Mit dem erreichten Erkenntnisstand wenigstens noch wissenschaftliches Profil zu erlangen und Fachaufsätze zu publizieren, bot nur wenigen eine befriedigende Perspektive. Daimler-Benz beispielsweise belegte noch bis in die 60er Jahre alle Arbeiten, die nicht in die Serienfreigabe überführt werden konnten, mit einem Veröffentlichungsverbot.[27] Eine andere Möglichkeit ergab sich mit dem Rennsport. Diese auch in den 50er Jahren beliebten internationalen Veranstaltungen, die immer wieder zur Stabilisierung des Automobils als ein Rennreisekonzept beitrugen, dienten den Ingenieuren oft als Darstellungsbühne für technische Entwicklungsarbeiten. Häufig waren daher auch Vor-Entwicklung und Rennabteilung organisatorisch eng miteinander verbunden.

Für das Management schließlich bilden die Vor-Entwicklungsabteilungen einen Teil der unternehmerischen Vorsorge-Politik. Je deutlicher sich nach Kriegsende wieder der Konsens auf den Hubkolben-Verbrennungsmotor mit otto- und dieselmotorischer Verbrennung eingestellt hatte, um so notwendiger schien offenbar den Unternehmensleitungen durchaus die Existenz von Arbeitseinheiten, die über den täglichen Tellerrand hinausblickten. Damit konnten eventuelle überbetriebliche Trendverschiebungen oder gar grundlegende Modifikationen der Basisentscheidungen nicht nur frühzeitig erkannt werden, sondern in diese vor-wettbewerblichen Diskurse mit eigenen, möglicherweise richtungsdefinierenden Beiträgen aktiv eingegriffen werden. Der konkrete Arbeitsalltag in diesen Vor-Entwicklungsabteilungen sah indes von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich aus. Bei VW gab es noch bis zum Ende der 60er Jahre praktisch ein Verbot für Konstruktionsentwürfe, die nicht luftgekühlte, 4-Takt-Boxermotoren mit untenliegender Nockenwelle als elementare Elemente anerkannten. Der allmächtige Firmenboss "König" Heinrich Nordhoff ließ daher, bei einem so straffen Technikregime schon aus Vorsorge - "denn ganz doof waren die ja auch nicht" - im Rahmen der Vor-Entwicklung Studien über Verbrennungsturbinen sowie der Elektrotraktion bearbeiten.[28] Bei Daimler-Benz wurde in den 50er und 60er Jahren an Boxermotoren mit sogenannten Flachschieber-Ventilen sowie an Konzepten zur Realisierung eines Frontantriebes gearbeitet, die erheblich näher an einer Serienreife waren. Allerdings zeigten gerade die verschiedenen Flach- und Drehschieberprojekte, wie eindeutig und kompromißlos die Grenzen zur konventionellen Technik der Serien-

Entwicklung gezogen waren. Praktisch parallel mit den herkömmlichen Tellerventilen entstanden, insbesondere im Zweiten Weltkrieg zum Zwecke eines schnelleren Wechsel des Gasgemisches aufgegriffen, erreichten diese vom Standard abweichenden routierenden "Atmungsorgane" des Motors eine hohe Funktionsreife, die es nach Auffassung der federführenden Ingenieure "durchaus möglich" erscheinen ließen, "Drehschiebersteuerungen zu verwirklichen und damit endlich die unzähligen Arbeiten auf diesem Gebiete zum Erfolg zu führen. Das Hauptproblem - die Abdichtung - ist gelöst bzw. nach den vorliegenden Erkenntnissen lösbar". Der bei Daimler-Benz für dieses Projekt - und für das spätere Rotationskolbenvorhaben des Unternehmens - verantwortliche Ingenieur Bensinger mußte freilich zugeben, daß die Entwicklung von Technik als integraler Teil eines umfangreichen sozialen Prozesses gesehen werden muß. Denn "entscheidend ist, daß ein Motorenwerk die für jede Neukonstruktion erforderliche Entwicklung durchsteht, die Vorteile der Drehschiebersteuerung bieten fürwahr genügend Anreize. Eine gelungene Serienkonstruktion dürfte sehr bald weitere Drehschieberkonstruktionen nach sich ziehen."[29] Die Hoffnung, wenn erst einmal ein Unternehmen mit dem Serienanlauf beginne, würden die anderen schon quasi automatisch nachziehen, damit keinem Unternehmen die Chancen für eine technische Profilierung eröffnet wird, sollte sich jedoch als naiv erweisen. Zur Realisierung neuer Konstruktionsrichtungen ist nicht nur die Überwindung der innnerbetrieblichen Hürden - von der Vor-Entwicklung zur Serienfreigabe - entscheidend. Darüber hinaus muß eine neue Technik, um wirklich erfolgreich als anerkannter Technikstandard etabliert zu werden, in die vorwettbewerblichen Diskurse der Branche aufgenommen und in ihnen akzeptiert werden. Daß dies keineswegs ein automatischer Adaptionsprozeß vorgegebener Entwicklungslinien ist, sondern diese Verständigung aktiv einzuleiten und zu organisieren ist, wird der Aufstieg und Fall des NSU/Wankelmotors noch zeigen.

Nach der Konsolidierungsphase im Verbrennungsmotorenbau Ende der 40er Jahre repräsentierten diese Vor-Entwicklungsabteilungen jedenfalls die Kräfte in den Unternehmen, die gegenüber neuen Konstruktionsperspektiven im Motorenbau aufgeschlossen und von denen endogene Entwicklungsschübe - wenn überhaupt - zu erwarten waren. Wie "mächtig" solche Abteilungen bei der Definition und Durchsetzung von Reformprojekten im innerbetrieblichen Kräftefeld sein sollten, hing aber auch von den Umfeldbedingungen der Branche ab. Unruhe erzeugten beispielsweise verschiedene Ingenieure, die - von der Flugantriebsforschung zurück in die Industrie - an der Einführung der Gasturbine für den Fahrzeugantrieb arbeiteten und mit verschiedenen Studien und Vor-Entwicklungsprojekten den gerade bestätigten Verständigungsprozeß zur Fortsetzung des Hubkolbentriebwerks vor eine erste Belastungsprobe stellten. Die

insbesondere vom amerikanischen Chrysler-Konzern sowie vom britischen Unternehmen Rover bekanntgegebenen Entwicklungsfortschritte lösten in der Öffentlichkeit großes Interesse aus, da es nur plausibel erschien, daß nach der erfolgreichen Einführung des Strahltriebwerks im Flugzeugantrieb die Gasturbine auch im Fahrzeugbau das Hubkolbentriebwerk ablösen würde.[30] Es mußten offenbar neben der Aktivierung der endogenen Innovationspotentiale der Industrie Turbulenzen im Umfeld hinzutreten, um die wiedergewonnene Definitionsmacht der Auto- und Motorenkonstrukteure aufzuweichen. Bereits 1952 sah sich die M.A.N. gezwungen, durch ihren Chef-Ingenieur und Dieselexperten Siegfried Meurer "die Aussichten von Strömungsmaschine und Kolbenmotor als Antriebsquelle von Lastkraftwagen" eruieren zu lassen. Meurer beruhigte aber die in Unruhe versetzte Branche. Grundsätzlich verwehrte er dieser Technik nicht mögliche Anwendungen, er bescheinigte ihr sogar "bemerkenswerte Entwicklungsmöglichkeiten", allerdings stand durch Probleme im "Teillastbereich", insbesondere durch zu hohen Treibstoffverbrauch, eine baldige Zukunft der Turbine im Lastkraftwagen noch nicht bevor.[31] M.A.N. hatte sich im Rahmen der Vor-Entwicklung selbst mit Gasturbinen beschäftigt, die Ergebnisse dienten der Unternehmensleitung für eine kluge Absicherungspolitik. Wieder im vollen Besitz der Definitionsmacht konnten die Vertreter und Verteidiger selbst über den Entwicklungsvorsprung des bisher eingeschlagenen Weges bestimmen. Und der Hubkolbenmotor verkörperte mittlerweile in konstruktiver, fertigungstechnischer und infrastruktureller Hinsicht einen Erfahrungsbestand, der von neuen Projekten, selbst wenn sie gute Gebrauchseigenschaften in Aussicht stellten, nicht aus dem Stand heraus auf- und überholt werden konnte. Jedes neue Projekt ist daher in diesem noch labilen Zustand auf eine starke soziale Trägerschaft angewiesen. Dennoch sollte diese erste Bewährungsprobe für den neu eingespielten Hubkolbenkonsens zumindest in Teilbereichen und dort auch nur sehr begrenzte Räume für neue Antriebsoptionen schaffen.

Felix Wankel: Der Mann ohne Titel und Führerschein

Einer, der diese Schließungs- und Konsolidierungsprozesse im Verbrennungsmotorenbau sowie die Stabilisierung des Hubkolben-Verbrennungsmotors als Kern des Automobilkonzeptes nur von außen betrachten konnte, war Felix Wankel. Der 1902 im baden-württembergischen Lahr geborene Sohn eines Forstbeamten beobachtete diese Entwicklungen wie viele seiner Zeitgenossen allerdings sehr genau und sollte gerade aus der Distanz heraus zu recht unkonventionellen Ideen über völlig neuartige Verbrennungsmotoren kommen. Er genoß keine technische Ausbildung und stand insbesondere auch mit Mathema-

tik auf dem Kriegsfuß. "Vielleicht wagt sich nur ein Mensch ohne Ehrfurcht vor Zahlen und Formeln wie Wankel so unbefangen ins Dickicht der Probleme mit Rotationskolbenmotoren". Er bewahrte sich - wie sein journalistischer Begleiter Dieter Korp einmal schrieb - "seine Unbekümmertheit."[32] Wankels Biographie scheint mit all ihren merkwürdigen Windungen tatsächlich die Voraussetzung für die Kombination unterschiedlichster Wissensgebiete und Erfahrungen gewesen zu sein. In Heidelberg aufgewachsen, verließ Wankel 1920 kurz vor dem Abitur die Schule, um eine Lehre als Verlagskaufmann zu beginnen. Einerseits an allen technischen Dingen interessiert, war er lange Zeit unentschieden darüber, ob er eher als "Wortgeistiger" (Politiker) oder als "Werkgeistiger" (Ingenieur) seine Karriere planen sollte. Neben dem Werkeln an allerlei verschiedenen technischen Projekten im elterlichen Haus, begann er schon früh Kontakt zu deutsch-völkischen Kreisen aufzunehmen und sich als begabter Redner und Schreiber im sogenannten "Ruge-Kreis" zu profilieren. Dieser Heidelberger Privatdozent Arnold Ruge war im Februar 1922 in die öffentlichen Schlagzeilen geraten, als er versuchte, Walther Rathenau in seinem Berliner Haus zu ermorden.[33] Der Verlag, an dessen Arbeit Wankel immer weniger Gefallen fand, geriet 1926 in wirtschaftliche Probleme, in deren Folge Wankel entlassen wurde. Im selben Jahr, also 1926, trat er in die NSDAP ein und rechnete sich dort der Parteilinken, dem sogenannten "Strasser-Flügel" zu.

Bei seinen vielfältigen technischen Interessen zog sich jedoch die Begeisterung für die Turbinenantriebe wie ein roter Faden durch seine Projekte. Ursprünglich wohl durch die Lektüre von Döblins "Wadzecks Kampf mit der Dampfturbine" ausgelöst, nahmen Wankels Gedanken konkrete Formen an, als er von dem geheimnisumwitterten Projekt einer Verbrennungs-Turbine bei BBC in Mannheim hörte. Wankel blieb bei seinen ersten Ideen, Turbinentriebwerke für Antriebszwecke zu verwenden, bemerkenswert pragmatisch: Im Unterschied zu den bekannt gewordenen Gasturbinen-Versuchen dachte er daran, "nicht den Dampf- oder Wasserstrahl zu ersetzen", sondern er wollte "denselben Gaskraftvorgang, der sich in der hin- und hergehenden Kolbenzylindermaschine auswirkt, in der Drehung sich abspielen lassen. Ansaugen, Verdichten, Entzünden und Auspuffen soll in der seitherigen Form geschehen, da ich sie für die Entzündungs-Kraft-Eigenschaften des Benzins usw. am entsprechendsten halte. Nur die mechanische Gestaltung" - so präzisierte Wankel seinen Erfindungswillen - "und Bewältigung dieser vierteiligen 'Gasbearbeitung' mit voll umdrehenden Kolben statt mit umkehrenden ist meine Aufgabe."[34] Offenbar wurde selbst das Denken eines "freien Erfinders" wie Felix Wankel durch unsichtbar wirkende Korridore geleitet. Die bereits stabile Infrastruktur stellte in den Planungsarbeiten eine feste Größe dar. Wankel war zudem bei der Konkretion seiner Vorstellung auf die existierenden Maschinenelemente angewiesen. Ein

Zwei-Takt-Moped-Motor bildete den maschinellen Kern seiner Überlegungen und Versuche und sorgte ebenfalls für die Begrenzungen der Phantasie. Außerdem suchte Wankel immer wieder die enge Zusammenarbeit mit ausgebildeten Ingenieuren, die - wie zu dieser Zeit sein Freund Ernst Wolf - Wankels oft waghalsige Ideen in nachvollziehbare Konstruktionspläne übersetzten.

Die ersten Versuche, die oszillierenden Kräfte des hin- und herlaufenden Kolbens in ruhige, unmittelbare Drehbewegungen umzuformen, die einen weitgehenden vibrationsfreien Lauf in Aussicht stellten, blieben daher auch zunächst noch sehr dem klassisch-konventionellen Hubkolbentriebwerk verhaftet. Die unter dem Code-Namen "Kolben-Schaufel-Turbine" in der kleinen Heidelberger Werkstatt geschaffenen ersten Entwürfe sahen wie zu einem Kreis umgebogenen Kolben aus. Wankel, der es sich zum Prinzip gemacht hatte, erst eigenständig über mögliche Lösungswege nachzudenken und dann die Literaturlage zu studieren, um auf diese Weise der Macht der faktisch existierenden Konstruktionswege weitgehend entgehen zu können, ging schließlich nach erfolglosem Ringen um eine konstruktive Überleitung seines Erfindungsgedankens dazu über, Ende der 20er Jahre die Patentämter zu konsultieren. Das junge Team erlebte allerdings eine Überraschung, als sie eine ganze Fülle unterschiedlichster Baumuster zur Realisation von Rotationskolbentriebwerken vorfanden. Geschichte wird - das mußte nun auch Wankel und sein Team erleben - aus Sicht der Sieger geschrieben. Der lange Streit zwischen Verdrängerphilosophie, wie dem Hubkolbenprinzip, und der Strömungsphilosophie, beispielsweise im Wasserrad verwirklicht, war in den fachwissenschaftlichen Diskursen angesichts der herrschenden Verbrennungsmotorentechnik völlig verschwunden. Der existierende Technikbestand wird durch die herrschende Technikgeschichtsschreibung zusätzlich stabilisiert. Denn der Erfolg dieser Lösung wird quasi noch im Nachhinein in die Geschichtsdarstellung hineinmontiert und erscheint somit auch in dieser Perspektive als einzig richtige Lösung. Ursprünglich konkurrierende Optionen verschwinden und können dann - wenn sie erst einmal aus den Annalen der Technikgeschichtsbücher heraus sind - später unter veränderten Umständen als Ideenpool kaum noch reaktiviert werden.

Wankel und seine Gruppe jedenfalls waren durch die Sichtung des Materials in den Patentämtern und der dort bereits benannten Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten mehr verwirrt, als sie Sicherheit über eine erfolgversprechende Konstruktionsrichtung gewonnen hätten. Hinzu kamen in den Zeiten wirtschaftlicher Notlage die üblichen Probleme der Einkommenssicherung. Mit der kleinen Werkstatt warb Wankel mit seinen Freunden zwar immer wieder kleinere Lohnaufträge für die Bearbeitung von Maschinenteilen ein, die freilich keine materielle Basis für ein so ambitioniertes motortechnisches Projekt darstellten. Wankel nutzte daher schon früh den Kontakt zu seinen politischen

Freunden, um hier materielle und ideelle Unterstützung für seine Pläne zu erhalten. Wilhelm Keppler, der Besitzer der Odinwerke (ein Unternehmen zur Produktion von Gelatine), der später als "Beauftragter für Wirtschaftsfragen in der Reichskanzlei" zu einem der führenden Wirtschaftsberater Hitlers aufsteigen sollte, entwickelte zusammen mit seinem Chefchemiker, dem aus Österreich stammenden Leopold Plaichinger, sehr großes Interesse an den Ideen Wankels. Zu dieser Zeit, Ende der 20er Jahre, profilierte sich die NSDAP überhaupt zu einer Sammelbewegung für ambitionierte Ingenieure, die im industriellen und politischen Alltag nicht recht zum Zuge kamen. Die programmatischen Fragmente einer stark gemeinwohlorientierten, ja bisweilen antikapitalistischen Orientierung, verhießen Aussichten auf neue professionelle Möglichkeiten, die im Parteienspektrum, gleich welch politischer Grundausrichtung, so nicht zu finden waren.[35] Auch Wankel war offenbar davon überzeugt, daß als Träger für so grundlegend neue technische Produktinnovationen - wie seine "Kurbel-Schaufel-Turbine" - nur neue, revolutionär gesinnte politische Bewegungen in Frage kommen könnten.

Diese Einlassungen scheinen aus heutiger Sicht eher befremdlich. Den Nationalsozialismus quasi von seiner letzten Konsequenz - Auschwitz - zurück zu seinen Wurzeln zu verfolgen, ist aus ethischen Motiven sicherlich zwingend. Allerdings verliert man bei einem so vorformatierten Blick die Sensibilität, um die Attraktivität der nationalsozialistischen Bewegung zu erkennen, die diese gerade zum Ende der 20er Jahre für die technische Intelligenz darstellte. Wankels politische Kontakte zu dieser Zeit reichten immerhin bereits soweit, um 1928 ein Treffen mit dem damaligen Chefentwickler der Daimler-Benz AG, Ferdinand Porsche, zu arrangieren. Das reputierte schwäbische Automobilwerk war für Wankel bei der Suche nach geeigneten Industriepartnern immer erste Wahl, obwohl er später des öfteren bittere Enttäuschungen erleben sollte. Auch bei diesem ersten Kontaktbesuch durfte die kleine Gruppe zwar anreisen und die noch recht unpräzisen Pläne eines rotierenden Triebwerks für Verbrennungskraftmaschinen vorstellen, Porsche selbst erschien aber nicht zum vereinbarten Termin. Statt dessen legte ihnen Patentanwalt Bauer dar, daß auch im Hause Daimler-Benz selbstverständlich immer wieder an Rotationskolben gedacht werde, daß man aber keine eigene Entwicklung zu beginnen gedenke, sondern vielmehr die Szenerie beobachte, um dann gegebenenfalls aufzukaufen. Später hörte Wankel von seinem Gönner Plaichinger, daß bei Daimler-Benz etwa zwölf und bei BMW acht Konstrukteure mit der Ausarbeitung von Drehkolbenmaschinen beschäftigt waren. Bauer riet der kleinen Gruppe, möglichst bald ein Patent anzustreben, da ohne ein solches Zertifikat für Industrieunternehmen das Risiko für eine Kooperation viel zu hoch sei. In dieser Situation dämmerte es Wankel erstmals, daß sein Motorenprojekt offenbar nicht irgend-

einen Bereich der Autoindustrie berührte, sondern am Kern eines grundlegenden Konsenses rüttelte und er bei seinen Versuchen zur Einführung eines neuen Antriebssystems mit Widerstand zu rechnen habe. "Da ich weiß, daß nach dem Gelingen unserer Drehkolbenmaschine alle Hubmotorenfabriken, und besonders die Fahrzeugmotorenwerke sich verzweifelt anstrengen werden, ihre Hubkolbenmotoren zu verbessern, um sie länger wettbewerbsfähig zu halten, so denke ich auch manchmal am 'Huber' herum."[36]

Wankel sollte in dieser gesellschaftspolitisch bewegten Zeit aber am eigenen Leibe erfahren, wie heterogen die neue nationalsozialistische Bewegung zusammengesetzt war. Keppler, der in einem "Freundeskreis" maßgebliche Industrielle für Hitlers Partei zu interessieren suchte[37], ermunterte ihn immer wieder. Er sollte Wankel Zeit seines Lebens verbunden bleiben und ihm auch später noch wertvolle Dienste leisten. Plaichinger, der vor der NS-"Machtübernahme" sogar als möglicher Außenminister im Gespräch gewesen war, unterstützte Wankel ab 1931 sogar mit hundert Mark im Monat. Kontakte und persönliche Begegnungen mit Hitler und Goebbels kamen 1927 bzw. 1928 zustande, blieben aber unverbindlich. Plaichinger selbst starb bereits 1933. Mit anderen lokalen Parteigenossen geriet der eigenwillige Wankel jedoch recht bald in Konflikt, als ihm auch die korrupte Seite der Parteiarbeit immer deutlicher wurde. Schon 1932 trat Wankel daher wieder aus der Partei aus, wurde unmittelbar nach der Übernahme der Regierungsgewalt durch die NSDAP verhaftet und von "alten Kameraden" ins Gefängnis gesteckt, kam aber nach wenigen Monaten dank der Intervention Kepplers wieder frei.[38]

Von der technischen Seite her gesehen war für Wankel inzwischen klar, daß eine Verbrennungskraftmaschine - für die er sich ja entschieden hatte - mit einem sehr grundlegenden Konstruktionsproblem zu kämpfen habe. Hubkolbentriebwerke verfügen dank ihrer Geometrie über günstige Möglichkeiten, den Verbrennungsraum, in dem das Gas verbrannt und damit thermische in mechanische Energie verwandelt wird, kompakt zu konstruieren und abzuschließen. Mit einer ingeniös ausgetüftelten Versuchskonstruktion begannen Wankel und seine kleine Gruppe, an einem konventionellen Verbrennungsmotor grundlegende Erkenntnisse über diese Abdichtungsprobleme zu sammeln, um diese Ergebnisse für die spätere Konstruktion einer mit rotierenden Kolben arbeitenden Maschine zu nutzen. Recht bald stellte das kleine Forschungsteam zur eigenen Überraschung fest, daß die bisherigen Annahmen über die Wirkung dieser günstigen Dichtung in Hubkolbenzylindern auf antiquierten Vorstellungen beruhten. Die mit einem kleinen Mopedmotor arbeitende Gruppe fand in der Heidelberger Hinterhofwerkstatt heraus, was die automobile Fachwelt noch nicht wußte: Die gute Zylinderdichtung im Hubkolben beruhte nicht auf der Mechanik der Kolbenringe, sondern wurde durch den Gasdruck im Verbrennungsraum

erreicht, der quasi hinter die Kolbenringe kriecht und diese gut schließend an die Zylinderwand drückt.

Ausgehend von der Idee, einen vollkommen neuen Rotationskolbenmotor zu entwickeln, war Wankel mit seiner kleinen Gruppe zu fundamental neuen Erkenntnissen in der Abdichtung von konventionellen Verbrennungszylindern gekommen. Mit diesem Pfund sollte Wankel später wuchern können. Denn diese Erkenntnisse fanden in den etablierten Fach- und Industriekreisen als konstruktiver Beitrag zum anerkannten Technikstandard durchaus ihre Wertschätzung.

Leider hatte die finanzielle Situation der Gruppe - zunächst jedenfalls - nicht mit den technisch-wissenschaftlichen Erfolgen Schritt halten können. Die Unterstützung Plaichingers war viel zu gering, um den Werkstattbetrieb aufrecht zu erhalten, Lohnaufträge waren in dieser schwierigen wirtschaftlichen Situation nicht zu bekommen. Wankel sah sich zur Übersiedlung vom geliebten Heidelberg nach Lahr in das Haus seiner Mutter gezwungen. Das "eigentliche" Projekt Rotationskolbenmaschine hatte man jedoch nicht aus den Augen verloren und 1932 sogar eine Patentanmeldung zustande gebracht.

Im braunen Netzwerk

Die ab 1933 in Deutschland dramatisch veränderte politische Situation brachte für Wankel nicht nur die kurzfristige Inhaftierung, sondern bedeutete auch die Re-Aktivierung seiner alten Kontakte zu Schlüsselfiguren der deutschen Industrie. Ohne die Einbindung seiner konstruktiven Ideen in soziale Netzwerke konnte sich keine Verständigungsbrücke zwischen unkonventionellen Projektideen und den Vertretern des etablierten, vielfach stabilisierten und gehärteten Technikstandards herausbilden.

Nach langem informellen Vorlauf, der bereits über das im Aufbau befindliche Reichs-Luftfahrtministerium organisiert wurde, kam 1934 der persönliche Kontakt zum Chefentwickler der Daimler-Benz AG, Hans Nibel, dem Nachfolger Porsches, zustande. Nibel zeigte sich gegenüber Wankel und dessen unkonventionellen Ideen äußerst aufgeschlossen, bekundete großes Interesse an seinen Abdichtungsforschungen und ließ sogar einen Vertrag für eine Zusammenarbeit ausarbeiten. Mit dem Kommentar "diese ewigen Erfinder sind noch unser Unglück, vor lauter Erfindungen kommen wir nicht zum fabrizieren"[39], verweigerte allerdings Generaldirektor Kissel mit dieser Mahnung zur Wahrung und Mehrung des bestehenden Technikstandards höchstpersönlich die Zusammenarbeit. Wankels Enttäuschung hielt aber nicht lange an. Keine 48 Stunden später erhielt er das Angebot von BMW zu einem Beratervertrag über die Entwicklung von drehschiebergesteuerten Automobilmotoren. Das informelle Netzwerk, aus

alten Parteitagen heraus geflochten - Plaichinger hatte noch dafür gesorgt, daß Wankel bei BMW kein Unbekannter geblieben war -, konnte sich als schnell arbeitende Vermittlungseinrichtung zum ersten Male bewähren. Wankel nahm die Offerte aus München dankend an und gründete daraufhin in Aussicht auf die Zusammenarbeit mit renommierten Unternehmen die "V.A. Lahr - Versuchsabteilung Lahr."[40]

Bei BMW interessierte sich kein Mensch für die Visionen von Rotationskolbenmaschinen, man hoffte vielmehr darauf, mit Wankels Beiträgen den konventionellen Technikstandard etwas ausbauen zu können. Drehschiebersteuerungen repräsentierten zur damaligen Zeit den äußersten Rand des anerkannten Technikstandards, genossen daher als Experimentierfeld Akzeptanz und boten darüber hinaus einen im Vergleich zur Serien-Entwicklung relativ großen Gestaltungsfreiraum. "Der Entwurf der Gassteuerung ist für den Motorenkonstrukteur eine besonders reizvolle Aufgabe. Wenn Hubraum, Zylinderzahl und Zylinderanordnung bei einem geplanten Motor festliegen, dann gibt es für das Triebwerk und die Zylinderkonstruktion nicht allzu viele konstruktive Möglichkeiten, die Gassteuerung läßt dagegen dem Konstrukteur weiten Spielraum, hier kann er sein Können zeigen. Die Steuerung der Gase hat entscheidenden Einfluß auf die Leistung des Motors, seinen Raumbedarf, sein Geräusch und schließlich auch auf seine Herstellungskosten."[41] Diese Gassteuerung, also im wesentlichen die Ventile, gelten daher in Fachkreisen als die Visitenkarte eines Motors.[42] Drehschiebersteuerungen bilden im engen Korridor des herrschenden Technikstandards wegen ihres hohen konstruktiven Aufwandes - nahezu der gesamte Zylinderkopf muß neu gestaltet werden - die radikalste Variante zur Erhöhung der Laufleistungen. Große Probleme aber bereitet den Konstrukteuren solcher Steuerungsorgane schon seit Jahrzehnten die Abdichtung der Verbrennungsgase im Zylinder. Daimler-Benz produzierte mit dem Knight- Schiebermotor schon einmal vor dem Ersten Weltkrieg eine solche Maschine in Serie, freilich mit wenig Fortune. Die bisherigen Vorstellungen und Erkenntnisse über konventionelle Abdichtungen beruhten auf völlig unzureichenden Annahmen - dies hatten die Forschungsergebnisse des Außenseiters Wankel, die in der Zunft schnell die Runde gemacht hatten, dokumentiert - und konnten für einen erfolgreichen Transfer auf das Gebiet rotierende Steuerungen keine Verwendung finden. BMW hoffte daher, mit Wankel als Berater neue Erkenntnisse für konstruktive Lösungen gewinnen zu können.

Erstaunlich an diesem ersten Vertrag Wankels mit der Autoindustrie ist vor allen Dingen die überaus schnelle Reaktion der Münchner BMW-Zentrale. Es läßt sich damit erahnen, wie engmaschig die Netzwerke in der Automobil- und Motorenbranche geflochten waren. BMW, ein traditionsreicher Flugmotorenhersteller, schließlich auch mit Motorrädern und Automobilen im Ferti-

gungsprogramm, und Daimler-Benz, 1926 aus der Fusion der beiden ältesten Automobilwerke in Deutschland hervorgegangener Anbieter von Fahrzeugen der gehobenen Klasse sowie von Lastkraftwagen und Industriemotoren, waren durch die Deutsche Bank schon seit Ende der 20er Jahre in der Geschäftspolitik eng aufeinander abgestimmt worden. "Drahtzieher" dieser Verbindungen, Aufsichtsratsvorsitzender beider Unternehmen und überhaupt eine der beherrschenden Figuren der Industriepolitik in der Zwischenkriegszeit, war der aus dem Hintergrund agierende Emil von Stauß, Vorstandsmitglied der Deutschen Bank. Benz und Daimler sollten nach den Vorstellungen von Emil von Stauß ursprünglich den Kern eines neuen Industriekonglomerats nach dem Vorbild der IG Farben bilden, das die Deutsche Bank in Zeiten wirtschaftlicher Stagnation zu formieren versuchte. Als aber die Familie Opel 1928 an den Branchengiganten General Motors verkaufte und die sächsischen Hersteller DKW, Wanderer, Audi und Horch unter der Federführung des sächsischen Finanzkapitals zur Auto Union zusammengeschlossen wurden, blieben die Pläne zur Gründung einer nationalen IG Auto in der Schublade. Die Deutsche Bank behielt jedoch bei beiden süddeutschen Unternehmen ihre beherrschende Stellung, die bis zur Finanzierung, Kontrolle und Abstimmung der Investitionspläne ging und die dafür sorgte, daß für eine erwartete Hochrüstungsphase beide Unternehmen mit einer entsprechenden Abstimmung profitable Aufträge erhalten sollten.[43]

Der Einfluß der Deutschen Bank reichte sogar bis in die konkrete Modellpolitik hinein. Nachdem Wankel 1934 an der überaus rigiden Haltung von Unternehmenschef Kissel gescheitert war, zeigte sich ein Jahr später von Stauß über die so wenig flexible Haltung des Unternehmen in der Produktpolitik besorgt. Schon seit mehreren Jahren kam die dringend benötigte Erweiterung der Modellpalette um einen kleineren Wagen, der mit größerer Stückzahl abgesetzt werden konnte, nicht zum Zuge. Ende der 20er Jahre waren mit dem "130H" die Arbeiten schon weit fortgeschritten, jedoch fehlte der Mut, den an sich geeigneten, aber bisher in der Modellpolitik des Unternehmens nicht angebotenen Boxermotor einzubauen. Mit dem statt dessen ausgewählten konventionellen Reihenvierzylinder erlebte man im praktischen Betrieb ein Desaster. Diese "Heckschleuder" veranlaßte den Vorstand um so mehr, auf die allgemeine Weisung "keine Experimente mehr" zu achten, um sich nicht noch einmal "mit Utopien zu verzetteln." So gesehen kam Wankels Vertrag mit dem Unternehmen also zur falschen Zeit. Obwohl in der Vor-Entwicklungsabteilung entgegen den Weisungen des Generaldirektors an einem kleinen Automobilkonzept weiterentwickelt wurde, fanden die Arbeiten unter diesen Bedingungen auf den höheren Hierarchieebenen keine Resonanz mehr. Kurzerhand ließ daher von Stauß 1935 den Kleinwagen- und Vorderradantriebsspezialisten Gustaf Röhr engagieren, der sich Jahre zuvor als Chefentwickler bei DKW einen Namen

gemacht hatte. Um die Möglichkeiten der Obstruktionspolitik zu begrenzen, durfte Röhr gleich ein komplettes Team mit Experten in Konstruktion, Versuch und Fertigung in die bestehende Struktur hinein implantieren. Mit dieser Gruppe kamen die Arbeiten zur Realisierung eines vorderradbetriebenen, kleinen Mercedes-Wagens recht zügig voran, bis der plötzliche Tod Röhrs 1937 das gesamte Projekt zum Stillstand brachte. Röhrs Nachfolger, Chefkonstrukteur Max Sailer, ließ unmittelbar nach seinem Amtsantritt demonstrativ die unter Röhr entwickelten Prototypen verschrotten und machte damit deutlich, wie stark technische Konzepte in ihren Realisierungschancen von persönlichen Motiven bestimmt werden. Für das Unternehmen Daimler-Benz hatte sich damit trotz der Intervention von höchster Stelle das Thema vorderradbetriebener Kleinwagen einstweilen erledigt.[44]

Felix Wankel spielte in diesen industriepolitischen Strategiespielen natürlich keine Rolle. Dennoch verfolgte auch von Stauß den Werdegang des Erfinders sehr aufmerksam. Einige Jahre später, als Wankel bereits in Verhandlungen mit dem Reichsluftfahrtministerium über Abdichtungsprojekte stand, lud von Stauß Wankel in sein Berliner Privathaus ein und schlug ihm vor, seine Forschungen zukünftig von der Deutschen Bank finanzieren zu lassen. Wankel nahm zwar dieses Angebot nicht an, er konnte dafür aber seinen persönlichen Kreditrahmen bei der örtlichen Filiale der Deutschen Bank erweitern.[45]

Wankel experimentierte vom Sommer 1934 bis 1936 für BMW an Detailarbeiten für Drehschiebermotoren, die - die Aufrüstung war bereits in vollem Gange - letztlich zur Leistungssteigerung von Flugmotoren in Militärmaschinen gedacht waren. In dieser Zeit versuchte er auch immer wieder, seinen Münchner Kontaktleuten das Projekt seiner eigentlichen Liebe, den Rotationskolbenmotor anzubieten, allerdings blieb dieses Unterfangen gänzlich ohne Erfolg. Daß Wankels Industrieengagement nach gut zwei Jahren wieder zu Ende ging, ist aber nicht auf diese Weigerung von BMW zur Erfüllung seiner Lieblingsidee zurückzuführen. Es waren wieder die aus alten Tagen stammenden informellen Geflechte, die für Wankels weiteren Karriereweg verantwortlich sein sollten. Für BMW begannen schon wenige Jahre nach der Zusammenarbeit mit Wankel nicht nur die Ergebnisse aus dem Beratervertrag interessant zu werden. Allein die Tatsache der Zusammenarbeit ließ sich im neuen Kräftespiel mit den Reichsstellen weidlich ausnutzen. BMW-Generaldirektor Popp hatte nämlich kein gutes Verhältnis mit dem karrierebewußten Staatssekretär Erhard Milch des im Aufbau befindlichen Reichsluftfahrtministerium. Dies war aber zur Sicherung profitabler Rüstungsaufträge äußerst ungünstig. Popp erhielt von Ludwig Plaichinger, Bruder des verstorbenen Wankelförderers Leopold Plaichinger, den Tip, "die Karte Wankel auszuspielen". Popp versuchte, den dauernd gegen ihn aus Berlin geschmiedeten Intrigen mit dem Hinweis einen Rie-

gel vorzuschieben, er beschäftige einen Erfinder, dessen technische Arbeit für das Reich von höchster Bedeutung sei. Milch ließ daraufhin bei der zuständigen Erfinder-Betreuung die Angaben Popps prüfen - Chef dieser Reichsstelle war Ludwig Plaichinger.

Es gab aber noch einen zweiten Beziehungsstrang, der für Wankels weiteren Karriereweg entscheidend werden sollte. Ludwig Keppler, mittlerweile ebenfalls im Range eines Staatssekretärs, bewegte Wankel dazu, seine nun schon nicht mehr ganz unbekannten Ideen bei den Herren Nolden und Lorenz im Luftfahrtministerium vorzutragen. Wankel konnte diese beiden Herren im Februar 1936 mit einer plastischen Schilderung über seine Abdichtungsversuche so beeindrucken, daß diese Wankel sofort zur "Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt" (DVL) in Berlin-Adlershof vermittelten. Milch, der inzwischen ja auch über Wankel informiert war, ordnete diese Zusammenarbeit zwischen DVL und Wankel später dann tatsächlich ganz offiziell an.[46] Die DVL hatte sich insbesondere in der Triebwerksentwicklung zur führenden Forschungs- und Versuchseinrichtung in Deutschland entwickelt und engagierte sich unter anderem bei Entwicklungen an drehschiebergesteuerten Kolben-Verbrennungsmotoren. Die Arbeiten der DVL schienen auch dringend notwendig, da insbesondere von Seiten der Flugzeughersteller massive Kritik am erreichten Stand der Flugtriebwerkstechnik der deutschen Unternehmen geübt wurde. Ernst Heinkel hatte schon 1935 eine Denkschrift "Zur Lage der Motorenentwicklung" verfaßt und darin kein gutes Haar an den Firmen Daimler-Benz, BMW und Junkers gelassen.[47] Zur Unterstützung der Arbeiten in der DVL erhielt Wankel eine großzügige Finanzierung, die ihm praktisch alle Ausstattungswünsche erfüllte. Als "Wankel-Versuchs-Werkstatt" (WVW) siedelte er mit seinem immer größer werdenden Team im Sommer 1936 von Lahr nach Lindau an den geliebten Bodensee um. Wankel beeindruckte die zunächst skeptischen Forscher des Establishments mit einer von ihm eigens konstruierten Walzensteuerung, der sogenannten "Wankelwalze" und schuf sich langsam in Fachkreisen einen Namen als "Reichs-Dichtungs-Heini"[48] oder auch "Deutschlands Abdichter".[49]

Die Arbeiten an den drehschiebergesteuerten Flugmotoren kamen bei der DVL nicht zuletzt dank Wankels Abdichtungskenntnissen recht schnell voran. Schon 1943 konnten die ersten umgebauten Motoren im Praxisbetrieb getestet werden, so daß die Zusammenarbeit mit der Industrie - unter anderem der Auto Union, NSU und Borsig - vorbereitet, bis zum Kriegsende aber nicht mehr realisiert wurde.[50] Auch mit der Zulieferindustrie, vor allen Dingen mit dem Kolbenringproduzenten Goetze, entwickelten sich enge Beziehungen.

Die persönlichen Kontakte und die Anerkennung seiner Arbeitsweise durch diese Fachgemeinschaft der Drehschieber-Ingenieure in der DVL sowie den Vor-Entwicklungsabteilungen der Automobil- und Motorenunternehmen

sollten in den kommenden Jahren für Wankel den industriellen Zugang zur Realisierung seines Rotationskolbenmotors darstellen. Wolf Dieter Bensinger wechselte später von der DVL zu Daimler-Benz, Max Bentele, der während des Krieges beim Flugmotorenhersteller Hirth an den Drehschieberprojekten der DVL beteiligte war, kam über einige Umwege zu Curtiss-Wright, dem ersten Lizenznehmer des späteren Wankelprojektes überhaupt und maßgeblichen Promotor des neuen Antriebes in den USA. Walter Froede entwickelte sich als Rennleiter der NSU gar zu einer der Schlüsselfiguren des Rotationskolbenprojektes, auch er hatte auf der Suche nach Lösungen für die komplizierten Abdichtungen von Drehschiebersteuerungen die Arbeitsweise Wankels schätzen gelernt.

So offen und tolerant die Fortschrittsfraktion der Ingenieurszunft zu dieser Zeit Wankels unkonventionelle Arbeitsweisen in der Abdichtungsfrage bewertete, so kompromißlos abweisend zeigte sie sich gegenüber Wankels Rotationskolben-Idee. Sich mit einer solchen Maschine zu befassen, hätte elementare Konstruktionsweisen im weltweit anerkannten Stand der Technik umgestoßen und völliges Neuland bedeutet, verbunden mit großen Risiken. Wankel hatte lediglich erreicht, die Entwicklung eines Rotationskolbenmotors in den Forschungsauftrag der DVL an die WVW unterzubringen, freilich nur als unverbindliches Fernziel. Die DVL-Ingenieure waren strikt gegen dieses Projekt! Die Realisierung kam daher hier nicht voran. Da Wankel aber keineswegs mit seinen Zielen hinterm Berg hielt, nahm der ebenfalls im Kreise der Wankelförderer aktive Nolden vom Reichsluftfahrtministerium Notiz von dieser Idee, als die Sache mit dem deutschen Endsieg immer zweifelhafter wurde. Dieser eröffnete Wankel erstmals die Option auf eine großzügige Finanzierung eines solchen Motorenprojekts, da Wankel den projektierten Motor als kleines, kompaktes Kraftpaket mit tollen Eigenschaften anpries, die offenbar von der Rüstungsbehörde zu dieser Zeit sehr geschätzt wurden. Allerdings erlaubten die 40er Jahre keine geordnete Forschungs- und Entwicklungsarbeit mehr. Wankel selbst hielt zwar an seinem Projekt fest, hatte aber aufgrund seiner günstigen finanziellen Situation auch seine alte Liebe zum Bootsbau wiederentdeckt und in der neuen Werkstatt direkt am Bodensee die Arbeiten an einer besonderen Konstruktion unter dem Namen "Zisch" aufgenommen.

Dank Wankels Kontakten kam die WVW im Laufe der Jahre mehr und mehr in den Ruf, eine Art Forschungsstelle für unkonventionelle technische Ideen zu sein, deren Realisierungen eben doch noch den gewünschten Endsieg zu bringen versprachen. Die Vertreter der verschiedensten Reichsstellen, von den Dienststellen der Reichsluftfahrtministerien sowie des Reichsmarineministerium bis hin zur Waffen-SS, denen es mit den konventionellen Forschungsstellen und der Industrie nicht schnell genug voran ging, gaben sich bei Wankel

mit ihren Ideen und Wünschen die Klinke in die Hand. Dieser hatte für die verschiedenen Projekte nicht nur ein offenes Ohr, er verfügte mit seiner inzwischen 20jährigen Bastler- und Erfinderarbeit über einen profunden Bestand eigener unkonventioneller Ideen und über ein Team, das, mittlerweile auf die stattliche Zahl von 130 Personen angewachsen, auch in der Ausführung nicht lehrbuchfähiger Projekte geschult war. Entscheidende Erfolge waren freilich in dieser hektischen Zeit nicht zu verbuchen, obwohl beispielsweise Kriegsmarine und SS heftig um ferngelenkte Zielschnellboote für Schießübungen sowie geheime U-Boote konkurrierten, die alle bei Wankel am Bodensee erprobt wurden.[51]

Wankel gehörte mit seiner WVW damit zu den Gewinnern dieser Zeit, die in Deutschland durch eine dumpfe Akzeptanz bis dahin nicht vorstellbarer Formen imperialistischer Kriegsführung mit fabrikmäßig organisierten Vernichtungsmethoden geprägt war. Er betrieb selbst nicht aktiv die Kontaktpflege und vermied es, sich in die netzwerkartigen Gefüge aus Industrie, Finanzkapital, Partei und Wissenschaft aktiv einzuflechten. Die Dinge wurden mehr für ihn als von ihm gestaltet. Obwohl er während der Kriegsphase zu einer wichtigen Anlaufstelle wurde - die reputierte Lilienthal-Gesellschaft trug ihm 1943 eine Anerkennungsprämie für seine Abdichtungsforschungen an - blieb er Außenseiter, mit großen Vorbehalten gegenüber etablierten Institutionen und Einrichtungen. Damit fehlte es aber natürlich auch an einer Vorsorge für schlechte Zeiten und entsprechend tief geriet der Fall nach Kriegsende. Sein Team in alle Winde verstreut, seine Werkzeuge demontiert, seiner Konstruktionspläne weitgehend beraubt, fristete Wankel in den ersten Nach-Kriegsjahren ein karges Leben. Ohne den sicheren Schutz einer Fachgemeinschaft oder eines Industriebetriebes mußte er als Teil der deutschen Kriegsmaschinerie nicht nur ständig mit der Verhaftung durch die französische Besatzungsmacht rechnen, sondern sich darüber hinaus auch noch gegen Korruptions- und Veruntreuungsvorwürfe "alter Kameraden" zu Wehr setzen, die Wankels ehemals große Freiheiten neidvoll beobachtet hatten und offenbar nun ihre Stunde gekommen sahen. Mit den Parteikontakten im Rücken war Wankel während des Krieges für Dienststellen, Industrie und Forschung zu einem wichtigen Gesprächspartner geworden. Nun war alles anders. Die von ihm erneut kontaktierte Autoindustrie zeigte sich unter den neuen Bedingungen nicht an seinen Projekten interessiert. Die gerade eingeleitete Neu- bzw. Wiederformierung der technischen Ausgangsbasis in der Antriebsfrage ließ auch im Denken der Unternehmensführung noch nicht zu, erneut über Drehschiebersteuerungen oder gar Rotationsantriebe nachzudenken.[52]

Aber gerade in dieser Zeit der materiellen Not gelang Wankel in der Frage der konstruktiven Auslegung seines geliebten Motors endlich insofern ein Durchbruch, als er sich von den alten Ringformen der Hubkolben-Vorbilder zu lösen begann. In seinen Erfolgszeiten fehlte es ihm offenbar an genügend

Abstand zum etablierten Sachverstand, um völlig neue konstruktive Wege zu gehen. Er begann mit innenachsigen Konstruktionen zu experimentieren, die nun auch offenkundig den Bruch zur Hubkolbenwelt markierten.

Interessante Konstruktionsentwürfe allein reichten für ein erfolgreiches Projekt allerdings nicht. Ins Geschäft kam Wankel erneut aufgrund seiner Beiträge zum konventionellen Wissensstand. Der Kolbenringhersteller Goetze erinnerte sich seines alten Vertragspartners aus den 30er und 40er Jahren und offerierte Wankel 1951 erstmals wieder nach dem Kriege einen Beratervertrag über Probleme der Gasabdichtung bei Hubkolben-Verbrennungsmotoren. Dies ermöglichte Wankel immerhin, in vergleichsweise bescheidenem Umfang unter dem Namen Technische Entwicklungsstelle Lindau (TES) wieder eine kleine Werkstatt zu betreiben.

In einer Zeit, in der sich die Auto- und Motorenindustrie trotz veränderter Rahmenbedingungen gegen neue Antriebskonzepte und für die Fortsetzung des traditionellen Automobilkonzeptes entschied, erinnerte sich aber noch ein anderer alter Weggefährte an Wankel: Wilhelm Keppler. Von den Alliierten als Kriegsverbrecher verurteilt, kam er während eines Krankenhausaufenthalts in Kontakt mit einem leitenden Techniker der NSU AG. Keppler, der offenbar - dies sollte sich später noch zeigen - bei der NSU-Geschäftsleitung hoch im Kurs stand, empfahl der Firma, mit Wankel in Kontakt zu treten und sich dessen Dienste zu sichern. Das im schwäbischen Neckarsulm, unweit von Stuttgart, beheimatete Unternehmen hatte sich schon im letzten Jahrhundert als Nähmaschinen- und Fahrradfabrik einen hervorragenden Ruf erworben. Unmittelbar nach der Jahrhundertwende waren bereits Motorräder und auch Automobile als Produkte hinzugekommen. Im Jahre 1926 geriet das Unternehmen in die Hände des Spekulanten Schapiro. Zu Beginn der Wirtschaftskrise 1928 kam es sogar auf Druck des Mehrheitsaktionärs Dresdner Bank zum Verkauf der gesamten Automobilabteilung an den italienischen FIAT-Konzern. In die Schlagzeilen der Automobilgeschichte geriet das Werk 1934 zwischenzeitlich, als Ferdinand Porsche, der aufgrund einer mit den Anforderungen der modernen Serien-Entwicklung unverträglichen Bastlerleidenschaft von Daimler-Benz entlassen worden war, zunächst auf Eigeninitiative das Projekt eines Volkswagens begann und zu diesem Zweck einige Prototypen bei NSU bauen ließ.

Anfang der 50er Jahre stand das Unternehmen jedenfalls so glänzend wie noch nie da, bot man doch mit Fahrrädern, Rollern und Motorrädern genau die Produkte an, die eine breite Bevölkerungsmehrheit ansprach und die vor allen Dingen von dieser auch bezahlbar waren. Nachdem Betrieb und Technikbasis weitgehend konsolidiert waren, konnten im Rahmen einer 1952 neu eingerichteten Abteilung neben der an erster Stelle stehenden Entwicklung von Renn- und Serienmotoren auch wieder etwas abseits von der täglichen Fertigungsroutine

liegende Projekte in Angriff genommen werden, die vor allen Dingen der in der Firma sehr gepflegten Tradition des Rennsports gewidmet waren.[53]

Das Trojanische Pferd

Die Konstruktion von Motoren für Motorräder erfolgte wegen der erheblich eingeschränkten Einbaumöglichkeiten unter restriktiveren Bedingungen als im Automobilbau. Auf der Basis der Hubkolben-Verbrennungsmotorentechnik hatte man den kleinen, zumeist kaum 500 ccm großen Motoren, in mühevoller Optimierungsarbeit bereits Literleistungen von über 70 PS abgerungen und lag damit 50% über den Leistungen von Pkw-Motoren. Aufgeladene Rennmotoren erreichten gar 230 PS pro Liter Hubraum. Obwohl man mit den Ergebnissen durchaus zufrieden war, stellte sich doch, insbesondere mit Blick auf weitere Entwicklungsmöglichkeiten mehr und mehr die Frage, "ob durch diese Überzüchtung der Hubraumleistung ein echter technischer Fortschritt erreicht worden ist."[54] Im Erkunden der konstruktiven Grenzen des bestehenden Standards waren die Motorradbauer somit ihren Kollegen aus der Automobilbranche etwas voraus. Daher wurde auch in diesen Kreisen zuerst wieder über neue konstruktive Entwicklungsetappen nachgedacht.

Nachdem die finanzielle Verfassung der Unternehmen es erlaubte, Ingenieure von der Serien-Entwicklung freizustellen, um Vor-Entwicklung zu betreiben, sollte sich von diesen Abteilungen aus eine eigene Dynamik entfalten. In den überbetrieblichen Auseinandersetzungsprozessen konnten sich die Vorentwickler untereinander über Trends verständigen, die, der Unternehmensleitung vorgelegt, die Notwendigkeit solcher Abteilungen nochmals mit besserer Ressourcenausstattung untermauerten. In dieser Relevanz-Sicherungs-Strategie kam es dann auch schon einmal vor, daß neue Projekte ein wenig über Gebühr als mögliche neue Bedrohung für die bestehenden Techniklinien dargestellt wurden, um den Wert der teuren und von den "Brot und Butter"-Konstrukteuren nicht immer liebevoll behandelten Vorabteilungen im innerbetrieblichen Machtgefüge sicherzustellen.

Bei NSU boten sich in dieser Zeit für den Leiter einer solchen Vor-Entwicklung, Walter Froede, nicht nur gute finanzielle Bedingungen für die Verfolgung solcher Projekte. Mit den beiden Ingenieuren Frankenberger und Stieler von Heydekampf als Geschäftsführer der NSU AG stießen solche Erkundungsprojekte in Zeiten hoher Umsätze und Gewinne auf eine wohlwollende Resonanz, soweit dies für einen Großserienhersteller überhaupt möglich war. Schon Ende 1952 hatte Technik-Vorstand Frankenberger Walter Froede von seinen Aufgaben als Rennleiter befreit und zum Chef der neuen Forschungs- und

Entwicklungsabteilung "TX" berufen, um der Vor-Entwicklung damit auch ein institutionelles Gerüst zu geben.[55] Neben Arbeiten an der Benzineinspritzung sowie Überlegungen zur besseren Ausnutzung heißer Abgase spielten wieder einmal Drehschiebersteuerungen zur Leistungssteigerung konventioneller Motoren eine bedeutende Rolle in den Entwicklungsplanungen.

Vor diesem Hintergrund ist es daher nicht mehr verwunderlich, daß vom Sommer 1951 an NSU mit Wankel und seiner kleinen TES über einen Beratervertrag zu Fragen der Abdichtungsprobleme im Rahmen von Entwicklungsarbeiten an drehschiebergesteuerten Motorradmotoren verhandelte.[56] Damit wiederholte sich praktisch das Muster von Wankels erstem Industriezugang aus dem Jahre 1934. Wankels Fähigkeiten, die im Rahmen des Standes der Technik verwertbar erschienen, bildeten eine Art Brücke zwischen Industrie und den unkonventionellen Forschungsmethoden des Erfinders, die aber erst über schon vorhandene persönliche Beziehungen realisiert werden konnten. Eine höhere oder versteckte Logik, die eine Zusammenarbeit hätte zwingend erscheinen lassen, war nicht zu erkennen.

NSU-Unternehmenschef Gerd Stieler von Heydekampf, ausgebildeter Ingenieur, hatte unter anderem das Werk Brandenburg der Adam Opel AG geleitet und war von dort aus in den USA mit modernen amerikanischen Fertigungs- und Vermarktungsmethoden vertraut gemacht worden. Während des Krieges wechselte Stieler von Heydekampf als stellvertretender Vorstandsvorsitzender zum Henschel Konzern nach Kassel und übernahm dort wichtige Koordinationsaufgaben im Panzerbau. Es liegt nahe, daß es sehr enge Verbindungen zu Wilhelm Keppler gegeben haben muß. Walter Froede hatte Wankels Arbeitsweise in Abdichtungsfragen während des Krieges schätzen gelernt. Einer Zusammenarbeit mit Wankel standen jedoch erhebliche Vorbehalte bei vielen NSU-Konstrukteuren im Wege. Wankel selbst ließ auch in dieser Zeit seiner beginnenden Beratertätigkeit keinen Zweifel daran, daß sein Interesse eigentlich auf die Realisierung einer Rotationskolbenmaschine gerichtet war; für gestandene Hubkolbeningenieure, die große Wettkampferfolge ihrer Motoren vorweisen konnten, eine Art Kriegserklärung. Froede schrieb später über die Probleme beim Aufbau der Zusammenarbeit, er habe "eine gewisse Gefahr" darin gesehen, daß Wankel "als technischer Phantast eingestuft werden könnte."[57]

Die Vor-Entwicklung gehörte zu dieser Zeit noch zum Machtbereich der Rennabteilung. Hier zeigte man sich zwar auf der einen Seite unter Chefentwickler Albrecht Roder experimentierfreudig, wenn es der Leistungssteigerung konventioneller Motoren diente. Auf der anderen Seite dominierte aber eine überaus pragmatische Grundhaltung, solange auf der Basis des gesicherten Wissens- und Erfahrungsstandes noch Leistungssteigerungen zu erwarten waren. "Der Kerl scheint ganz vernünftig zu sein, aber wenn er mit seinen Ideen über

Drehkolben- und Kreiskolbenmotoren kommt, dann fängt er an zu spinnen", drückte einer der Entwickler diese ambivalente Haltung gegenüber Wankel aus.[58] Das permanente Insistieren Wankels auf sein Lieblingsprojekt provozierte schließlich auf Initiative von Roder im März 1953 eine grundsätzliche Stellungnahme der Unternehmensleitung: "Das Gebiet der Drehkolbenmaschinen ist noch fast unerforschtes Neuland, dessen Erschließung bei vorsichtiger Schätzung 5-10 Jahre in Anspruch nehmen dürfte. Bei aller Anerkennung der Bedeutung, die derartigen Kraftmaschinen einmal zukommen kann, übersteigt eine solche Entwicklungsarbeit unsere Möglichkeiten soweit, daß wir davon Abstand nehmen müssen, uns mit diesem Projekt näher zu befassen", hieß es in einem Schreiben des Vorstandes an Felix Wankel. Unterschrieben hatten diesen Brief Technik-Vorstand Frankenberger und Froede als Leiter der zuständigen Abteilung TX. Froede war damit zunächst einmal wieder auf Linie gebracht worden. Offensichtlich hatte aber zu diesem Zeitpunkt seine Zusammenarbeit mit Wankel bereits einen so verbindlichen Grad erreicht, daß er dieser offiziellen Stellungnahme eine erklärende "private Vorwarnung" vorausgeschickt hatte.[59] Damit konnte selbst bei NSU das Projekt der Rotationskolbenmaschinen, noch dazu in einer vergleichsweise entspannten finanziellen Situation, nicht genügend Anhänger und Unterstützer im Machtgefüge des Unternehmens finden. Die Anerkennung des branchenweiten Schließungskurses bildete auch im Unternehmen das Maß der Arbeit. Ein eigenständiger Weg abseits gesicherter Erkenntnisse stieß zu dieser Zeit, im Frühjahr 1953, auf nicht zu überwindende Bedenken bei der Serien-Entwicklung, denen sich auch der Vorstand offenkundig nicht entziehen konnte. Wankels Kontrakt mit NSU blieb auf die für ihn als Broterwerb wichtigen Beratungsfunktionen in Sachen Gasabdichtung begrenzt. Kurioserweise gelang ihm, in einer Zeit der Niederlagen und Zurückweisungen, der Entwurf einer Konfiguration ineinander rotierender Drehkörper, die erstmals die Realisation eines Viertakt-Verbrennungsmotors in Aussicht stellte, in Wankels eigener Klassifizierung DKM 53 genannt, Drehkolbenmaschine des Jahres 1953.[60]

Damit wäre eigentlich die Geschichte vom Versuch Felix Wankels zur Verwirklichung eines neuartigen Verbrennungsmotors als ein erster Schritt zur Neuinterpretation des Automobilkonzeptes zu Ende gewesen. Die etablierten Automobilunternehmen sahen auch in der Nachkriegsphase keine Veranlassung, rotierenden Kolbentriebwerken große Aufmerksamkeit zu schenken. Zur Gründung eines eigenen Unternehmens fehlten Wankel die Voraussetzungen. Die von ihm bislang vorgelegten Entwürfe und Projektionsgedanken boten allerdings zu dieser Zeit auch kaum eine Aussicht, den bereits vorhandenen Stand der Hubkolbentriebwerke in aussichtsreicher Zeit einzuholen. Im Rahmen des Beratungsvertrages kam Walter Froede jedoch "verhältnismäßig viel nach

Lindau", wie er sich selbst ausdrückte. Diese Besuche nutzte Wankel, um den an technischen Innovationen interessierten Froede nach und nach mit seiner Welt der Rotationskolbenmaschine vertraut zu machen.[61] Im Laufe des Jahres 1953 gelang es Wankel, Froede zu einem Fahnenträger seines Motorenprojektes umzupolen, der nun als eine Art Brückenkopf in der Industrie wirken konnte und dort für seine Ideen werben sollte. Einen wichtigen Impuls zum Start der industriellen Karriere lösten schließlich die ebenfalls wieder auflebenden Kontakte Wankels zur Berliner Firma Borsig aus. Auf der Grundlage der neuesten Skizzen von Wankel diskutierte man, allerdings in sehr unverbindlicher Weise, über mögliche Anwendungen von Rotationskolbenmaschinen als Wärmepumpen. Froede - von Wankel selbstverständlich über diese Verbindungen zu einem neuen Industriepartner informiert - berichtete seinem Vorstand Anfang 1954 über die von Wankel und Borsig gemeinsam diskutierten Entwicklungsperspektiven der neuen Maschine: "Als Kraftmaschine kann sie allein mit Pressluft oder Dampf betrieben werden, während für die Verwendung als Verbrennungsmotor ein Verdichterteil der gleichen Bauart zusätzlich benötigt wird. Bei Drehzahlen von 20.000 bis 30.000 U/min, die für eine reine Rotationskolbenmaschine ohne Schwierigkeiten beherrschbar sind, kann eine Baugröße, die etwa einer 1 Liter-Konservendose entspricht, 20 bis 50 PS abgeben."[62] Damit erschien das waghalsige Drehkolbenprojekt plötzlich in einem ganz anderen Licht. Der Chef-Vorentwickler von NSU hatte die Möglichkeiten für die Konstruktion eines neuen Triebwerks dargestellt, das gegenüber konventionellen Hubkolbenantrieben kleiner ausfiel, leistungsstärker war und noch dazu eine hohe Laufkultur besitzen sollte. Es eröffneten sich somit Einsatzmöglichkeiten im Bereich kleiner, kompakter Triebwerke, einem traditionell von NSU dominierten Marktsegment. Froede hatte nicht nur erreicht, daß sich für die Unternehmensleitung das Umfeld veränderte. Der Eindruck akuten Handlungsbedarfes war entstanden, da diese technischen Optionen womöglich bald nicht mehr zur Verfügung standen. Denn Froede hatte auch darüber berichtet, daß Wankels Verhandlung mit der renommierten Firma Borsig offenbar kurz vor dem Abschluß stünden. Später schrieb Froede darüber, daß es sich offenbar um "ein Mißverständnis" gehandelt haben müßte, "oder eine ungenaue Darstellung des Sachverhaltes, denn tatsächlich kam der Beratervertrag zwischen der Firma Borsig und der Technischen Entwicklungsstelle Lindau erst wesentlich später zum Tragen."[63] Dem Fahnenträger Froede war damit die Schaffung einer neuen Situation gelungen, zu der sich die Geschäftsleitung aus dem Interesse unternehmerischer Vorsorge verhalten mußte. Hinzu kam, daß die innerbetrieblichen Widerstände in diesen Jahren 1954 und 1955 durch die für das Unternehmen außerordentlich günstige konjunkturelle Lage nicht als brutale Verteilungskämpfe ausgetragen werden mußten. "Ja, wir haben damals viel Geld verdient", kommentierte Unternehmens-

chef Stieler von Heydekampf einmal rückblickend diese für neue Projekte offenbar günstigen Zeitumstände, "wir haben in diesen Jahren viel probiert, wir haben sogar Fahrradrahmen geklebt. Das war ja auch eine ganz neue Sache."[64]

Bei der Erweiterung des Beratervertrages mit Wankel spielten aber noch andere Entwicklungen außerhalb des Unternehmens eine Rolle. Das oben bereits erwähnte "Turbinen-Fieber" begann in dieser Zeit auch in der Auto- und Motorenindustrie zu grassieren. Schon 1950 eröffnete das britische Unternehmen Rover den internationalen Reigen mit der Vorstellung eines turbinengetriebenen Pkw-Prototyps, FIAT und General Motors folgten 1954, Renault stellte 1956 ein Fahrzeug vor und Chrysler startet 1962 sogar mit einer kleinen Testflotte, die von über 200 Testfahrern gefahren wurde.[65] In Westdeutschland ließ Daimler-Benz verlauten, ebenfalls intensive Forschungsarbeiten mit Turbinenantrieben zu betreiben. Diese Ankündigungen und Prototypenvorstellungen waren die ersten Produkte der nach der internationalen Verständigung auf den Hubkolben-Verbrennungsmotor eingerichteten Vor-Entwicklungsabteilungen. Konstrukteuren und Technikern bot sich hier ein erstes Experimentierfeld für den Einsatz dieser neuartigen Antriebstechnik im Automobilbau. Mit diesem quasi selbsterzeugten Trend konnten die Ingenieure dieser Abteilungen einerseits ihre Bedeutung für die unternehmerische Vorsorgepolitik untermauern, um in einem weiteren Dynamisierungsschritt von den Vorständen zur Verfolgung dieser selbstgerufenen Geister eine Aufstockung des Budgets zu fordern.

In diesem Klima, in dem nicht ohne weiteres absehbar war, welche Stabilität der Hubkolbenkonsens auch in Zukunft tatsächlich schon haben würde, konnte auch NSU nicht abseits stehen, obwohl dieses Unternehmen zu den vergleichsweise Kleinen der Branche gehörte und seit den 20er Jahren gar keine Automobile mehr gefertigt hatte. Im Jahre 1955 erwirtschafteten 6.600 Mitarbeiter mit einer Jahresleistung von 45.700 Fahrrädern und knapp 300.000 Motorrädern einen Umsatz von über 200 Millionen DM. Auf das Grundkapital von 12 Millionen DM, mehrheitlich von der Dresdner Bank gehalten, wurde eine Dividende von 10% gezahlt.[66] NSU war damit in diesem Jahr der größte Zweiradhersteller der Welt und konnte es sich beispielsweise leisten, dem amerikanischen Büromaschinenkonzern Remington Rand, der auf der Suche nach Anlagemöglichkeiten in Europa war, eine freundliche, aber doch recht bestimmte Absage zu erteilen.[67]

Die Ausweitung der Zusammenarbeit von TES und NSU über die bisherigen Gegenstände hinaus auf das Gebiet der Realisation von Rotationskolbenmaschinen wurde jedoch erst im September 1954 vertraglich abgesichert. Eine Grundvoraussetzung für das Projekt war zudem noch Wankels Forderung zur Wiedereinstellung des Emdener Ingenieurs Ernst Hoeppner, der mit Wankel schon während des Krieges in der WVW zusammengearbeitet hatte und als

einziger offenbar verstand, die Ideen des Autodidakten Wankel in eine abstraktere und allgemeingültigere Form zu übersetzen.[68] Die Vorbehalte gegenüber Wankels Arbeitsmethoden blieben bei vielen Entwicklungsingenieuren im Unternehmen trotz des neuen Kontraktes bestehen, die Wankel im übrigen auch bei jeder sich bietenden Gelegenheit zu spüren bekam. Wankel legte daher bei der Vertragsgestaltung "großen Wert darauf, daß die Untersuchungen und konstruktiven Arbeiten in Lindau durchgeführt werden, um allen Kritikern von unkonventionellen Motorkonstruktionen und Fertigungsingenieuren in Neckarsulm aus dem Wege zu gehen."[69]

Die Idee, daß es möglicherweise bei einem so außergewöhnlichen und tatsächlich noch wenig erforschten Gebiet ratsam sei, andere Industrieunternehmen, beispielsweise aus der Zulieferindustrie oder Einrichtungen der wissenschaftlich-technischen Forschung hinzuzuziehen, kam zu diesem frühen Zeitpunkt wohl keinem so recht in den Sinn. Wankel war froh, überhaupt endlich einmal ein Unternehmen für die Umsetzung seiner eigentlichen Ideen gefunden zu haben, auch wenn seine Liebe nicht an dem kleinen Neckarsulmer Werk hing. Der ambitionierte Ingenieur Walter Froede hatte den Vor-Entwicklungsbereich um ein äußerst interessantes Projekt erweitert. Überbetriebliche Aushandlungs-, Verständigungs- und Abspracheprozesse hätten als Teil strategischer Unternehmensplanung sicherlich diesen neuen Freiraum zunächst einmal eher eingeschränkt. Für die NSU-Unternehmensleitung stellte das Wankelprojekt zu diesem Zeitpunkt lediglich den Versuch dar, eine mögliche vage Option nicht schon frühzeitig zu verspielen. Die ersten Entwicklungsarbeiten liefen daher ohne eine Ausweitung der industriellen Trägerschaft an. Erreicht hatte Wankel immerhin, daß sich durch die Aktivierung alter Netzwerke ein zwar kleines, aber doch renommiertes Unternehmen der Motorenbranche mit dem Projekt befaßte.

Die Zusammenarbeit zwischen TES und NSU wurde schon von Beginn an im Jahre 1954 auf eine harte Probe gestellt. Kaum hatte man sich in Neckarsulm auf einen von Wankel vorgelegten Entwurf konzentriert und war dabei, den Entwicklungs- und Fertigungsaufwand zu berechnen und mögliche Anwendungsgebiete zu erkunden, trafen neue, nach Wankels Auffassung noch bessere Entwürfe zur Realisierung des Rotationskolbengedankens ein. Wankel bestätigte damit selbst die Vorbehalte, die man im Werk gegenüber der Zusammenarbeit mit Erfindern hegte. Während in Lindau möglichst nahe an dem Ideal einer völlig frei rotierenden Triebwerksanordnung konstruiert wurde, drängten in Neckarsulm Terminzwänge und Finanznöte, die möglichst bald einen funktionsfähigen Prototyp erforderten. Ingenieure und Techniker in Neckarsulm zeigten sich in der Auslegung der ersten Konfigurationen erstaunlich offen und kompromißbereit: In dieser für die Grundlegung der Technik so wichtigen Phase

konnte Wankel eine überraschend große Definitionsmacht aktivieren. Vermutlich ist auch dieser Umstand dem Einfluß seines Förderers Wilhelm Keppler auf Stieler von Heydekampf zu verdanken. Wenige Jahre später, als es um die Aushandlung von Wankels Anteil an den Lizenzeinnahmen der gemeinsam angemeldeten Patente ging und von Seiten der NSU-Geschäftsleitung an die branchenüblichen 2-3% gedacht wurde, schaltete sich Keppler persönlich ein und intervenierte bei Stieler von Heydekampf im Interesse seines Zöglings. Erneut zeigte sich, aus welcher Zeit dieser Einfluß auf die NSU-Unternehmensleitung noch stammte. Als möglicher Vermittler in diesem Streit wurde von beiden Seiten das ehemalige Vorstandsmitglied der Reichswerke Hermann Göring, Wilhelm Voss, akzeptiert.[70] Voss war, wie beispielsweise auch die Industriellen Schacht, Vögler oder Emil Meyer von der Dresdner Bank, Mitglied in dem von Keppler gegründeten "Freundeskreis Himmler", der - wie bereits erwähnt - dazu gedient hatte, führende Industrielle an die nationalsozialistische Bewegung heranzuführen.[71] Wankel konnte damit von einer sozialen Konstellation profitieren, die ihm gerade in diesen ersten Jahren einer wichtigen Phase bedeutende Freiräume einräumte. Dieses technikprägende soziale Gefüge materialisierte sich in Konstruktionsentwicklungen, die wesentlich deutlicher von Wankels Idealen geprägt waren als von den Vorstellungen eines Großserienherstellers.

NSU und TES einigten sich auf die Auswahl eines im Verhältnis 2:3 rotierenden Drehkolbenmotors, also mit zwei in gleicher Richtung rotierenden Körpern. Der äußere, ein eingesatteltes Oval, drehte sich um einen inneren Läufer, der in einer Art Dreiecksform ausgebildet war. Da jeder der beiden Körper sich um die eigene Achse drehte, lief ein solcher Motor im Gegensatz zum Hubkolbentriebwerk kräftemäßig vollkommen ausgeglichen. Welche Pionierarbeit damals von NSU begonnen wurde, zeigte sich unter anderem daran, daß für die notwendigen Patentanmeldungen die gefundene Lösung erst einmal vom Inhaber des Lehrstuhls für darstellende Geometrie an der TU Stuttgart, Baier, als "Epitrochoide mit innerer Hüllenfigur" decodiert und im Kanon des bekannten naturwissenschaftlich-technischen Wissens verankert werden mußte. Die im Wankel'schen Klassifikationsschema als DKM 54 bezeichnete Konfiguration stellte zwar auch weiterhin in ihrem Kern einen ottomotorischen Verbrennungsmotor dar, der aber mit einer gänzlich anderen Triebwerkskonstellation projektiert war. "Bei den vorbereitenden Arbeiten für die DKM 54 erlebt man nun deutlich, daß es sich nicht um die Fortentwicklung vorhandenen Wissensgutes handelt, sondern um eine vollständige Neuentwicklung", beschrieb Dieter Korp die damalige Atmosphäre. "Für keine der Motoren gibt es existierende Vorbilder oder Berechnungsgrundlagen. Auch gibt es natürlich keinerlei Erfahrungen bezüglich der Teileherstellung, womit auch Zuliefer-Betriebe mit beträchtlichen Schwierigkeiten konfrontiert werden."[72]

Für die weitere industrielle Karriere des Projektes Rotationskolbenmaschine sollte der Umstand entscheidende Bedeutung bekommen, daß mit dem Motor zunächst gar keine eindeutige Produktstrategie verknüpft war. Als Teil unternehmerischer Vorsorgepolitik in Gang gesetzt, hatte sich die angeblich bedrohliche Situation sehr schnell aufgelöst. Weder stand Borsig mit einem neuen Rotationskolben kurz vor der Markteinführung, noch stabilisierten sich die Anzeichen, daß die Autohersteller in der Antriebsfrage tatsächlich zu neuen Ufern aufbrachen. Die Widerstände in der eigenen Serien-Entwicklung blieben dagegen bestehen und ließen den Einsatz in angestammten Produktgruppen des Unternehmens wenig wahrscheinlich werden. Mit der Aufnahme und Fortführung des Projektes leistete sich damit die NSU AG als Industrieunternehmen eine aufwendige Grundlagenforschung. Vor diesem Hintergrund wurde auch die grundlegende Verfahrens- und Herangehensweise definiert: "Der Motor muß unbedingt laufen und Leistung abgeben, um die Funktionsmöglichkeiten des Prinzips zu beweisen. Vereinfachte und verbilligte Ausführungen werden bei einmal gewecktem Interesse später entstehen" - so die im Jahre 1954 vorherrschende Strategie.[73] In diesen ersten Jahren 1954 und 1955 wurden zwar die grundlegenden konstruktiven Entscheidungen gefällt, andererseits experimentierte man in der Vor-Entwicklung noch recht ungezwungen mit dem Einsatz im Automobil, als Wärmekraftpumpe in der Industrie oder gar als Antrieb in Booten und Schiffen. Damit erweiterte sich zwar der allgemeine Kenntnisstand über solche Maschinen mit ihrer eigenartigen Kinematik beträchtlich, ohne daß für diesen Generierungsprozeß aber stabile Randbedingungen organisiert wurden. Der für den Erfolg des Hubkolben-Verbrennungsmotors so wichtige Schließungsprozeß blieb aus. Zuviele noch offene neu diskutierte Fragen verhinderten die konzentrierte Akkumulation der Erkenntnisse, ohne die eine Klärung der Fragen nach konstruktiven Grundlegungen, Leistungsbereichen und Anforderungsprofilen nur mühsam vorankam. Immer wieder wurden neue Anwendungsbereiche diskutiert und damit die bereits erreichten Wissens- und Erfahrungsbestände durch völlig neue Aufgabenanforderungen entwertet.

Vom Projekt der Vor-Entwicklung zum Faustpfand des Überlebens

Schon im Laufe des Jahres 1956 begann sich die Situation des Unternehmens und demzufolge auch die des Projektes Rotationskolbenmotor recht drastisch zu ändern. Der Absatz der angestammten Produkte ging nach dem Höhepunkt 1955 schon ein Jahr später stark zurück. Der Verkauf von Fahrrädern fiel von 46.000 Einheiten auf 40.000, der von Motorrädern von 299.000 auf 237.000. Hinter diesem konjunkturellen Einbruch waren bereits unzweifelhafte Anzei-

chen zu erkennen, daß für die traditionsreichen NSU-Produkte schwere Zeiten anbrachen. Durch das im Durchschnitt steigende Volkseinkommen verstärkten sich die Wünsche nach mehr Komfort in der Fortbewegung, immer mehr Menschen erwogen den Erwerb eines Automobils. In der Unternehmensleitung von NSU gab es zudem auch schon seit längerem Pläne, zu gegebener Zeit wieder in den Automobilmarkt einzusteigen.[74]

Seit der Konsolidierung der politischen Verfassung in Westdeutschland entwickelte sich das Automobil genau in der technischen Konzeption, die bereits zur Jahrhundertwende definiert worden war, mehr und mehr zu einem Sinnbild gesellschaftlicher Prosperität. Selbst wenn der Pkw-Bestand erst 1952 mit 900.000 Einheiten das Vorkriegsniveau erreichte, verstand es doch die Autolobby, die Formel mehr Autos, mehr Wohlstand, als herrschenden Meinungstrend fest zu etablieren. Eine Koalition aus Industrie, Gewerkschaft und politisch-administrativen Akteuren trug dazu bei, daß insbesondere in den Jahren 1957 bis 1961 wichtige grundlegende verkehrspolitische Entscheidungen zum Aufbau einer Verkehrsinfrastruktur gefällt wurden, die dem Automobil in den nächsten Jahrzehnten die konkurrenzlose Funktionalität sicherten. Vor allen Dingen mit der nach langjährigen Debatten 1960 beschlossenen Zweckbindung der Mineralölsteuer an den Straßenbau "erreichte die Kraftfahrt-Lobby nach Jahren energischen und hartnäckigen Kampfes in einer verkehrspolitischen Kardinalfrage ihr Ziel: Es wurde ein haushaltsrechtlicher Automatismus von Kraftverkehrsabgaben und Straßenbau geschaffen, ein Automatismus, der die Dynamik der Motorisierung über ständig wachsende Steuereinnahmen ungebrochen auf den Straßenbau übertrug, ohne daß Finanzministerium und Parlament über die alljährliche Neufestsetzung des Haushaltes korrigierend hätten eingreifen können."[75]

Auch in der Neckarsulmer Unternehmensetage wurden diese Signale der Verkehrspolitik offenkundig verstanden. Mit den entsprechend vorbereiteten Projekten zum Wiedereinstieg in die Automobiltechnik wurde aber deutlich, daß nicht einfach wieder an altes hausinternes Wissen angeknüpft werden konnte. Der Erfahrungsvorsprung der etablierten Unternehmen war nicht einfach aus dem Stand heraus aufzuholen. Konnten die Konstruktionsarbeiten durch den allgemein zur Verfügung stehenden Stand der Technik noch auf vergleichsweise sicherem Grund beginnen, fehlten dem Unternehmen aber für einen Markteintritt andere elementare Voraussetzungen: Weder existierten die notwendigen Verbindungen zum Kartell der Zulieferer und die für die Serien-Entwicklung von Automobilen notwendigen produktionstechnischen und fabrikorganisatorischen Voraussetzungen, noch verfügte das Unternehmen für den Verkauf von Automobilen über ein geeignetes Vertriebsnetz. Trotz des bereits damals erkennbaren großen Aufwandes bei enger werdendem Verteilungsspielraum

entschloß sich die Unternehmensleitung deshalb dazu, in der kleinen, aus elf Mann bestehenden Abteilung TX neben den weiterführenden Arbeiten an Hubkolbenmotoren auch die Entwicklung eines Rotationskolbenmotors fortzusetzen - für die Konstrukteure des Kreiskolbenprojektes eine Unterstützung im innerbetrieblichen Machtkampf mit den Hubkolben-Entwicklern.

Der Entscheidung, neben den konventionellen Hubkolbenmotoren einen neuartigen Motorentyp zu entwickeln, lagen sicherlich verschiedene Motive zugrunde. Der unternehmerische Erfolg der frühen 50er Jahre hatte im gesamten Unternehmen eine rundum optimistische Stimmung entstehen lassen, die auch dann noch anhielt, als Marktentwicklung und Betriebsergebnisse längst eine andere Richtung ankündigten. Dennoch realisierte die Geschäftsleitung unter Stieler von Heydekampf offenbar sehr schnell, daß in der Autobranche mittlerweile ein harter Wind wehte. Rückblickend gab er in den 70er Jahren bekannt, daß beim Start der Automobilproduktion mit dem Prinz I im März 1958, nach verhältnismäßig kurzer Vorbereitungszeit und mit konventioneller Technik ausgestattet, die Unternehmensleitung davon ausging, daß eine kleine Automobilfabrik auf die Dauer nur würde bestehen können, "wenn sie auf dem Markt Besonderheiten anbietet, die mit deutlichen Vorzügen gegenüber Groß- und Serienproduktion ausgestattet sind. Aus dieser Notwendigkeit heraus haben wir intensive Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des NSU/Wankel-Kreiskolben-Motors vorangetrieben."[76] Bei dem Wiedereinstieg in die Automobilfertigung stand eine Neuinterpretation von Automobilismus nicht auf der Tagesordnung. Erschwingliche, kleine und bescheidene Stadtautos wie der Gutbrod, Klein-Schnittger, Messerschmitt oder Fuldamobil waren schon kaum mehr auf den Straßen vertreten. An ein neues Transportsystem, vielleicht in enger Anbindung an öffentliche Verkehrskonzepte, dachte der Vorstand angesichts der eindeutig politischen Pro-Automobil-Signale dabei offenbar ebenfalls nicht. Bei aller Profilsuche blieb daher eine Orientierung am "richtigen Automobil" - wie es in einer Firmenchronik geschrieben stand - als entwicklungsleitender Korridor das Maß der Dinge.[77]

Diese Suche nach einem besonderen technischen Profil - eine Strategie, die im übrigen der wichtigste Kooperationspartner von NSU bei der Entwicklung von Rotationskolbenmaschinen, das japanische Unternehmen Mazda, in späteren Jahren sehr erfolgreich einschlagen sollte - wurde in dieser Zeit aber auch noch durch eine viel zu optimistische Stimmung hinsichtlich innovativer Chancen und Möglichkeiten in der hochgradig formierten Automobilindustrie geprägt. Möglicherweise trübte das Turbinen-Fieber den Blick für die tatsächlich begrenzten Möglichkeiten zur Realisierung einer motortechnischen Revolution. Nur so ist die von Stieler von Heydekampf immer wieder gern gebrauchte Metapher zu erklären, man "habe eine Goldader angekratzt"[78]. Wie sich später

herausstellen sollte, eine gefährliche Perzeption, da sie die Unternehmensleitung zu Beginn des Projektes blind gegenüber den für technische Innovationen notwendigen politischen Sicherungsmaßnahmen werden ließ.

Während es sich die Großen in der Branche erlauben konnten, Projekte der Vor-Entwicklung aufzulegen, aber eben auch wieder zurückzustufen, weil die produkt- und produktionstechnischen Voraussetzungen stabil blieben, stand NSU auf der Suche nach einem unverwechselbaren technischen Profil gerade mitten im Umbruch. Die Entscheidung zur Aufnahme einer motortechnischen Revolution sollte deshalb in diesem kleinem Unternehmen bald eine Dynamik entfachen, die den Rotationskolbenmotor zum "Faustpfand des Überlebens" der NSU AG werden ließ. Jedenfalls unterließ es die Unternehmensleitung auch in dieser Phase des Eintritts in das Automobilgeschäft, zusammen mit Unternehmen der Zulieferindustrie oder Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen nach Kooperationsmöglichkeiten zur Verbreiterung der industriellen Basis für das Projekt zu suchen.

Mit welchen taktischen Winkelzügen in der Autoindustrie zu rechnen war, offenbarte sich für NSU schon Anfang 1957. Das Jahr 1956 hatte mit der Entscheidung zur intensiven Fortentwicklung des Rotationskolbenmotors auch eine erste Einschätzung des zukünftigen Finanzbedarfs von 1,8 Millionen DM erbracht, der nicht mehr mit Bordmitteln allein zu decken war. Die Dresdner Bank, die damals etwa 70% des Kapitals des Unternehmens kontrollierte, hatte offenbar zu diesem Zeitpunkt in bezug auf diese Pläne keine entscheidenden Vorbehalte geäußert; jedenfalls gelang es offenbar Stieler von Heydekampf im Sommer 1956, den Aufsichtsratsvorsitzenden Hermann Richter und einen weiteren Vertrauten der Dresdner Bank in diesem Gremium, Fritz Vierhub, von den lukrativen Möglichkeiten des Motors zu überzeugen.[79] Eine Neujustierung der unternehmerischen Absicherungspolitik erfolgte aber auch trotz dieses Finanzbedarfes nicht. Noch Ende 1956 ging vielmehr bei der baden-württembergischen Staatsregierung der Antrag von NSU auf ein "bedingt rückzahlbares Darlehen" von etwa einem Drittel der veranschlagten Kosten des Projektes ein. Mit den Worten "ich habe mir immer gewünscht, NSU hätte in Bayern gelegen", kommentierte Stieler von Heydekampf[80] die anschließenden Verhandlungen zwischen der NSU-Geschäftsleitung und der baden-württembergischen Landesregierung. Mit dem Giganten Daimler-Benz und der angesehenen Porsche AG waren in diesem Bundesland bereits zwei renommierte Autohersteller angesiedelt. Entsprechend gering war das Interesse einer öffentlichen Unterstützung der kleinen NSU seitens der Landesregierung, und der Darlehensantrag wurde den bürokratischen Regeln gemäß behandelt. Die zuständige Kommission des Ausschusses für wirtschaftsnahe Forschung beim Wirtschaftsministerium ließ die eingereichten Unterlagen durch verschiedene anerkannte Vertreter des Standes

der Technik prüfen und bewerten. In diesen Entscheidungsprozeß, ob staatliche Stellen ein abseits vom herrschenden Standard befindliches Projekt unterstützen sollten, wurde auch Daimler-Benz beteiligt, vertreten durch den Entwicklungschef Fritz Nallinger. Immerhin zeigten sich die Vertreter des Establishments soweit interessiert, daß im Laufe des Jahre 1957 dem Wirtschaftsministerium eine positive Stellungnahme überbracht wurde. Als Unterhändler der Stuttgarter trat dabei ein alter Bekannter Wankels in Neckarsulm auf: Wolf-Dieter Bensinger. Er war noch während des Krieges von der DVL zu Daimler-Benz gewechselt, inzwischen zum Leiter der Motorenkonstruktion aufgestiegen und hatte in dieser Eigenschaft auch für seinen Chef Nallinger die Arbeiten seines ehemaligen geschätzten Kooperationspartners aus Berliner Tagen zu begutachten. "Mein Urteil fiel trotz der zu erwartenden vielen Entwicklungsschwierigkeiten positiv aus" - so Bensinger später. Allerdings blieb Bensingers Einfluß auf die Strategieplanungen des Daimler-Benz-Vorstandes begrenzt, die zu dieser Zeit von ganz anderen Überlegungen geleitet wurden. Nallinger bot der NSU-Geschäftsleitung sogar die Kooperationsbereitschaft der Stuttgarter Nobelmarke an, die noch dazu mit einer Aufstockung der von NSU beantragten Summe um weitere 60.000 DM verbunden war.[81] Die Offerte löste in der NSU-Geschäftsleitung keine helle Freude aus. Bei Prüfung der genauen Modalitäten entstand der Eindruck, daß der übermächtige Nachbar offenkundig in erster Linie an einem exklusiven Zugriff auf die Patentrechte interessiert war, der immer die Gefahr des "Todkaufens" beinhaltete. Das böse Wort "Untertürckheim-Nord" machte in Neckarsulm schnell die Runde. Die Verhandlungen kamen daher nicht voran. Ende 1957 verlor Daimler-Benz tatsächlich das Interesse an einem Vertrag mit NSU als sich abzeichnete, daß eine solche exklusive Nutzung durch Kontakte und Vertragsoptionen, die NSU zwischenzeitlich mit anderen Industrieunternehmen einzugehen gedachte, nicht mehr zu realisieren war.[82]

Im Jahre 1957 kamen auch Verbindungen zu einigen anderen Industrieunternehmen zustande. Mit Borsig, HANOMAG, Porsche und sogar mit VW wurden Gespräche über mögliche Kooperationen geführt. Für den Beginn einer wirklichen industriellen Zusammenarbeit - dies zeigten die Verhandlungen recht schnell - schien der Zeitpunkt aber offensichtlich schon verpaßt. Die grundlegenden Entscheidungen zur Auswahl der Konfiguration waren bereits getroffen, die Patentansprüche sichergestellt und damit die Entwicklungsrichtung zu diesem Zeitpunkt trotz einer noch mangelhaften Projektanbindung dennoch weitgehend vorbestimmt. Der Neckarsulmer Geschäftsleitung schien es darüber hinaus im Glauben, eine "Goldader angekratzt zu haben", auch nicht an Selbstbewußtsein gemangelt zu haben. Die Etablierten der Branche waren nach Verhandlungen jedenfalls häufig äußerst mißgestimmt über die kleine NSU und

verkündeten ihrerseits, daß man bei den ersten Anzeichen eines Erfolges des Motors "den ganzen Laden einfach aufkaufen werde."[83]

In dieser Phase kam es auch schon zu Verhandlungen auf internationaler Ebene. Der deutsche Ingenieur Lindenmayr tauchte in Neckarsulm auf, um im Auftrag des renommierten amerikanischen Flugtriebwerkes Curtiss-Wright (CW) in Europa neue technische Entwicklungen zu eruieren. Lindenmayr war offensichtlich sofort Feuer und Flamme, als er vom Neckarsulmer Projekt erfuhr, konnte dies aber seinem Chefingenieur Lundqvist nicht so recht vermitteln. Verhandlungen zwischen NSU und CW kamen zu diesem Zeitpunkt jedenfalls nicht zustande. Lindenmayr jedoch blieb so begeistert von dem Projekt, daß er bei CW kündigte und in die Dienste von Felix Wankel trat. Kurze Zeit später gelang Lindenmayr die Kontaktaufnahme zum Waffenhändler und Finanzmakler Newman, dem es - egal ob Maschinen oder Kartoffeln - zwar ausschließlich ums Geschäft ging, der aber immerhin 500.000 Dollar für Exklusivrechte in Frankreich, den Benelux-Staaten und Skandinavien bot. Der NSU-Geschäftsleitung schien Newman indes nicht geheuer und seriös genug, es kam auch hier zu keinem Abschluß.[84] Das Bonner Verteidigungsministerium wurde ebenfalls auf die neue Maschine aufmerksam. Interesse bestand an einer "Verdieselung" sowie an der Erforschung der Vielstoffähigkeit von Rotationskolbenmaschinen. Doch bis auf vergleichsweise bescheidene Forschungsaufträge kam bei diesem Kontakt mit der Hardthöhe nicht viel heraus.[85]

Das große Selbstvertrauen, mit dem die NSU-Geschäftsleitung in diese Verhandlungen zu einer Verbreiterung der industriellen Basis ging, stützte sich insbesondere auf die ersten optimistisch stimmenden Prüfstandergebnisse. Die noch kleine Entwicklergruppe hatte im März des Jahres 1957 dem Drehkolbenmotor (DKM 54) erstmals für kurze Zeit einige wenige PS an Leistung entlokken können. Als man sich wenig später zu einer ersten Pressemitteilung genötigt sah, nahm man diese bislang eher bescheidenen Ergebnisse zum Anlaß, das Projekt in der Öffentlichkeit als großes Ereignis anzukündigen. Ohne mit der Wimper zu zucken, sprach man von einer "Revolution", von "einem Meilenstein in der Geschichte der Verbrennungsmaschinen."[86] Mit welch kritischem Blick diese euphorische und selbstbewußt zur Schau getragene Haltung der NSU AG in der Branche mittlerweile verfolgt wurde, faßte sehr treffend ein Ausspruch zusammen, der zu jener Zeit in der Zulieferindustrie kolportiert wurde: "Eines Tages rennen die gegen die Wand."[87]

Geschäftsleitung und Vor-Entwicklergruppe unter der Leitung von Walter Froede versäumten es auch, das Projekt frühzeitig in den überbetrieblichen Diskursen der Ingenieurwissenschaften zu etablieren, obwohl Kontakte zu Instituten und Unternehmen durchaus vorhanden waren. Als erste Ergebnisse in der Fachöffentlichkeit diskutiert wurden und die Hochschulen in Neckarsulm inter-

essiert um Anschauungsmaterial baten, zeigte sich NSU zugeknöpft. Man glaubte, nicht in der Lage zu sein, Prototypen und Prototypenteile als Lehrmaterialien an die Hochschulen abgeben zu können. Damit war aber eine elegante Chance zur Multiplizierung des neuen Erkenntnisstandes verpaßt, der Motor blieb als abstrakter Lehrgegenstand eine fremde, unvertraute und damit für Ingenieure weitgehend suspekte Materie.[88] Enge Kontakte zur etablierten Motorenbauerzunft konnten zunächst nur mit dem Leiter eines kleinen Münchner Instituts, dem Privatdozenten Huber geknüpft werden, dem in den folgenden Jahren die Rolle des technikwissenschaftlichen Begleiters zufallen sollte.

In der zweiten Hälfte dieses bemerkenswerten Jahres 1957 trat nach der Frühlingseuphorie der ersten Prüfstandsergebnisse allerdings eine erste Ernüchterung ein. Es zeichnete sich ab, daß der DKM 54 zwar tatsächlich über 20.000 U/min erreichen, aber praktisch bei diesen Drehzahlbereichen auf keine Infrastruktur zurückgegriffen werden konnte. Weder hielten die bisher im Verbrennungsmotorenbau verwendeten Materialien, noch Zündkerzen, Vergaseranlage oder andere Nebenaggregate wie Anlasser oder Kühlungssysteme diesen Belastungen im Dauerlauf stand. An die Eigenentwicklung all dieser für den Sprung in ein neues, unbekanntes Land notwendigen Zusatzsysteme war aber schon aus Mangel an Zeit und Geld nicht zu denken. Erstmals wurde den Beteiligten die Notwendigkeit von strategischen Netzwerken in vorwettbewerblichen Bereichen klar. Zudem konnten die von der Drehkolbenmaschine erbrachten Leistungsdaten mit den bestehenden Meßmethoden kaum erfaßt und damit bewertet werden. "Nur bei einem stehenden Außenläufer kann ich indizieren", faßte Dr. Huber die Probleme bei dieser Maschine, in der ja noch Außen- und Innenläufer zeitlich versetzte Drehbewegungen ausführten, zusammen. "Der Motor war mit keinem bekannten Maß zu messen. Wer sollte da im Handumdrehen abschätzen, was aus dem Ding wird?" zeigte sich später auch der Mercedes-Entwickler Obländer sehr verwirrt über die Möglichkeiten des Aggregats.[89] Noch völlig losgelöst von möglichen Einsatzkonzepten sah sich das Entwicklungsteam gezwungen, die neue Maschine langsam in Richtung bekannter Wissens- und Erfahrungsgebiete zu entwickeln. Kurzerhand entschloß man sich im Versuchsraum, den bei einem Drehkolbenmotor mitdrehenden Außenläufer stillzusetzen und in einer kinematischen Umdrehung nunmehr einen Kreiskolbenmotor (KKM) zu entwickeln. "Die erste KKM wurde praktisch ohne Kenntnis des NSU-Vorstandes und ohne Information an Herrn Wankel entworfen und hergestellt. Es kam zu einer erregenden Auseinandersetzung bei Herrn Dr. Stieler von Heydekampf, in der sich Herr Wankel darüber beschwerte, daß die jungen Leute immer alles besser wüßten und seinen ganzen Plan über ein wirkliches Bindeglied zwischen Hubkolbenmotor und Turbine ruiniert hätten."[90] Wankel selbst sprach in seiner metaphorischen Sprache salopp von einer "Volksausgabe seiner

Drehkolbenidee."[91] Immerhin repräsentierte diese Entscheidung eine erste wirkliche "Schließung" in der bislang recht grundlegenden Suche nach geeigneten Konstruktionsformen, denn damit war aus den vielen denkbaren Anwendungs- und Konstruktionsmöglichkeiten eine Konzentration auf traditionelle Marktsegmente verbunden. Allerdings dokumentierte diese Entwicklung nur wieder aufs Neue die prinzipiellen Unterschiede zwischen dem Industrieunternehmen NSU und Wankels TES. Wankel verfolgte weiterhin die Realisierung einer möglichst reinen Umsetzung des Rotationsgedankens, während der NSU AG die für eine Serienproduktion notwendige Fixierung der Funktions- und Betriebssicherheit im Nacken saß. Im übrigen sollte später keiner der neu einsteigenden Lizenznehmer hinter diese Entscheidung zurückgehen und mit Drehkolbenmotoren experimentieren. Von nun an konzentrierten sich die Optimierungsarbeiten allein auf die Konstruktionsformen des Kreiskolbenmotors.

Für die Entwicklung zur Serienreife konnte das Entwicklungsteam in Neckarsulm zudem immer weniger von den Arbeiten der TES profitieren. Dafür profilierte sich Wankel mehr auf geschäftlichem Gebiet. Neben verschiedenen Industrievertretern war Wankel mit Ernst Hutzenlaub in Kontakt gekommen, einem selfmade-Geschäftsmann, der von sich selbst behauptete, er verhandele nie über den Stand der Technik, sondern nur über den möglichen Stand der Technik.[92] Mit Hutzenlaub gewann Wankel einen Geschäftspartner, der die für ihn immer noch günstigen sozialen Konstellationen sehr geschickt eruierte und entsprechend geschäftsmäßig zu vermarkten verstand. Diese neue Zusammenarbeit mündete später, genauer am 12.12.1957, in die Gründung der Wankel GmbH, an der Wankel und Hutzenlaub mit je 50% beteiligt waren. Gemeinsam verstanden beide, unter der Protektion von Wilhelm Keppler und auf Basis der gemeinsam von Wankel und NSU angemeldeten Patente für die Wankel GmbH, den durchaus stattlichen Anteil von 40% an den Linzenzeinnahmen auszuhandeln. Hutzenlaubs Engagement trug aber auf der anderen Seite nicht dazu bei, dem Projekt den dringend benötigten seriösen und soliden Charakter zu vermitteln.[93] Damit war es NSU nicht nur mißlungen, frühzeitig für die Verbreitung der industriellen und technikwissenschaftlichen Trägerschaft des Projekts zu sorgen, es sollte sich im Nachhinein noch als schwerer Fehler herausstellen, daß man die eigene Position durch die Abtretung von 40% der bitter benötigten Einnahmen sogar noch zusätzlich geschwächt hatte. Für Wankel sollte dies bedeuten, daß seine Verbindungen "zu alten Kameraden" dem Projekt langfristig mehr schadeten. Offensichtlich waren die Kontakte im "braunen Netzwerk" für die moderne Innovationspolitik nur noch bedingt tauglich.

In der Versuchswerkstatt schien die Zeit der spektakulären Erfolge zudem erst einmal vorbei. Zwar konnte mit der Entscheidung zur Entwicklung eines KKM die Zahl der noch offenen Fragen und Probleme drastisch reduziert und in

vielen bis dahin ungelösten Problemen auf bewährte Konstruktionselemente zurückgegriffen werden, die Fortschritte kamen jedoch - nachdem der Nachweis des prinzipiell Machbaren gelungen war - nur noch langsam voran. Ein erster Prototyp, der "KKM 57", erreichte immerhin mit einem Kammervolumen von nur 125 ccm auf dem Prüfstand 14.000 U/min und 21 PS Leistung. Die Prüfung eines möglichen Motorenprinzips im Rahmen der Vor-Entwicklung war eine Seite, die Erfordernisse und Zwänge einer Serienproduktion eine völlig andere. Das kleine Entwicklungsteam operierte nach wie vor im Einflußbereich und im Geist der Rennmotorenabteilung. In dieser Tradition stehend suchte man eher nach extremen Auslegmöglichkeiten der Maschinen, die aufwendigen und wenig anregenden Erfordernisse der Serien-Entwicklung standen dagegen weniger hoch im Kurs. "Laß sie saufen", war in den Rennabteilungen damals ein geflügeltes Wort, für die Serienentwicklung hatte die sträfliche Vernachlässigung des Kraftstoffverbrauches schlimme Folgen, was den Entwicklern der "TX" - "den kriegen wir schon hin"- aber kaum beizubringen war.[94] Selbst Unternehmenschef Stieler von Heydekampf glaubte lange Zeit, durch diese Renntraditionspflege ein besonderes Produktprofil zu erreichen. "Die Welt hat ja nicht auf uns gewartet. Eine eigene Note mußte etwas besonderes sein. Wir haben unsere Wagen von vornherein nach der sportlichen Richtung ausgelegt."[95]

Im Umfeld des Unternehmens stabilisierten sich die Signale weiter in Richtung Automobil-Gesellschaft. Der Absatz der Motorräder war 1958 nochmals drastisch auf 128.000 zurückgegangen[96], während der Ausbau des Fernstraßennetzes sowie weitere Fördermaßnahmen zur Stützung des Automobils auf den parlamentarischen Weg gebracht wurden. NSU war der Einstieg in dieses neue Zeitalter des Automobilismus nicht sonderlich gut gelungen. Die Probleme des ganz und gar konventionell geratenen Prinz I dokumentierten, wie hoch tatsächlich bereits die Einstiegshürden in diesen zukunftsträchtigen Markt waren und wie wichtig für NSU daher der Nachweis eines unverwechselbaren technischen Profils sein würde. Im Jahre 1958 startete man zunächst mit 12.000 Einheiten, was bereits einem Anteil von 27% des Gesamtumsatzes entsprach, 1959 produzierte man bereits 31.000 Fahrzeuge, allerdings ließ sich schon 1960 keine weitere Steigerung des Absatzes dieser Automobile erreichen.[97] Um so erstaunlicher ist es, daß die NSU-Geschäftsleitung im Wechsel von Selbstüberschätzung und Dilettantismus die Probleme der immer dringender benötigten industriellen Kooperation auch weiterhin nicht in den Griff bekam. Während die Kontakte mit der hiesigen Industrie mehr oder weniger wieder eingeschlafen waren, blieben die Verbindungen zu Curtiss-Wright (CW) erhalten. Bei diesem Unternehmen, das zur damaligen Zeit 32.000 Mitarbeiter beschäftigte und einen Umsatz von fast 580 Millionen Dollar erreichte[98], unterschied sich die Situation allerdings wenig von der bei NSU. Als Amerikas renommiertester Flugtrieb-

werkshersteller bis zum Zweiten Weltkrieg hatte das Unternehmen (Curtiss stand für Glenn Curtiss, der als erster der US-Navy und US-Army Flugzeuge verkauft hatte, Wright stand für die Brüder Orville und Wilbur Wright)[99] die guten finanziellen Möglichkeiten für den Einstieg in das Jet-Zeitalter verpaßt und geriet mit einem auf Kolben-Motoren fixierten Produktprogramm mehr und mehr ins Hintertreffen. Mit verschiedenen, eher zweifelhaften Projekten wie einem Air-car oder einem Propellertrain stand man bei der Suche nach neuem Profil unter starkem geschäftlichen Zugzwang, in kurzer Zeit neue Absatzgebiete zu erschließen. Daß es aber bei so vielen Parallelen zu NSU erst 1958 zu einem intensiven Austausch kam, lag daran, daß Kontakte aus alten Tagen aktiviert werden konnten. Der in Deutschland geborene und aufgewachsene Max Bentele, der bei verschiedenen Flugmotorenherstellern vor und während des Krieges gearbeitet hatte, kam im Rahmen der Beschäftigung mit Drehschieber-Steuerungen bei der Firma Hirth während des Krieges auch in Kontakt mit den Arbeiten von Wankel. Nach dem Zweiten Weltkrieg zunächst im Auftrag der britischen Regierung mit einem Projekt für Turbinenantrieb in Panzern beschäftigt, kehrte er 1951 nach Stuttgart zurück, um bei den Heinkel-Werken, einem damaligen Konkurrenten von NSU im Geschäft mit Motorrollern, die Entwicklungsabteilung zu leiten. Schon im Sommer 1956 wechselte Bentele zunächst als Staff Engineer des Product Improvement Programs zur Wright Aeronautical Devision der Curtiss-Wright Corporation. Zur Erschließung neuer Geschäftsfelder hatte das Unternehmen unter der Leitung von Roy T. Hurley über verschiedene Mittelsmänner - auch Lindenmayr gehörte hierzu - mehrere industrielle Kontakte nach Europa aufgebaut. Man interessierte sich unter anderem für Dieselmotoren als Flugtriebwerke. Mit William Hannaway, CW corporate Counsel, wurde 1958 zum zweiten Male ein CW-Vertreter bei einem Besuch der Münchner Firma Kugelfischer auf das Motorenprojekt der NSU aufmerksam gemacht.[100] Wieder wurden entsprechende Nachrichten und Berichte an die amerikanische Ostküste übermittelt, die aber diesmal Bentele zur Prüfung vorgelegt wurden. Bentele decodierte die fortgeschrittenen Arbeiten der Neckarsulmer Entwickler als ein für CW durchaus interessantes Projekt und vermittelte der Geschäftsleitung gleich einen seriösen Eindruck von der kleinen deutschen Firma. In seinen "Results of my investigations on the NSU engine" vom Mai 1958 fügte er hinzu, daß "NSU a well established reputable company" sei, "which manufactures bicycles, motorcycles, scooters and small passenger cars. The products are well developed, reliable und durable...Their engineering outlook is very advanced, e.g. it perfectes an engine with an overhead cam operated by two eccentrics for racing and large scale production. They are also very active in the field of fuel injection."[101] Sein Anliegen jedoch, zunächst nur eine Option zu nehmen und vorsichtig die Potentiale der Maschine auszuloten, stieß

bei der Geschäftsleitung angesichts der kritischen Situation der Firma und im Bemühen um schnellen geschäftlichen Erfolg auf kein Verständnis.

Doch auch diesmal leistete sich der NSU-Vorstand einen folgenreichen Fauxpas. Leider hatte es die NSU-Geschäftsleitung vor Aufnahme der Lizenzvertragsverhandlungen mit CW verpaßt, die hierfür notwendigen Patentrechte in den USA ordnungsgemäß absichern zu lassen. Durch die auch in den USA vorhandene Vielzahl von Rotationskolbenpatenten traten erhebliche Verzögerungen ein. Letztendlich gelang es später auch nur mit Hilfe von erfahrenen CW-Anwälten, die Patente tatsächlich abzusichern.[102] Mit diesem für NSU eher peinlichen Umstand konnte CW selbstverständlich optimale Bedingungen aushandeln. CW erreichte nicht nur eine generelle Beteiligung an allen Patenteinnahmen, sondern sicherte sich auch die Exklusivrechte für den gesamten nordamerikanischen Markt. Der für Technik zuständige Vorstand Frankenberger bedauerte später diese ungünstigen Verhandlungsergebnisse für NSU, die durch die ebenfalls großzügige Beteiligung der Wankel GmbH verschärft wurden und auf eine weitere Schwächung der industriellen Basis hinauslaufen sollten. Ihm schwebten später andere Sätze vor: "Wankel mit 2 Millionen DM pauschal abfinden. 40% für die Wankel GmbH, also für Wankel und Hutzenlaub, waren zuviel. Auch die globalen 10% der Lizenzeinnahmen für CW überstiegen das Vertretbare."[103]

Nach dieser Lektion hatte man bei NSU offenbar das Einmaleins der Patent- und Absicherungspolitik begriffen. Zur Grundidee bei den Aushandlungen der zukünftigen Verträge wurde die dringend notwendige industrielle Verbreitung des Wissens- und Erkenntnisstandes sowie eine damit verbundene Verbesserung der finanziellen Basis erklärt. Auf der anderen Seite mußte tunlichst die Gefahr des "Todkaufens" vermieden werden, wobei sich Firmen nicht nur exklusive Verwertungsrechte, sondern damit auch exklusive Rechte in der Definition des Projektes sicherten. Und was sollte den Unternehmen, die unter dem strengen Diktat der Massenserie standen, leichter fallen als risikobehaftete Projekte für nicht ausführbar zu erklären? Nach dem Vorbild des Glühlampen-Kartells entwickelte die Neckarsulmer Rechtsabteilung daher sogenannte Lizenztypenverträge mit folgenden Merkmalen: hohe Eintrittsgebühren beim Erwerb von Lizenzen; strenge Kennzeichnungspflicht der Entwicklungsziele, Gebot des gegenseitigen, über Neckarsulm zu koordinierenden Erfahrungsaustausches (sogenannte Sternschaltung), ein gegenseitiger "Nichtangriffspakt" und schließlich die üblichen Gebührenabgaben bei Vermarktung.[104] Die hohen Eintrittsgebühren, die Unternehmen unabhängig von einer späteren Serien-Entwicklung zahlen mußten, ließen sich natürlich nur kassieren, wenn NSU den Nachweis der Serienreife des Motors erbringen konnte. Und damit hatte sich die Geschäftsleitung - notgedrungen - in Teufels Küche begeben: Für einen Erfolg des

Projektes mußten dringend Lizenzgebühren herbei, die aber nur eingeworben werden konnten, wenn man sich voll auf das riskante Vorhaben einließ.

Im Oktober 1958 konnte jedenfalls mit CW ein erster Lizenzvertrag geschlossen werden, wenngleich hier die NSU Geschäftsleitung noch die besondere Ausgestaltung des Vertragswerkes durch CW akzeptieren mußte. Letztlich schienen der Unternehmensleitung durch die Brücke Bentele-Froede-Wankel aber die Grundlagen für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit gegeben. Zudem hatte man mit CW zwar keinen Automobilhersteller, dafür aber eine Firma von durchaus gutem Ruf und - was für die damalige Zeit fast noch mehr wog - vor allen Dingen ein Unternehmen aus den USA als ersten Lizenznehmer gewonnen.[105] Zum Einbruch in die bislang so dominante Phalanx der Hubkolben-Entwicklung hatte man sich - so hoffte die NSU-Geschäftsleitung - einen "Eisbrecher" gesichert.[106]

Der Vertragsabschluß mit CW änderte auch das betriebsinterne Machtgefüge. Denn erst jetzt war klar, daß "mit einiger Sicherheit anzunehmen war, daß aus dem Kreiskolben-Projekt etwas werden würde."[107] Die kleine Gruppe der Vor-Entwickler wuchs zu einer für NSU-Verhältnisse sehr großen Abteilung mit insgesamt 82 Beschäftigten. Darüber hinaus brachte der Vertrag mit CW die Zahlung von 2 Millionen Dollar Eintrittsgeld.[108] Damit hatte diese Entwicklungsgruppe dem Unternehmen tatsächlich zunächst einmal die finanzielle Basis gesichert. "NSU (konnte) in den Jahren 1958 bis 1960 über die Deckung der Aufwendungen für KKM-Entwicklung hinaus Mehreinnahmen in Höhe von 2.490 TDM realisieren, die NSU frei zur Verfügung standen. Der CW-Vertrag verhalf NSU somit zu damals dringend erforderlichem Kapital", so eine spätere betriebswirtschaftliche Analyse. Betriebsintern hieß es, "von Geldern von CW hat NSU wieder weitergelebt..."[109] Damit gelangte das neue Projekt zur Erreichung des technischen Profils nicht nur in eine erheblich günstigere Position, sondern war tatsächlich in seiner nun auch ökonomischen Bedeutung zum "Faustpfand" des Unternehmens geworden. Der Ritt auf dem Tiger sollte beginnen.

Die Dresdner Bank als Mehrheitseigner verband mit dem schwäbischen Unternehmen nach dem eher mißglückten Start der Autoproduktion und dem Rückgang der Motorradverkäufe offenbar keine strategischen Pläne mehr - ein Verkauf an Curtiss-Wright oder VW wurde erwogen.[110] Nun aber taten sich plötzlich ganz neue Optionen auf. Die Geschäftsbank verdiente später mit Spekulationen der NSU-Aktien geschätzte 80 Millionen DM, was freilich nie offiziell bestätigt wurde.[111] Jedenfalls war vom beherrschenden Mehrheitsaktionär kein Stopp in der Wankelangelegenheit eingeklagt worden.

Die NSU-Geschäftsleitung hatte es aber unterlassen, die damalige Verfassung von Curtiss-Wright aufmerksam zu studieren. Das Wankelprojekt stand

zwar unter der persönlichen Schirmherrschaft von Unternehmenschef Hurley, an sich eine gute Voraussetzung, auch wenn Projektleiter Bentele im Unternehmen als neu arbeitender Ingenieur - zudem aus Deutschland (man schrieb das Jahr 1958!) - noch über keine Hausmacht verfügte. Mit der Entscheidung Hurleys, das Wankelprojekt quasi über Nacht zu einem strategischen Stützpfeiler der unternehmerischen Zukunftsvorsorge zu machen, geriet das Vorhaben von Anfang an in den Strudel divergierender Interessen, die sich für den Erfolg des Projektes nicht förderlich erweisen sollten. "This reorganization puts me in a very precarious position in two ways", schrieb Bentele hierüber später. "I discerned a situation which in German is called Tores-Schluß-Panik. In other words, expections for quick results become extraordinarily great. Although the pressure was tremendous, I was unable to refuse the assignment. It would have meant that I had misjudged the engine's potential and/or that I didn't trust my capabilities. To secure my continual service, 'golden handcuffs' were laid on me: stock options and participation in Curtiss-Wright incentive compensation program... In short, I had no choice. I did my best under the circumstances."[112] Auch bei CW fehlte es an einer Konzentration der Entwicklungsarbeiten, da ebenfalls noch kein Produktbereich definiert worden war. Das völlig neu zusammengestellte Team - etwa 170 Leute beschäftigten sich zu dieser Zeit mit dem Projekt - rekrutierte sich aus allen Abteilungen des Unternehmen; an den Einbau in Bussen, Lastwagen, Pkws, Booten oder Flugzeugen war genauso gedacht wie an einer Verwendung als stationäre Kraftquelle.[113] Hurley selbst sah sich zur Sicherung seiner eigenen Existenz zudem bereits nach kurzer Zeit dazu gezwungen, das unter strikter Geheimhaltung begonnene Projekt zur Beruhigung der nervösen Gesellschafter nach außen hin als profitträchtige neue geschäftliche Perspektive zu verkaufen. Diese Maßnahme sollte natürlich auch NSU erheblich unter Zugzwang setzen. Offenbar gelang es Hurley aber nicht, die Aktienbesitzer von dem Projekt zu überzeugen. Denn schon im Mai 1960 wurde er als President and Chairman of the board von Roland T. Berner abgelöst. Was folgte, war eine Phase, die intern als "hunt and retribution" charakterisiert und bei der auch Bentele entmachtet wurde. Für die bisher eigenständige Wankelgruppe entstanden völlig veränderte Bedingungen. Die "Sondergruppe Bentele", die bisher nur Hurley persönlich berichtspflichtig war, wurde aufgelöst und in die Wright Aeronautical Devision (WAD) integriert. Andere Projekte, wie das mit viel nationalem Pathos begleitete, später freilich ebenfalls gekippte "Supersonic Aircraft" (SST), ein Überschallflugzeug, bekamen nun unter dem neuen Chef oberste Priorität. Bei NSU bedauerte man diese Entwicklung natürlich sehr, insbesondere den Verlust verlorenen Definitionsfreiraumes, auf den ein neues Motorenprojekt dringend angewiesen ist. "Damit sind die Entwicklungsleiter der Turbotriebwerke und Hubkolbentriebwerke ebenso wie

deren Konstruktionsleiter und Versuchschefs eingeschaltet."[114] Die zu Beginn bei CW so promovierte Sondergruppe wurde in eine Art Vor-Entwicklungsabteilung zurückgestuft. Verschiedene Konfigurationen durften untersucht werden, einen Schwerpunkt bildeten beispielsweise die Untersuchungen zur Verdieselung und die Nutzung verschiedener Kraftstoffe. Die hierüber publizierten Artikel und Papiere ergänzten den bisherigen Erkenntnisstand, die in der neu gewonnenen "Freiheit" entwickelten Projekte kamen unter diesen Bedingungen aber nie auch nur in die Nähe einer Serienreife. Die globale Beteiligung von CW an den weltweiten Lizenzeinnahmen der NSU AG sowie durch die Möglichkeit zur eigenständigen Vergabe von Unterlizenzen in den USA hatte die neue Geschäftsleitung dazu gebracht, mehr auf Grundlagenforschung zu setzen. "CW's top management relished its leading position in rotary engine technology, but failed to exploit it, to concentrate on a specific application and to prepare for production of an engine model for it. This wait-and-see attitude brought sublicenses but did not create work for Curtiss-Wright's factories and employees."[115] Curtiss-Wright sollte damit einen nur sehr begrenzt nützlichen Beitrag zur Promovierung, Durchsetzung und industriellen Absicherung des Wankelprojektes liefern können. Das neue revolutionäre Antriebskonzept geriet auch dort in den Strudel des Überlebenskampfes, wurde gleichzeitig ein Element der Intrigenpolitik und blieb letztlich auf eine kleine Gruppe begrenzt, deren Arbeitsweise mehr durch Grundlagenforschung denn durch zielgerichtete Produktinnovation gekennzeichnet war.

Eröffnungsbilanz in München: Reaktionen bei Volkswagen und Daimler-Benz

Die vorschnelle Veröffentlichung des Projektes noch durch CW-Boss Hurley Ende 1959 verärgerte die NSU-Geschäftsleitung natürlich sehr, da zu diesem Zeitpunkt in Neckarsulm die Entwicklungsarbeiten noch keineswegs den Zustand einer motortechnischen Revolution erreicht hatten. Die einmal geweckte Aufmerksamkeit in der internationalen Presse, die für eine Vermarktung des Motors dringend gebraucht wurde, ließ sich aber kaum wiederholen. Felix Wankel, der sehr aufmerksam den Leidens- und Lebensweg Rudolf Diesels studiert hatte, kam die Idee zu einer großangelegten öffentlichen Präsentation. Die eingangs schon erwähnte Tagung der Automobiltechnischen Gesellschaft in München stellte in Ablauf und Dramaturgie den Versuch einer exakten Kopie Rudolf Diesels erster Präsentation des später nach ihm benannten und weltweit erfolgreichen Motorentypus dar. Der wissenschaftliche Berater Huber knüpfte die Kontakte zur entsprechenden Fachabteilung des VDI, da Diesel 1897 im

Rahmen der jährlichen Hauptversammlungen des VDI in Kassel erste Testergebnisse vorgestellt hatte. Die ingenieurwissenschaftliche Begutachtung übernahm damals Moritz Schröter, einer der führenden Fachvertreter der Technischen Thermodynamik und Nachfolger des angesehenen Carl von Linde. Diesel konnte seinem Auditorium aber nicht nur ein neues Maschinenkonzept mit Aussichten auf einen drastisch reduzierten Kraftstoffverbrauch präsentieren, sondern mit der Maschinenfabrik Augsburg, der späteren M.A.N., der Krupp AG sowie den Gebr. Sulzer eine Strategische Allianz der damaligen Branchenführer des Maschinenbaus vorstellen, die sein Projekt entwickelten bzw. im Falle Sulzer, diesem loyal gegenüber standen und ideell förderten. Insbesondere Wankels Wunsch ist es sicherlich gewesen, das gute Omen dieser Veranstaltung für sein ja durchaus auch revolutionär zu nennendes Projekt zu nutzen. Immer wieder hatte er der NSU-Geschäftsleitung die treue Unterstützung Diesels durch den Direktor der M.A.N., Heinrich von Buz vorgehalten, in dem er den eigentlichen Erfolgsgaranten des Dieselprojektes vermutete.[116] Die im Januar 1960 abgehaltene Veranstaltung konnte den Unterschied in der politischen Absicherung des Projektes allerdings nicht deutlicher zeigen. Das Deutsche Museum als einen Ort der ersten Präsentation zu wählen, zeugte allerdings von einem hohen Maß an Selbstironie.

Beide Projekte befanden sich zu dieser Zeit - nach jeweils etwa sechs Entwicklungsjahren - in einem vergleichbaren technischen Zustand. Ein Prototyp demonstrierte auf einem Prüfstand die grundsätzliche Funktionstüchtigkeit und bestätigte im Ansatz die den Projekten zugeschriebenen Eigenschaften. Im Falle Diesel war es der ruhige, kraftvolle und zugleich äußerst sparsame Verbrennungsprozeß, im Falle Wankel die extrem kompakte Erscheinung sowie die ruhigen Laufeigenschaften, die neue Perspektiven nicht nur im Automobilbau versprachen. Bei beiden Projekten sollte sich erst nach der Präsentation herausstellen, daß die Begutachtungen der Fachvertreter sowie die Prognosen der Projektträger offensichtlich im Taumel der Begeisterung die notwendige Sorgfalt hatten vermissen lassen. Bei beiden Motorentypen erlebten die Betreiber in der Phase der späteren Markteinführung ein Desaster, beide erreichten auch nicht annähernd die mechanische Haltbarkeit, die von den Käufern und Nutzern verlangt wurde. Die im Geneseprozeß gewonnenen Erfahrungen konnten noch nicht in einen selbsttragenden Maschinenlauf überführt werden. Zur Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit mußte im Falle des Dieselmotors ein Montageteam den Motor rund um die Uhr überwachen und betreuen, um die noch nicht inkorperierten Erfahrungen manuell bereitzustellen. Die technischen Probleme waren so gravierend, daß bei beiden Projekten die grundsätzliche Funktionsfähigkeit wieder angezweifelt und die schon überwunden geglaubten inner- und überbetrieblichen Widerstände erneut aktiv wurden. Das Projekt Dieselmotor

hing nicht nur bei dem allein verbliebenen Unterstützer, der M.A.N., an einem "seidenen Faden", das Konzept wurde in Fachkreisen bereits als Fehlschlag diskutiert und war in der Fachliteratur schon abgehakt.[117]

Während Wankel in völliger Verkennung der Situation häufig die mangelnde Unterstützung seitens der NSU beklagte, stellte sich vielmehr heraus, daß NSU mittlerweile zur Sicherung des unternehmerischen Überlebens in der Automobilindustrie mehr und mehr auf den Erfolg des Projektes angewiesen war. Dementsprechend verfügte die Wankelgruppe - sehr zum Mißfallen der konventionellen Hubkolbenabteilung, deren Entwicklungsprodukte ja immerhin liefen und verkauft werden konnten - seit 1960 über eine sehr gute Position im unternehmerischen Kraftfeld. Was aber bei der Münchner Veranstaltung vollends deutlich wurde - gerade im Vergleich mit Diesel -, war der Mangel an einer überbetrieblichen Absicherung des Projektes. Zwar fand im Deutschen Museum der Nach-Nachfolger von Moritz Schröter, der Münchner Thermodynamiker Schmidt, als anerkannte Autorität der Ingenieurwissenschaften freundliche Worte für das Projekt, auch der Vorsitzende der ATG, der Braunschweiger Hochschullehrer Koeßler, würdigte in seinem Vortrag die lange vergessene Linie der Rotationskolbenmaschinen, doch offenbarten diese Vorträge, daß sich bislang die etablierte Zunft noch nicht mit diesem neuen Motor auseinandergesetzt hatte. In seinen Ausführungen betonte daher Privatdozent Huber, der auch über die bisher gemessenen Werte berichtete, immer wieder, daß die Wirkungsweise auch dieser Maschine voll und ganz mit den Gesetzen der Thermodynamik zu beschreiben sei und mühte sich, das neue Projekt innerhalb gesicherter Wissensgebiete zu positionieren.[118] Diesels Erfolg lag aber vor allen Dingen in der geglückten Bildung einer Strategischen Allianz der Branchenführer, und hier hatten Wankel und die NSU nur wenig zu bieten. Die NSU AG stand sozusagen erst vor den Toren der Autobranche, galt zwar als innovationsfreudig, aber auch als eigenwillig. Schon damals kursierten Gerüchte, daß es NSU einmal genauso ergehen werde wie Borgward. Dieses Bremer Automobilwerk, dem innovationsfreudigsten in der Branche, das sich bisher wenig um Konventionen und Branchenspielregeln gekümmert hatte, war in eine undurchsichtige und offenkundig auch von Banken gezielt gesteuerte Finanzkrise geraten und stand unmittelbar vor dem Konkurs.[119] Curtiss-Wright als bislang einziger Lizenznehmer aus Amerika genoß zwar aus alten Zeiten einen guten Ruf, konnte aber für die hiesige Autobranche keinen Maßstab darstellen.

Im Bewußtsein, einen dicken Fisch an der Angel zu haben, war von der NSU-Geschäftsleitung die Suche nach potenten industriellen Kooperationspartnern, die vom Start weg das Projekt mitgeprägt und auch mitgetragen hätten, nicht konsequent genug betrieben worden und sollte nun Anfang der 60er Jahre zu einem um so hektischeren Treiben der Geschäftsleitung führen. "Wir haben

den Motor wie Sauerbier angeboten", bekannte später Stieler von Heydekampf.[120] "Wir haben Lizenznehmer gesammelt wie andere Leute Briefmarken", so ein Mitarbeiter über die Rolle der neu aufgebauten Lizenzabteilung. Hierbei mußte durch gezielte Informationen an die Tagespresse der Motor als revolutionäres Ereignis angepriesen werden. "Dieses Klima zu schüren, war unsere Aufgabe."[121] Henn, der Chef dieser Abteilung, und Hutzenlaub "sind um die ganze Welt gefahren. Häufig haben die Unternehmen Lizenzen genommen, ohne Ahnung gehabt zu haben, einfach aufgrund der Presse-Veröffentlichung, und waren dann häufig schockiert, als sie sahen, daß am Motor noch eine ganze Menge getan werden mußte."[122] Bereits zu dieser Zeit muß es einigen Herren auf der Vorstandsetage klar gewesen sein, daß die erhoffte motortechnische Revolution wohl die unternehmerische Selbständigkeit kosten würde. "NSU hat sich von seiner eigenen Begeisterung fortreißen lassen, kalkulierte die Selbsttäuschung zumindest deswegen nicht ein, um sich wertvoll für eine nicht mehr vermeidbare Anlehnung an ein großes, gesundes Unternehmen zu machen" - so Dieter Korp, der diese ersten Jahre besonders aufmerksam verfolgte.[123]

Rudolf Diesel hatte im Gegensatz zu Felix Wankel sein Projekt erst dann gestartet, als eine breite industrielle Trägerschaft zustande gekommen war. Noch bevor das Projekt überhaupt Gegenstand öffentlicher Debatten wurde, konnten sich die beteiligten Unternehmen über das Konzept, die Entwicklungsprogramme und schließlich auch über die konstruktiven Schließungs-Entscheidungen einigen. Unter der Federführung der M.A.N. geriet der neue Motor zu einer Art Dampfmaschine des 20. Jahrhunderts, ganz auf die von M.A.N. seit vielen Jahrzehnten versorgten Marktsegmente konzentriert. Damit waren zwar andere Einsatzmöglichkeiten oder andere Brennstoffoptionen, die Diesel immer wieder einzuklagen versuchte, vom Tisch, doch die technischen Sicherungsarbeiten konnten sich auf ein Maschinenmuster konzentrieren und schufen somit die Voraussetzungen, daß die maschinelle Haltbarkeit in einem betriebswirtschaftlich finanzierbaren Zeitraum erreicht werden konnte. Jahre später erst wurden Wankel solche Zusammenhänge klar, und er mußte sich selbstzweifelnd fragen, ob es nicht doch klüger gewesen wäre, gleich zum Start des Projektes eine breite Unterstützerbasis aus Industrie, Technikwissenschaften und Zulieferindustrie gesucht zu haben.

Die Unternehmensleitung der NSU AG sowie Felix Wankel hatten es sich selbst zuzuschreiben, daß im Falle der Rotationskolbenmaschine ganz andere Bedingungen herrschten. Da noch keine breite industrielle Trägerschaft vorhanden war - auch CW verfolgte ja zu dieser Zeit schon mehr die Strategie eines "Gemischtwarenladens" -, konnten auch noch keine gemeinschaftlichen Schließungsentscheidungen getroffen werden, die für den Erfolg eines grundlegend neuen Konzeptes so wichtig sind. "Vom Rasierapparat bis zum Flugtriebwerk

ist alles drin", umschrieb Entwicklungsleiter Froede die prekäre Situation. "Man muß in die Breite gehen. Will man etwas durchsetzen, muß man sich tastend in die verschiedenen Bereiche bewegen", versuchte die Geschäftsleitung aus der Not eine Tugend zu machen.[124] Dies blieb natürlich auch nicht ohne Folgen für die technische Entwicklung. In dieser Zeit, Anfang der 60er Jahre, operierte die Abteilung TX bei NSU noch mit verschiedenen Konzepten der Luft- oder Wasserkühlung und baute Prototypen ganz unterschiedlichster Leistungs- und Anforderungsprofile. "Zwischen 5 und 500 PS ist Wankelfeld", drückte es der NSU-Chef Stieler von Heydekampf aus.[125] Entsprechend der verpaßten industriellen Absicherung des Projektes hielt es die "Geschäftsleitung für sinnvoll, sich nicht auf den Automobilsektor zu beschränken, sondern durch eine möglichst breite Diversifizierung der Produkte (den Erfolg zu suchen). Natürlich war auch auf dem Gebiet der kleinen stationären Motoren eine starke Konkurrenz vorhanden, aber durch die bereits erwähnten Vorzüge, die der Kreiskolbenmotor besonders gegenüber 2-Takt-Motoren mitbrachte, erwartete man hier einen möglichen Durchbruch". Erst im Frühjahr 1963, also beinahe zehn Jahre nach Aufnahme der Forschungs-, Entwicklungs- und Versuchsarbeiten bei NSU, fiel der Entschluß, nunmehr alle Entwicklungsarbeiten auf den Bau eines wassergekühlten Kreiskolbenmotors zu konzentrieren, der speziell für den Einsatz im Automobil gedacht war. Unternehmensmitarbeiter bemerkten später, daß ein Hauptfehler der Geschäftspolitik im Forschungs- und Entwicklungsbereich die Verzettelung auf die verschiedensten Projekte gewesen sei. "Der Entschluß, im Frühjahr 1963 einen wassergekühlten Kreiskolbenmotor für den Automobilbedarf zu entwickeln, kam in der Tat sehr spät, eigentlich zu spät."[126] Die Liste der ersten Lizenznehmer, neben Curtiss-Wright (1958) kam 1960 noch ein Vertrag mit Fichtel & Sachs und im Februar 1962 mit dem japanischen Bootsmotorenhersteller Yanmar Diesel zustande, nahm sich daher fast wie ein "who is who" der gesamten Motorenbau-Branche aus. Ein etablierter Automobilhersteller war zunächst nicht darunter.

Tageszeitungen und illustrierte Wochenblätter wie zum Beispiel Quick hatten die Vorstellung des neuen Motors im Januar 1960 enthusiastisch gefeiert, als die "zweite Erfindung des Automobils" bezeichnet und mit dieser Berichterstattung dazu beigetragen, den Kurs der NSU-Aktie zwischenzeitlich auf den Rekordstand von 3200 DM steigen zu lassen. Die hektische Suche der NSU-Geschäftsleitung und der Wankel GmbH nach den dringend benötigten Lizenznehmern stärkte jedoch nicht die Seriosität des Projektes; vielmehr geriet NSU in den ersten Monaten dieses Jahres in den Mittelpunkt wilder Spekulationen. Die Dresdner Bank erkannte die Möglichkeit, durch gezielte Informationen den Aktienkurs ihren Interessen entsprechend zu gestalten, worauf sich die

vielen Kleinaktionäre in ihren Möglichkeiten bedroht sahen und nun ihrerseits mit scheinbar neuen Informationen zur Gerüchteküche beitrugen.[127]

Die Fachpresse blieb hingegen erstaunlich reserviert. Entscheidend für die weitere industrielle Karriere des Projektes war aber die Tatsache, daß keiner der Automobilchefs ein Signal gab, das auch für den Rest der Branche den Aufbruch in diese neue Antriebstechnologie verkündet hätte. Im Gegenteil: Branchenführer Volkswagen, dessen Geschäftsführung damals praktisch aus Heinrich Nordhoff allein bestand, ließ keinen Zweifel an einer ablehnenden Haltung. Als "ein totgeborenes Kind" bezeichnete der Wolfsburger Alleinherrscher den neuen Kreiskolbenmotor, der zudem noch von der "kleinsten Automobilfabrik mit dem größten Maul" entwickelt wurde.[128] Das sprach sich natürlich herum. Volkswagen kam bei der Bewertung der neuen Antriebstechnik als größtem Hersteller eine Schlüsselposition zu. Durch günstige politische Konstellationen, die britische Besatzungsregierung hatte im Gegensatz zur amerikanischen Politik gegenüber den Opelwerken sehr viel früher und pragmatisch die Wiederherstellung der Fertigung durchgesetzt, war in Wolfsburg ein moderner Massenhersteller von Personenkraftwagen entstanden. "Seit 1955 produzierte Volkswagen nie weniger als die Hälfte aller aus der Bundesrepublik exportierten Automobile."[129] Warum gerade Volkswagen so scharf auf die Münchner Präsentation reagierte, hatte zwei Gründe: Das Unternehmen war unter Nordhoff zu einer streng kontrollierten Monokultur gereift, in der substantielle Veränderungen der Produktpolitik kaum noch vorstellbar waren. "Schon bei meiner Einarbeitung im Sommer 1967", berichtete später Nordhoffs Nachfolger Kurt Lotz, "hatte ich nach Unterlagen gefragt, aus denen hervorgehen könnte, welche Neuentwicklungen in der Schublade waren. Besonders interessierten mich Untersuchungen zu der Frage, wo vom automobiltechnischen Standpunkt aus die Grenzen oder die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten des Käfers liegen könnten. Zu meiner großen Überraschung" - so Lotz weiter - "waren die Schubladen leer. Neue technische Konzepte standen überhaupt nicht zur Diskussion. Alle Zukunftsüberlegungen waren auf den Erfahrungswerten des Käfers aufgebaut."[130] Nordhoff hatte zwar ein ganzes Mausoleum entstehen lassen, "36 verschiedene Volkswagen-Modelle, jedes mit einem Aufwand von bis zu 200 Millionen Mark entwickelt, aber nie in Serie gebaut - nur um zu beweisen, daß nichts besser war als der Käfer". So zählt es "zu den fragwürdigsten Leistungen des VW-Mannes der ersten Stunde, daß Wolfsburg in 25 Nachkriegsjahren kein einziges neues Auto aus eigener Ingenieurleistung auf die Räder gestellt hat."[131] Das ganze riesige Werk war auf dieses einzige Produkt eingeschworen, da war schon für kleinere Modellwechsel kein Raum, geschweige denn für so grundlegende Veränderungen im technischen Kern des einzigen Produktes.

Ein zweiter Grund für die scharfe Reaktion Nordhoffs beruhte auf persönlichen Antipathien gegenüber dem Vorstandschef der NSU AG Stieler von Heydekampf, die wohl auch noch aus früheren Tagen stammten, die aber gerade die Neckarsulmer Abteilung TX schon sehr früh zu spüren bekam. Anfang der 60er Jahre versuchten Entwicklungsingenieure der NSU mit Wolfsburger Kollegen in Kontakt zu kommen. Eine der ersten Versuchsfahrten eines mit einem Kreiskolbenmotor angetriebenen Prinz führte nach Wolfsburg. Doch dort fanden die Techniker wenig Geschmack an dem Projekt der "Hüttenwerke", wie die VW-Mitarbeiter NSU mit Blick auf die barackenähnlichen Gebäude in Neckarsulm zu nennen pflegten. Ein Mitarbeiter des Huber-Instituts versuchte im Rahmen eines Vortrages für das neue Projekt zu werben und bekam ebenfalls die passende Antwort: "Macht ihr mal einen Motor daraus, dann kaufen wir ihn."[132] Nordhoff und Stieler von Heydekampf kannten sich bereits aus ihrer gemeinsamen Zeit bei Opel in Brandenburg. Nordhoff hatte hier Stieler von Heydekampf als Werkchef abgelöst, als dieser zu den Henschel-Werken ging.[133] Offensichtlich herrschten schon in dieser Zeit gewisse Spannungen. Nach Kriegsende unternahm die britische Zonenleitung zunächst den Versuch, Stieler von Heydekampf als Aufbauchef für die VW-Werke zu gewinnen. Das scheiterte allerdings an den strengeren Entnazifizierungsbestimmungen der Amerikaner, die für Stieler von Heydekampf in dieser Angelegenheit zuständig waren. Nordhoff, der ebenfalls aus der amerikanischen Zone stammte, konnte erst von den Briten zum Geschäftsführer bestellt werden, als er sich zwischenzeitlich in Hamburg, also im Einflußbereich der britischen Besatzungsmacht niedergelassen hatte.[134] Als VW in den Jahren des Wirtschaftswunders immer erfolgreicher wurde und mit dem Käfer eine Art Dauerläufer-Produkt zu haben schien, versuchte Nordhoff mit NSU offenbar noch kurze Zeit vor der Münchner Präsentation eine Zusammenarbeit einzufädeln, die in Neckarsulm nur auf schärfste Ablehnung stoßen konnte: In einer Zeit der Kapazitätsengpässe hatte Nordhoff den Plan, NSU solle die gerade erst aufgenommene Automobilproduktion einstellen, als Unternehmen überhaupt jede Selbständigkeit verlieren, sogar die Marke aufgeben, um zukünftig als Ersatzteilwerk zum Ausgleich von Kapazitätsengpässen im VW-Konzern zu fungieren. Die Antwort Stieler von Heydekampfs muß entsprechend drastisch ausgefallen sein, jedenfalls gab es in Wolfsburg danach ein striktes Verbot, "mit NSU je wieder Gespräche über eine Zusammenarbeit zu führen, so tief fühlt man sich gekränkt."[135] Intern ließ Nordhoff verlauten: "Die Akte NSU liegt hier, und hier bleibt sie liegen."[136] Erst nach dem Tode Nordhoffs kam in die Frage der Zusammenarbeit zwischen beiden Unternehmen wieder Bewegung. Diese Stieler von Heydekampf-Nordhoff-Affäre stellte allerdings nur die nationale Komponente in der Frage einer möglichen Übernahme von NSU durch VW dar. Auch auf internationalen

Bühnen eingefädelte Fusionsabsichten, die freilich zu dieser Zeit streng geheim gehalten wurden, sollten sich nicht in geplanter Weise realisieren, wenngleich die Pläne noch Folgen hatten, da sie die Weichen für die später realisierte nationale Lösung stellten.

Die Signale der Branchenführer sind aber in der Autoindustrie bei solchen grundlegenden Entscheidungen immer von großer Bedeutung. Bei langfristigen Festlegungen starten die Unternehmen nur im Einklang der herrschenden Branchenmeinung die notwendigen Investitionsprogramme. Bei VW standen insbesondere persönliche Beziehungsprobleme der beiden Unternehmenschefs einer Lizenznahme Anfang der 60er Jahre im Wege. In einem weiteren Fall brachte die Wiederaktivierung alter persönlicher Beziehungen einen Lizenzvertrag, der sonst wohl kaum zustande gekommen wäre. Einen Tag nach der Münchner Veranstaltung der Automobiltechnischen Gesellschaft (ATG) im Januar 1960 trafen Wankel und sein Geschäftspartner Hutzenlaub mit dem Patentanwalt der Daimler-Benz AG sowie dem Motorenchefentwickler Wolf-Dieter Bensinger in der Nähe von München zusammen, um über einen möglichen Lizenzvertrag zu verhandeln. Bei diesem ersten Treffen war bezeichnenderweise kein NSU-Vertreter dabei. Die offiziellen Kontakte zwischen NSU und Daimler-Benz waren ja nach dem zweifelhaften Angebot der Daimler-Benz-Geschäftsleitung 1956 wieder eingeschlafen. Bensinger und Wankel hielten aber seit dieser Zeit wieder Kontakt miteinander und frischten dabei gemeinsame Erlebnisse während ihrer Arbeit bei der DVL im Zweiten Weltkrieg auf. Bensinger berichtete später in einem Interview, daß er oft an den Bodensee gefahren sei, um mit Wankel gemeinsam zu schwimmen und zu segeln.[137] Wankel hatte diese Gelegenheiten dazu genutzt, um nach Froede auch Bensinger mit seinen Rotationskolbenmotoren vertraut zu machen. Jedenfalls stand Bensinger später ähnlich wie Froede mit Verve für das Projekt ein und sollte zur zentralen Figur der Wankelentwicklung bei Daimler-Benz werden.

Während Mitte der 50er Jahre die Zusammenarbeit von Neckarsulm mit dem übermächtigen Konkurrenten nicht gerade intensiv gesucht worden war, standen die Zeichen im Frühjahr 1960 nun anders. Die Notwendigkeit neuer Lizenznehmer stellte sich deutlicher denn je, zumal man nach dem Presserummel und mit Blick auf die Lizenztypenverträge die Gefahr eines Todkaufens in Neckarsulm für nicht mehr gegeben hielt. Aber auch bei Daimler-Benz müssen sich die Umstände insofern verändert haben, als es Bensinger gelang, seinen Chef, Entwicklungsleiter Nallinger, von den möglichen Potentialen eines solchen Antriebes so weit zu überzeugen, daß dieser zumindest bereit war, "einen Fuß in die Tür" zu stellen.[138] Es war eine Phase der Unübersichtlichkeit in der an sich so wohlstrukturierten Autoindustrie, die zu Beginn der 60er Jahre auch für die Leitung der Entwicklungsabteilung unkalkulierbar geworden war. Die

alten Industrieführer spielten ein letztes Mal Monopoli: Borgward war - wie bereits erwähnt - 1961 aus dem Rennen[139]; Friedrich Flick, der bis zu seinem Tode im Jahre 1972 mit 40% der beherrschende Aktionär der Daimler-Benz AG war, veranlaßte 1958 die Untertürckheimer Konzernzentrale, das traditionsreiche sächsische und nach dem Zweiten Weltkrieg zunächst in Düsseldorf, dann in Ingolstadt wieder angesiedelte Unternehmen Auto-Union (Marke: DKW) aufzukaufen, um die Firma nach wenig erfolgreichen Jahren aber dennoch gewinnbringend 1964 an VW zu verkaufen, so daß Nordhoff hoffen durfte, nun endlich seine Ersatzteile bauen zu können. In den Jahren 1958/1959 drohte auch für BMW das Aus, da jahrelang durch eine falsche Modellpolitik der Bonus des guten Renommees aus der Vorkriegs- und Kriegszeit verspielt worden war. Die Deutsche Bank griff die alte Idee eines süddeutschen Autotrustes wieder auf, fädelte den Verkauf der Münchner Nobelmarke an Daimler-Benz aber so dilettantisch ein, daß aus einer IG Auto erneut nichts wurde. Statt dessen entdeckte die Familie Quandt ihre Liebe zu BMW und stieg als neuer Mehrheitsaktionär in das Unternehmen ein und sollte hier noch viele Jahren segensreich wirken.[140] Bei Daimler-Benz brach 1961 die Ära des aus der Stahlbranche kommenden Generaldirektors Hitzinger an, den Großaktionär Flick gegen den Widerstand des Vorstands durchgesetzt hatte und damit für die Jahre 1961-1966 eine echte Führungskrise heraufbeschwor. "Von wichtigen Entscheidungen blieb er praktisch ausgeschlossen."[141] In produkt- und entwicklungsrelevanten Fragen erlebte bei Daimler-Benz die Gruppe "Nallinger und seine drei Heiligen" daher in dieser Zeit ihre größte Machtentfaltung. Entwicklungsvorstand Fritz Nallinger, die Direktoren Karl Wilfert (Karosseriebau in Sindelfingen), Rudolf Uhlenhaut (Versuch) und Josef Müller (Konstruktion) bildeten, wie sich Müller ausdrückte, "eine verschworene Gemeinschaft, eine wohl unbewußt verwobene Gemeinschaft, ein selten einmütiges Team von Ingenieuren". Müller, dessen reflektive Aufarbeitung seiner industriellen Ingenieurlaufbahn ihresgleichen noch sucht, läßt erkennen, wie dominant diese Gruppe die Produktpolitik in der Nachkriegszeit beherrscht hat. "Angefangen mit dem Nachkriegsmodell 180, Ende der 40er, Anfang der 50er bis hin zur Neuen Generation 1965, ergab sich eine Entwicklung über fast zwanzig Jahre, die von dieser Vierergemeinschaft bestimmt war. Wenn man bedenkt, daß in derselben Zeit nicht weniger als fünf Generaldirektoren aufeinander folgten (Haspel, Wagner, Könnecke, Hitzinger, Zahn), so darf man mit Genugtuung feststellen, wie stabilisierend für das Unternehmen sich die Konstanz einer erfolgreichen technischen Führungsspitze auch für das Produkt auswirken mußte."[142]

Nach der Münchner Tagung hatte Bensinger seinen Entwicklungschef Nallinger zumindest soweit von dem Projekt überzeugt, daß im Laufe des Jahres 1960 die Verhandlungen über einen möglichen Lizenzvertrag aufgenommen

wurden; die in Aussicht stehende hohe Laufkultur von Kreiskolbenmotoren, für Daimler-Benz keine unwesentlichen motortechnischen Eigenschaften, waren neben fertigungstechnischen Gesichtspunkten die offiziellen Gründe. Nallinger hatte bei Daimler-Benz das sogenannte Baukastenprinzip eingeführt, eine Methode, die bereits im Konstruktionsprozeß Rücksicht auf die Kostenplanung der Fertigungstechnik nahm. "Dem Mittelklasse-Programm (sollte) eine gemeinsame Grundbaukarosserie zugegeben (werden), die an der Spritzwand aufhöre und an welche man nach vorne verschiedene Vorbauten und nach hinten differenzierte Heckteile anbauen könne, um den einzelnen Wagen ein verschiedenes Aussehen zu geben."[143] Im Unterschied zu konventionellen Kolbenmotoren bot der Wankelmotor durch seinen insgesamt einfacheren Aufbau, aber auch durch die flexibleren Möglichkeiten in der Herstellung unterschiedlicher Leistungsstärken günstige Aussichten zur Realisierung einer systematischen Fertigungsplanung.[144] Es scheint aber mehr als zweifelhaft, ob Nallinger jemals ein wirklich substantielles Interesse an dem Motor gehabt hat. "Nallinger hat vom Wankel gar nichts gehalten", beschrieb ein leitender Ingenieur Nallingers Haltung, die sich in den folgenden Jahren auch durchaus zeigen sollte.[145] Bensinger nutzte die ihm zugestandenen Möglichkeiten bei der Vertragsgestaltung so weidlich aus, daß NSU bereits mit der Lieferung von wichtigem Know-how begann, ohne das hierüber im Vorstand eine Entscheidung gefallen war. Nachdem sich Hitzinger in seinem Posten als Generaldirektor soweit eingearbeitet hatte und den ausgehandelten Vertrag zur Unterschrift vorfand, forderte er als Bedingung den Nachweis der Produktionsreife des Motors, wobei er dies mit Vollastläufen auf den Versuchsständen unter Beweis gestellt haben wollte. Das daraufhin eiligst zusammenmontierte Aggregat fiel aber schon nach wenigen Stunden aus. Dennoch sah sich Hitzinger zur Unterschrift genötigt, da von NSU mittlerweile Vorleistungen erbracht wurden, so daß der Vertrag "aus juristischen Gründen" zustande kommen mußte.[146] Daimler-Benz konnte jedoch in der Vertragsgestaltung Sonderrechte geltend machen. Die Untertürckheimer Entwicklungsleitung mußte beispielsweise der NSU AG und den anderen Lizenznehmern nicht über beabsichtigte Arbeiten an der Einspritzung des Kraftstoffs berichten, wie dies ansonsten üblich gewesen wäre.

Obwohl damit Daimler-Benz zum Wankelmotor gekommen war wie die Jungfrau zum Kinde, versuchte Bensinger die darin zum Ausdruck gekommene mangelnde Wertschätzung des Projektes seitens der Geschäftsleitung offenbar durch eine um so größere Entschlossenheit seinerseits wettzumachen. Als Leiter der Motorenkonstruktion gab er intern die Losung aus, "jede weitere Stunde an Hubkolbenmotoren ist eine verlorene Stunde."[147] Bensinger griff das Kreiskolbenkonzept wohl auch deshalb so entschieden auf, um endlich einmal aus dem Schatten des Versuches heraustreten zu können. Die lange Entwicklungs-

tradition des konventionellen Hubkolben-Verbrennungsmotors hatte eine "trial and error"-Entwicklungskultur entstehen lassen, die auch bei Daimler-Benz allen ambitionierten Konstrukteuren enge Grenzen steckte. Nur die Versuchsabteilung der Serien-Entwicklung, die der Konstruktion zwar formal untergeordnet war, verfügte aber mit den Prüfständen über die tatsächliche Definitionsmacht, Konstruktionen zu bewerten und die ermittelten Ergebnisse als "Empfehlungen" wieder zurück an die Konstruktionsabteilung zu geben. Bei Rotationskolbenmotoren konnte dagegen noch auf keinen kultivierten Wissens- und Erfahrungskanon mit seinem entsprechenden Meß-, Prüf- und Bewertungsinstrumentarium zurückgegriffen werden. Alles war neu und jetzt war "endlich einmal die Konstruktion ganz vorne."[148]

Die Geschichte des Kreiskolbenmotors bei Daimler-Benz, die per Vorstandsbeschluß 1976 offiziell beendet werden sollte, zeigt aber, wie die Versuchsingenieure ihre Vorherrschaft zu verteidigen wußten. Aufstieg und Fall des Projektes demonstrierten darüber hinaus, daß ein noch so engagierter Fahnenträger wie Bensinger ohne einen entsprechenden Promotor auf Vorstandsebene bei einem so vermachteten Terrain wie dem Automobilbau keine wirklich substantiellen Dinge verändern kann. Wie sich die Stuttgarter Nobelfirma mit dem Wankelprojekt befaßte, läßt darüber hinaus erkennen, daß mit der Erzeugung von Umständen die technische Ergebnisentwicklung beeinflußt werden kann. Bensinger, der im August 1972 altersbedingt bei Daimler-Benz ausschied, zog kurz vor seinem Tod im Jahre 1974 noch einmal rückblickend eine kritische Bilanz: "Die Wankelentwicklung ging stets nur sehr schleppend vor sich, da es vor allem an Versuchskapazitäten (Personal, Werkstatt, Prüfstände) und der Beschaffung der Versuchsteile von der Fertigung fehlte. Der Wankelmotor bekam nie Dringlichkeit."[149]

Bensinger startete 1961 zunächst mit vollem Elan die Wankelentwicklung, ordnete seine besten Leute hierfür ab und schenkte der konventionellen Hubkolben-Entwicklung in den folgenden Jahren nur noch sehr geringe Aufmerksamkeit.[150] Der erste Entwicklungauftrag umfaßte einen "wageneinbaufähigen 150-PS-Wankelmotor mit Benzineinspritzung..., der mit dem damaligen 3-Liter, 6-Zylinder-Motor verglichen werden sollte."[151] Bei einem ersten 200-Stunden-Testlauf im April 1963 machten sich sogenannte "Rattermarken"-Beschädigungen im Läufer bemerkbar, die auf nicht genau bestimmbare physikalische Kräfte zurückzuführen waren und alle Entwicklungsunternehmen noch viele Jahre peinigen sollten. Ein entsprechend pessimistischer Bericht über den aktuellen technischen Zustand und die zu erwartenden Verbesserungspotentiale wurde von der Versuchsabteilung abgefaßt, worauf "Prof. Nallinger... zur Diskussion stellte, den Wankelmotor langsam einschlafen zu lassen."[152] Als die Entwicklungsleitung Mitte der 60er Jahre bei Bensingers Abteilung einen konventionel-

len V8-Motor, quasi in Konkurrenz zum Rotationskolbenprojekt, den sogenannten "Wankel-Schreck" in Auftrag gab, wurde für alle Beobachter offenkundig: Der Vorstand wollte den Motor nicht.[153] Bensinger konnte aber trotzdem die Fortsetzung der Arbeiten durchsetzen. Er profitierte hierbei von einem unausgesprochenen Organisationsgrundsatz im Hause Daimler-Benz: Entwicklungsprojekte werden eng auf Personen zugeschnitten. Solange diese Personen im Hause beschäftigt sind, wird ihnen die Möglichkeiten zur Weiterarbeit an einem einmal aufgelegten Projekt eingeräumt, auch wenn sich die Prioritäten im Hause längst wieder verschoben haben.[154]

Ein günstiger Umstand ergab sich zudem daraus, daß im Unternehmen nach dem spektakulären Ende der Mercedes-Silberpfeile in den 50er Jahren keine Entwicklung von Rennfahrzeugen mehr betrieben worden war. Zur Stabilisierung und Popularisierung des Automobils hatten sich diese Rennveranstaltungen aber bestens bewährt. Mit einem neuen zukunftsweisenden Automobil, dem C 111, das als sogenannter Technologieträger gleichzeitig alte Sportwagenträume beleben und als eine Art Spielwiese für Entwicklungsingenieure fungieren sollte[155], bot sich offenkundig in den Augen des Vorstandes auch für die Wankelgruppe ein günstiger Anwendungsbereich. Im Oktober 1967 erfolgte sogar ein Vorstandsbeschluß, dieses Auto in einer kleinen Serie aufzulegen und mit einem Wankelmotor auszustatten. Ab 1969 sollte die Produktion mit zwanzig Einheiten pro Tag begonnen werden. "Damit glaubte man - so einige Wankelgläubige im Unternehmen - einen Einstieg in die KKM-Fertigung mit möglichst geringem Risiko, aber doch beachtlicher Attraktivität gefunden zu haben."[156] Doch blieb dieser Beschluß genauso ohne eine Umsetzung wie die Entscheidung des Vorstandes, das neue Konzept in einem weiteren Versuchsträger, dem R/C 107 einzubauen. Mitte 1967 waren außerdem Studien für einen Quereinbau des Wankelmotors als Frontantrieb in Auftrag gegeben worden, aber auch dieses Projekt erlag dem gleichen Schicksal wie der C 111 und R/C 107.[157] Obwohl im Rahmen der Serien-Entwicklung bearbeitet, blieb das Projekt Rotationskolbenmotor immer im Stadium der Vor-Entwicklung stecken. Nallingers Interesse galt in den folgenden Jahren vielmehr der Auslotung der verschiedenen Anwendungs- und Konstruktionsmöglichkeiten. Eine Konzentration der Entwicklungsarbeiten, Grundlage für die Erreichung der mechanischen Haltbarkeit sowie Funktions- und Betriebsreife, konnte unter diesen Umständen erst gar nicht entstehen. Die Arbeiten litten - so Bensinger - "an der häufigen Änderung der Aufgabenstellung: 2-, 3- oder 4-Scheibenmotore, Gebrauchs- oder Sportmotor, Vergrößerung des Hubvolumens" zwangen die Entwickler immer wieder zur Öffnung neuer Konstruktionspfade. Neben der ständigen Veränderung der Aufgabenstellung behinderte auch eine unzulängliche Ressourcenausstattung die dringend notwendigen Konsolidierungsarbeiten im Unterneh-

men. Entscheidend hierbei war neben einer ausreichenden Zahl von Konstrukteuren und Technikern der Zugriff auf Versuchs- und Prüfstände, im Fachjargon auch Bremsen genannt. Bislang verfügte die Wankelentwicklung mit 8 Prüfständen über gerade 22% der insgesamt für Pkw-Motoren vorhandenen Prüfstandskapazitäten, dagegen hatte die kleine NSU 17 und Mazda in Hiroshima gar 31 Prüfstände für die Wankelentwicklung in Betrieb.[158] Seit Mitte der 60er Jahre verstärkten sich zudem die Querschüsse aus der Versuchsabteilung. Bensinger erreichte daraufhin im Juli 1967, daß die Wankelgruppe Prüfstände in eigener Regie betreiben konnte und damit zum ersten Male "Konstruktion und Versuch in der Hand eines Pro-Wankelmannes" waren. Allerdings fand die Entwicklungsleitung erneut eine elegante Lösung, die Konsolidierung der Wankelarbeiten zu behindern. Denn nur die Mechanik kam unter Bensingers Kontrolle, während die "Zuständigkeit für Gemischbildung und Verbrennung Ende des Jahres an die Versuchsabteilung der Serie" - und damit erneut den Hubkolbenleuten - übergeben wurde. "Diese Zweiteilung hatte dann zur Folge, daß bei Besprechungen über notwendige Verbesserungen der Verbrennung, die 'Verbrennung' die 'Mechanik' angriff, sie sollte erst das mechanische Verhalten entscheidend verbesseren und ebenso umgekehrt."[159] Aber nicht nur den permanenten Störungen von Seiten des Versuchs mußte entgegen gearbeitet werden, die Ingenieure der Fahrzeugentwicklung, eingeschworen auf das bisherige Automobilkonzept, konnten ebenfalls keinen Gefallen an dem neuen Motor finden. "Auf die Idee, den Motor auch in ein neues Auto zu bauen, sind wir nie gekommen." Vielmehr hieß die Devise: "Der Wankel wird sich dem anzupassen haben, was wir an Bauraum zur Verfügung haben."[160] Den damaligen Leiter der Pkw-Konstruktion Josef Müller störten am Wankelmotor, daß die kompakte, runde Form gerade dort besonders nachteilig auffiel, "wo der Fahrgestellbauer es nun überhaupt nicht brauchen konnte, so daß das Triebwerk immer um mehrere Zentimeter in den Fahrgastraum angehoben werden mußte."[161] In der "ältesten Automobilfabrik der Welt" stand ein Wechsel der automobilen Standardbauweise nicht zur Debatte. Die bisherige Fahrzeugentwicklung war sozusagen um den konventionellen Hubkolbenmotor herum gebaut und auf dessen Maße zugeschnitten worden. Der zur Verfügung stehende Bauraum verlangte "schmale Hüften" und keinen "fetten Bauch", wie ihn ein Wankelmotor in den Augen der Fahrzeugentwickler aber nun einmal hatte. Dies bedeutete auch, daß die Antriebswelle, die nicht nur bei Daimler-Benz durch den gesamten Fahrgastraum an die Hinterräder geführt werden mußte, nicht richtig "paßte".[162] Die völlig neuen Gestaltungsmöglichkeiten, die der insgesamt viel kompaktere Motor dennoch bot und wie sie der NSU Ro80 mit seinem revolutionären Design andeuten sollte, blieben in Untertürckheim und in Sindelfingen mit der festen Verpflichtung auf das bisherige Automobilkonzept unentdeckt.

Während NSU durch die notwendige Suche nach neuen Lizenznehmern gezwungen war, noch in diesem späten Stadium "in die Breite zu gehen", um eine möglichst umfassende Verwendung des neuen Antriebssystems anzudeuten, konnte es sich Daimler-Benz unter Entwicklungschef Nallinger leisten, auf eine Konzentration der Wissens- und Erfahrungsakkumulation mit einem unbedingten Einsatzwillen zu verzichten. Im Ausland bezweifelte man von Beginn an, daß ein Unternehmen, das für sein arrogantes Auftreten berühmt war, von einem kleinen Zweiradhersteller eine so grundlegende Revision des Standes der Technik übernehmen würde: "The company had always been dominated almost exclusively by engineers, who would naturally be anxious to show that they alone could develop a revolutionary new engine to a proper standard."[163] Walter Froede, der von Wankel immer wieder zu hören bekam, daß Daimler-Benz eigentlich immer der Wunschpartner des Erfinders gewesen sei, schrieb kurz vor seinem Abschied bei NSU im Jahre 1974 an Wankel gerichtet, "wenn Ihr Traum in Erfüllung gegangen wäre und Sie hätten bei der Erfindung des DKM (Drehkolbenmotor) die Firma Daimler-Benz als Entwicklungspartner gewinnen können, so wäre erstens der technische Stand bestimmt nicht höher als er heute ist, da für Daimler-Benz keinerlei Terminzwang für die Einführung eines Rotationskolbenmotors bestand oder besteht. Zweitens wären bestimmt keine Lizenzverträge, noch dazu mit namhaften Eintrittsgebühren abgeschlossen worden, denn diese Entwicklung wäre sicher im Hause Daimler hinter verschlossenen Türen selbständig und allein durchgeführt worden. Drittens gäbe es weder eine Wankel GmbH noch überhaupt einen Wankelmotor. Viertens würden in der ganzen Welt vielleicht 5 Konstrukteure und 10 Versuchsmechaniker den Namen Wankel kennen."[164]

Der Ritt auf dem Tiger

Obwohl die Münchner Veranstaltung im Januar 1960 einen großen Pressewirbel verursacht hatte und mit der Beteiligung des renommierten amerikanischen Flugtriebwerksherstellers Curtiss-Wright erste Erfolge bei der Lizenzvergabe vorgezeigt werden konnten, sah es doch hinter den Kulissen für eine baldige industrielle Durchsetzbarkeit nicht gut aus. Das Projekt war von NSU allein begonnen und mit grundlegenden Konstruktionsentscheidungen, aus den vielen Kombinationsmöglichkeiten für solche Trochoidenmaschinen eine Epitrochoide mit innerer Hüllenfigur auszuwählen, auf den Weg gebracht worden. Der Zeitpunkt für andere potente Industriepartner, in dieser Definitionsphase noch in das Projekt einzusteigen und im Rahmen einer Strategischen Allianz die industrielle Einführung betreiben zu können, war verpaßt. Nur NSU war mit Haut und

Haaren an das Projekt gekettet und mußte um des eigenen Überlebens Willen für den Erfolg des Motor kämpfen. Andere Unternehmen, mit Ausnahme des japanischen Mazda-Konzerns, konnten das Projekt distanziert verfolgen und sich später - vielleicht im Rahmen einer Kür - daran beteiligen. Der überbetriebliche Diskurs der Ingenieure und Konstrukteure war in keiner Weise vorbereitet worden, das Verständnis von Automobilbau mit Hubkolbenmotor als zentralem technischem Element war fest verankert. "Der Motor kam zur falschen Zeit. Der Motor war abgehakt" - so ein Entwicklungsingenieur rückblickend über diese Zeit der 60er Jahre.[165] Durch diese mangelhaften Absicherungen nach außen konnten auch betriebsintern die technischen Arbeiten nicht im notwendigen Maße konzentriert werden. Lediglich die von NSU bereits getroffene Schließungs-Entscheidung, aus einer Drehkolbenmaschine einen Kreiskolbenmotor abzuleiten, schuf Übersichtlichkeit. Der weite Reigen der Lizenznehmer repräsentierte die ganze Bandbreite industrieller Anwendungsmöglichkeiten. Curtiss-Wright ließ Optionen für ein riesiges Flugtriebwerk zur gleichen Zeit ausloten, als Fichtel & Sachs an sehr kleinen Einheiten für industrielle und mobile Einsatzzwecke arbeitete. Für einen Erfolg wäre aber der Nachweis der Serienreife, verbunden mit einer praktischen Bewährung in einem anerkannten Marktsegment, unbedingt notwendig gewesen. Mit dem renommierten Motorenhersteller Klöckner-Humboldt-Deutz (KHD) kamen 1964 zwar Gespräche in Gang, die in eine solche Richtung zielten. Aber es blieb lediglich bei dem Plan zur Gründung der "Deutz-NSU-Vertriebsgesellschaft". Fertigungsreife Motoren waren dafür aber nicht vorhanden.[166] Der eher verzweifelte Versuch der NSU-Geschäftsleitung, durch einen eigens für den Einsatz des Kreiskolbenmotors konstruierten Wasserski-Schlepplift einmal ohne Konkurrenzzwänge mit Hubkolbenmotoren die Vorteile der neuen Maschinen im Alltagsbetrieb zu demonstrieren, zielte zwar in die richtige Richtung. Der schon 1960 projektierte und ab 1963 angebotene KKM 150 mit 21 PS Leistung bei 6000 U/min war immerhin der erste serienproduzierte Kreiskolbenmotor der Welt, stellte aber selbst für den ansonsten wassersportverliebten Wankel eine unnötige Spielerei dar, die wohl auch nicht zur Steigerung seines Ansehens beitrug.[167]

Seit Abschluß der ersten Lizenztypenverträge, die ab Sommer 1960 galten, hatte sich NSU nun auch noch dem Druck ausgesetzt, die Serienreife des Motors nachzuweisen, obwohl unternehmensintern immer noch keine Entscheidung über die Konzentration der Entwicklungsarbeiten gefallen war. Dies erklärt möglicherweise auch die völlig übereilte und hektische Entwicklung eines kleinen Sportwagens, der auf der Basis des NSU-Prinz für die Demonstration eines Kreiskolbenmotors gedacht war. Der im September 1963 auf der Internationalen Automobilausstellung (IAA) in Frankfurt erstmals vorgestellte und in wenigen tausend Exemplaren produzierte Spider wurde von einem

kleinen Einscheiben-luftgekühlten Kreiskolbenmotor angetriebenen. Die "Blechkiste" war jedoch in keiner Weise geeignet, die spezifischen Vorteile des Motors, hohe Laufkultur und kompakte Form, darzustellen.[168] Der zwar funktionstüchtige, aber für eine Serienproduktion noch nicht betriebsreife Motor verstärkte in der Öffentlichkeit durch die hohe Zahl von Defekten nur Vorbehalte gegenüber dem neuen Antrieb. Lee Iaccoca, damals noch in Diensten von Ford, sprach verächtlich von einer "Mickey Mouse"-Entwicklung und sollte sich in dieser kritischen Haltung zum Wankelprojekt auch später nicht mehr beirren lassen.[169] Die bei Serienanläufen immer auf der Tagesordnung stehenden technischen Probleme wurden natürlich von der Automobilbauerzunft sehr genau registriert, zumal NSU ja mit der Ankündigung einer bevorstehenden motortechnischen Revolution zur Entwertung des bisherigen Sachverstandes angetreten war. Da es bei jeder Revolution immer auch Opfer gibt, hätte der Widerstand etablierter Motorenbauerkreise die NSU-Geschäftsleitung nicht überraschen dürfen. Doch noch bevor NSU mit dem Ro80 zum revolutionären Motor auch die entsprechende Limousine anbieten konnte, war für viele "der Ruf des Motors schon ruiniert."[170]

Im Laufe des Jahres 1961 kam ein weiterer Lizenzvertrag zustande, dem noch maßgebliche Bedeutung zukommen sollte, obwohl NSU diesem ursprünglich eher skeptisch gegenüber stand. Vermittelt durch den NSU-Mittelsmann in Japan, Walter Jensen, der im übrigen auch für die anderen Lizenzabkommen mit japanischen Firmen verantwortlich zeichnete, kam der Kontakt zu Toyo Kogyo zustande. Firmenchef Tsuneji Matsuda, nach dem das Unternehmen später in Mazda umbenannt wurde, hatte die Firma, die mit der Fertigung von Korkprodukten 1920 begonnen hatte, von seinem Vater übernommen. Im Familienbesitz befindlich und mittlerweile vertikal weit diversifiziert, produzierte das Unternehmen schon 1931 ein erstes kleines Auto. Im Jahre 1940 stieg die Jahresproduktion immerhin auf 1500 der dreirädrigen Fahrzeuge. Allerdings stand das Unternehmen ganz im Schatten von Toyota und Nissan.[171] Bemerkenswert an diesem Vertrag mit Mazda war weniger die Tatsache, daß damit endlich ein Unternehmen als Lizenznehmer gewonnen werden konnte, das auch Automobile herstellte - der Vertrag mit Daimler-Benz kam ja erst kurze Zeit später zustande -, sondern der Umstand, daß Mazda ähnlich wie NSU selbst mit dem Motor strategische Pläne verband. Firmenchef Matsuda "concluded, to become successful in its effort to join the world's automotive scene, a latecomer like Mazda, small as it was, was going to have to develop distinctive technologies of its own. For Matsuda, who had always been receptive to new ideas, the Wankel rotary engine represented an advance investment in Mazda's future."[172] Darüber hinaus gab es Pläne des allmächtigen Ministry of Trade and Industry (MITI), die Automobilindustrie stärker zu konzentrieren. Für neue und daher

noch sehr kleine Anbieter blieb in diesen Plänen kein Platz. "Die japanische Regierung übte eine starke Devisenkontrolle aus und drängte darauf, alle kleinen Hersteller unter den Dächern der drei Giganten Nissan, Toyota und Mitsubishi zu verschmelzen. Vor diesem Hintergrund" - so der japanische "Mister Wankel", Kenichi Yamamoto, in einem späteren Interview - "zog Matsuda die Wankellizenz aus dem Zylinder. Die Politiker waren begeistert und ließen uns investieren."[173] Mit einer handverlesenen Schar von 47 Entwicklern, aber mit der vollen Unterstützung des Managements begann die Entwicklung von Rotationskolbenmotoren, was dem Unternehmen, insbesondere in Japan und den USA, später tatsächlich ein unverwechselbares Profil verleihen sollte, auch wenn die Produktion dieser Motoren nach einer dramatischen Krise des Unternehmens nur noch einen geringen Anteil ausmacht. Aus einem Kleinlast-Hersteller entwickelte sich in dreißig Jahren ein international aktiver Automobilkonzern mit Fertigungsstätten in neunzehn Staaten. "The rotary was served as a clear statement of Mazda's willingness to blaze its own trail, to go where no automanufacturers has ever gone before, and stick with our convictions", unterstrich noch jüngst ein Produkt-Mananger die Bedeutung des Wankelmotors für Vergangenheit und Zukunft des Unternehmens.[174] Das Unternehmen sollte spätestens mit Beginn der 70er Jahre tatsächlich die industrielle Führerschaft in der Wankelentwicklung übernehmen und als einziger Automobilhersteller bis heute Rotationskolbenmotoren in Serie produzieren.

Die Zusammenarbeit NSU-Mazda blieb aber über den gesamten Zeitraum der gemeinsamen Entwicklung merkwürdig gespannt. Obwohl man als Außenseiter dringend auf eine Koordinierung der Entwicklung angewiesen wäre, dominierten eher Eifersüchteleien. Insbesondere aus Neckarsulm war man tunlichst darauf bedacht, daß die Japaner nicht die Entwicklungsführerschaft bei der "motortechnischen Revolution" übernahmen. Als man den nur mäßig gelungenen NSU-Spider als Welturaufführung eines wankelangetriebenen Automobils auf der IAA 1963 vorstellen wollte, kündigte das japanische Unternehmen an, ebenfalls zu erscheinen und gleich einen 2-Scheiben-Wankelmotor zu präsentieren. Das veranlaßte Stieler von Heydekampf, persönlich bei seinem Lizenznehmer zu intervenieren, und anstatt - wie es beispielsweise Rudolf Diesel für seinen Motor organisiert hatte - mit einer Gemeinschaftsschau die Stärke des neuen Antriebs zu präsentieren, mußten die Japaner zu Hause bleiben.[175]

Bei NSU mußte die Entwicklung zu Beginn der 60er Jahre notgedrungen weiter forciert werden. Die bisherige Abteilung "Konstruktion und Versuch" wurde zur Abteilung "Serienentwicklung", um nun auch betriebsintern die eindeutigen Signale zum gewollten Durchbruch des Motors zu setzen. Aber noch waren die notwendigen Schließungs-Entscheidungen nicht getroffen. Gute Leistungs-, aber auch Laufeigenschaften entwickelte die Maschine bei sehr hohen

Drehzahlen. Auf der Vorstandsebene lebten daher die alten Bedenken über Sicherheitsprobleme wieder auf, die bei Drehzahlen von über 10.000 U/min entstehen würden. Alle Nebenaggregate, also Zündanlage, Lichtmaschine, Wasser- und Ölpumpe und Getriebe hätten neu konzipiert und neu entwickelt werden müssen. Für eine so grundlegende Revision der bisherigen Antriebstechniken fehlten NSU die Allianzpartner in der Zulieferindustrie. "Ausreifung des Kreiskolbenmotors auf einem Drehzahlniveau, das etwas über jenem von Hubkolbenmotoren liegt, aber noch von konventionellen Anbauteilen überdeckt wird", lautet schließlich der Entwicklungsauftrag der Geschäftsleitung, der für entsprechend Ärger in der Serien-Entwicklung sorgte. Der neben Froede maßgebliche Entwickler Paschke[176] sprach über diese Zurückbindung an den anerkannten und bewährten Wissens- und Erkenntnisstand enttäuscht von einer "kastrierten Rotation" und schied später verbittert über diese Anerkennung von Anschlußzwängen seitens der Unternehmensleitung aus dem Unternehmen aus.[177]

Im Jahre 1963, dem Jahr der Spider-Präsentation, kam es endlich zu dem Beschluß, die Entwicklungsarbeiten auf ein Antriebskonzept für eine Limousine zu konzentrieren, um dem neuen Antriebssystem auch endlich eine Neuinterpretation des bislang recht antiquierten Automobilkonzeptes - in den Eckdaten freilich noch in vorgeschriebenem Rahmen - folgen zu lassen. Die durch naive Technikgläubigkeit mitverursachte mangelhafte Absicherungspolitik des Projektes war mit den damit verbundenen Konsequenzen zwar noch nicht voll sichtbar, dennoch schien man bei NSU den Verlust der unternehmerischen Selbständigkeit im Hinterkopf gehabt zu haben. Denn nur so können die enormen Freiräume erklärt werden, die man der Entwicklergruppe offenbar unter dem Motto "erst verloren sie das Ziel aus den Augen, dann verdoppelten sie die Geschwindigkeit", einräumten. Der Vorstand verkündete selbstbewußt: "Nun könnt Ihr Euer Traumauto bauen."[178] "Als die NSU-Ingenieure daran gingen, den NSU Ro80 zu entwerfen, hatten sie völlig frei Hand in der Wahl ihrer Konstruktionsdetails. Keine (möglicherweise verstaubte) Tradition stand im Wege, keine Rücksicht mußte auf kostensparende Fabrikation genommen werden", so eine NSU-Pressemeldung.[179] Mit so umfassenden Freiheiten konnte wohl in dieser Zeit nirgends mehr in der Welt ein Serienfahrzeug erdacht und gebaut werden. Danach sollte das Auto etwa 800 kg wiegen, 8 Liter auf 100 Kilometer verbrauchen, 80 PS leisten und selbstverständlich 8000 DM kosten.[180] Aber die großen Freiheiten ließen offenbar die Entwickler undiszipliniert werden. Das Auto wurde schwerer, stärker, durstiger und natürlich auch erheblich teurer. Mit seiner Keilform, dem niedrigen Schwerpunkt und Vorderradantrieb stellt der im September 1967 auf der Frankfurter Automobilausstellung erstmals öffentlich vorgestellte Ro80 aber in der Tat einen automobilen Meilenstein dar, der in der Autogeschichte seinesgleichen sucht. Obwohl bis 1977 nur etwas mehr als

37.000 Einheiten verkauft wurden - eine vergleichsweise geringe Stückzahl -, repräsentierte diese Auto bereits das Design der 80er und 90er Jahre. Die Automobilpresse feierte das Auto und selbst in den USA galt es als die größte Attraktion der Ausstellung und man prognostizierte ihm in Europa in der Klasse über 2 Litern sehr günstige Marktchancen.[181] In Deutschland kürte die Autopresse den Ro80 1967 zum "Auto des Jahres", während die Branche auf eine solche Konfrontation eher unterkühlt reagierte. Mit einem Preis von über 14.000 DM und 110 PS hatte man aber die ursprünglichen Vorstellungen bei weitem überschritten und erreichte die Größenordnung eines "230" von Daimler-Benz. Im Nachhinein gab Stieler von Heydekampf zu, daß "sich unsere Konstrukteure da ausgetobt (haben) und ein zu großes Auto entwickelten. Ein Auto, das eine Käuferschicht ansprach, die bislang wenig mit NSU zu tun gehabt hatte." Dies sollte sich tatsächlich zu einem großen Problem entwickeln. NSU hatte sich mit dem neuen Antriebs- und Fahrzeugkonzept von seinem traditionellen Marktsegment entfernt. "Die Interessenten am Ro80 gingen einfach nicht gerne in die kleinen NSU-Läden"..."Die NSU-Verkaufsstellen waren, genau betrachtet, noch immer ehemalige Motorrad-Werkstätten, oft zu klein und zu bescheiden, um damit Nobel-Karossen vom technischen Prestige des Ro80 Schritt zu halten."[182] Das Auto war somit in jeder Beziehung für NSU, dem Unternehmen haftete auch immer noch das Image einer "Fahrradbude" an, eine Nummer zu groß geworden. Damit verlor NSU den engen, oft unmittelbaren Kontakt zum Markt. Keine guten Voraussetzungen, um im Kundenkreis für das neue Automobil zu werben. Neue technische Lösungen können aber nur als Produkt erfolgreich etabliert werden, wenn sich die Nutzer die neu angebotenen Eigenschaften auch aneignen und den vom Hersteller vorgegebenen technischen Sprung mitmachen. Hierfür ist aber ein gut geschulter und flächendeckender Service eine notwendige Voraussetzung, den NSU allerdings nicht garantieren konnte. Man war schon froh darüber, daß die Vertragswerkstätten überhaupt den Sprung in das Automobilgeschäft geschafft hatten, für motortechnische Revolutionen fehlte es dagegen an Verständnis und an Kenntnissen.[183] Noch während der Ro80 auf den Reißbrett konkrete Formen annahm, hatte die Geschäftsführung der NSU daher erkennen müssen, daß für ein Überleben im Automobilgeschäft außer dem angestrebten technischen Profil ein funktionierendes Händlernetz mit Erfahrungen im Automobilverkauf Voraussetzung war. Der Aufbau eines solchen exklusiven und kompetenten Verkaufs- und Servicenetzes schien aber nur möglich, wenn diese Händler ausschließlich mit dem Verkauf von NSU-Automobilen überleben konnten. Hierzu reichten die bisherigen Kleinwagenangebote bei weitem nicht aus, vielmehr mußte ein komplettes Fahrzeugprogramm offeriert werden. Neben dem "Traumauto" Ro80, der in relevanten Parametern völlig vom bisherigen Standard abwich, entschied sich

die Unternehmensleitung daher zur Entwicklung eines herkömmlichen Automobils, das konsequenterweise K70 genannt werden sollte. Weitgehend konventionell ausgelegt, von einem branchenüblichen wassergekühlten 4-Zylinder-Hubkolben-Ottomotor angetriebenen, sollte diesmal vom bekannten Erkenntnisstand profitiert werden. Der K70 war aber auch eine Reminiszenz der Geschäftsleitung an die Hubkolben-Entwickler-Gruppe im Unternehmen, die nicht in jedem Schritt die Eskapaden der Geschäftsleitung in Sachen Wankel mitgetragen hatte. "Deshalb konnte die Entwicklung des Wankelmotors nicht mit dem nötigen Investment betrieben werden."[184] Zwar wurden durch den neuen Rotationskolbenmotor erhebliche Lizenzeinnahmen verbucht, aber die "Brot-und-Butter-Autos", die für das Unternehmen die ökonomische Basis bildeten, waren Automobile und Motorräder mit konventioneller Hubkolbentechnik. Das Unternehmen lebte weiterhin in erster Linie vom Verkauf des Prinzen.

Dieses ambitionierte Programm ließ sich aber kaum noch selbständig finanzieren; "Unser Finanzchef Baumann sagte", - so Stieler von Heydekampf später - "bis spätestens 1975 müssen wir unter die Haube gekommen sein."[185] In der Tat gab es 1965 "im NSU-Vorstand eine Übereinkunft, die besagte, daß sich NSU innerhalb der nächsten zehn Jahre an einen finanzstarken Partner anlehnen müsse. Dies entsprach dem Wunsch der Dresdner Bank, die im NSU-Aufsichtsratsvorsitzenden Dr. Hermann Richter eine ihr nahestehende Person hatte."[186] Ganz offenbar hatte die Dresdner Bank schon zu diesem Zeitpunkt den Verlust der unternehmerischen Selbständigkeit der NSU AG (gleichbedeutend mit dem des Wankelprojektes) fest einkalkuliert.

Aber nicht nur den Aufbau eines kompletten Fahrzeugangebotes sowie eine motortechnische Revolution galt es zu finanzieren. Die Geschäftsleitung sah ein, daß zum Überleben in der Automobilbranche ein eigenwilliges technisches Produktprofil am Markt nur durchzusetzen war, wenn man sich auch hier den Spielregeln der Massenproduktion unterwarf. "Bei 1000 Wagen am Tag erzielt man erst die optimale Rationalisierung", rechnete Stieler von Heydekampf vor.[187] NSU erreichte 1966, dem letzten Jahr vor der Rezession, erstmals eine Produktion von mehr als 100.000 Einheiten (103.874) und lag damit in etwa in dem Bereich, der Borgward schon 1958 nicht zum Überleben gereicht hatte (104.000 Einheiten). Für einen Branchenneuling allerdings eine durchaus beachtliche Zahl. BMW produzierte zu dieser Zeit lediglich 74.000 Autos, die Auto Union sogar nur etwas mehr als 67.000, Daimler-Benz reichten bei einer vergleichsweise breiten Diversifizierung hingegen schon knapp 200.000 Pkws zum ökonomischen Überleben. Die Maßstäbe setzten allerdings andere Hersteller: Opel produzierte in diesem Jahr 552.427 Autos und Volkswagen zeigte mit 1.391.866 Einheiten die Möglichkeiten der Massenproduktion auf.[188]

Die fehlenden finanziellen Möglichkeiten der NSU AG wirkten sich ganz besonders in den ersten Jahren nach der Markteinführung des neuartigen Ro80 negativ aus. Der Ro80 war voll in das erste Rezessionsjahr der bis dahin prosperierenden Nachkriegsgesellschaft hineingefahren. "Allein von Januar bis Juni 1967 produzierte die deutsche Automobilindustrie fast 25% Personenkraftwagen weniger als in der gleichen Zeit des Vorjahres."[189] Die Konkurrenz publizierte peinlichst genau jede technische Panne, ohne die Serienanläufe auch heute noch nicht abgehen, wobei die Kulanz der Hersteller von deren finanziellen Möglichkeiten abhängt. Während die Branche mit Neuheiten wie dem Ford 17M/20M oder dem "Nasenbär" 411 von VW aufwartete und sich im Vergleich zum Ro80 bei der internationalen Presse eher blamierte, wuchs die Aufmerksamkeit der etablierten Automobilhersteller gegenüber den Alltagsproblemen des Ro80 sehr. Um von vornherein möglichen Einwendungen zu begegnen, sah sich NSU daher dazu genötigt, die üblichen Garantiefristen um den Faktor 3 zu verlängern. In diesem Punkt hätte Felix Wankel tatsächlich neidvoll auf sein Vorbild Rudolf Diesel blicken können, um damit gleichzeitig seine eigenen Fehler in der Produktpolitik zu erkennen. Diesel hatte das Schicksal seines Projektes ganz geschickt an das Renommee der M.A.N. geknüpft. Dieses Unternehmen verfügte über genügend finanzielle Ressourcen, um den neuen Motor auch im Kampf um Marktsegmente mit den notwendigen Schutzräumen auszustatten. Den ersten Referenzkunden mußte - im Falle eines Fehlschlages - die Rücknahme des Motors und eine entsprechende Ersatzlösung mit konventionellen Anlagen zugesichert werden, was freilich in der Öffentlichkeit nicht bekannt werden durfte.[190] Die Maßnahmen und Möglichkeiten der NSU reichten unter den wenig kontrollierbaren Bedingungen eines Massenmarktes zur Kompensation der auftretenden technischen Probleme nicht aus, es fehlte der lange Atem. Während bei Problemen konventioneller Motoren zunächst einmal von der grundsätzlichen Zuverlässigkeit des Aggregats ausgegangen wird, tauschten die im Automobilgeschäft noch wenig erfahrenen Service-Leute der NSU bei den geringsten Mängeln oft die ganze Maschine aus, was von den Kunden schnell erkannt und weidlich ausgenutzt wurde. Bei der ersten Motorengeneration des Ro80 mußte ein hoher Ölverbrauch und ein enormer Zündkerzenverschleiß registriert werden, zudem konnte die mechanische Haltbarkeit der Aggregate durch die auftretenden Dichtungsprobleme im Schnitt nicht befriedigen, doch gingen diese Mängel bald zurück. Überhaupt erscheint das Argument, der Ro80 habe aufgrund seiner außergewöhnlich langen Mängelliste und der hohen Benzin- und Wartungskosten nicht die notwendige Resonanz gefunden, eher zweifelhaft. "Der Spiegel", der zu dieser Zeit noch vielbeachtete Autotests organisierte, ermittelte bei 3000 befragten NSU Ro80-Fahrern einen Testverbrauch von 15,43 l auf hundert Kilometer, durchaus vergleichbar mit einem Mercedes-

Benz 250 SE oder einem Opel Commodore. Freilich begnügte sich der Wankel mit Normalbenzin. Von den befragten Ro80-Fahrern meldeten 75,4% Defekte und Reparaturen. Dies scheint hoch. Im Vergleich zu anderen Neuerscheinungen am Automobilmarkt lag der Ro80 damit aber gut im Rennen. Beim Mercedes-Benz 220, 1968 erschienen, meldeten knapp 72% der Befragten technische Probleme. Bei VW 411 waren es 74,7%, beim BMW 2500 75,1%, beim Ford Capri sogar 84,7%. Nur der Audi 100 schnitt mit 67,4% relativ günstig ab. Bei der Frage, "würden Sie das Auto wieder kaufen?", durchaus ja ein Beleg für die Zufriedenheit der Autokunden, erreichte der Ro80 mit 79,3% der Befragten einen Spitzenwert. Zum Vergleich: Mercedes-Benz 220 72%, VW 411 45,1%, BMW 2500 68,4%, Ford Capri 48,9%, Audi 100 66,4%.[191] Der gern kolportierte Ro80-Autofahrergruß, die Anzahl der hochgestreckten Finger markiert die Zahl der Austauschmotoren, ist nach Angabe langjähriger Ro80-Fahrer daher auch nur ein Gerücht, freilich vom Establishment gerne erzählt und weitergetragen.[192] Selbst beim Posten "laufende Kosten" (Kraftstoff, Öl, Reifenverschleiß, Werkstatt usw.) ermittelte das Fachblatt "mot" für den Ro80 18,80 DM/100 km, ein Ford 26M kam im Vergleichstest mit 18,40 DM nur unwesentlich günstiger weg![193] Selbst "Auto-Motor und Sport" kam bei einem Vergleichstest zwischen einem BMW 2000 tilux, einem Ford 20M RS, einem Mercedes-Benz 230, einem Opel Commodore GS sowie einem NSU Ro80 zu einem bemerkenswerten Ergebnis: "(Es bestand) absolute Einigkeit darüber, daß der Mercedes und der Ro80 an der Spitze rangieren müssen. Keiner der anderen Wagen vereint in so überzeugender Weise Komfort, Fahrsicherheit, Handlichkeit und gute Leistung."[194] Dennoch wachten zuviele Argus-Augen über dieses Fahrzeug, während andere Neuheiten wie beispielsweise der konventionelle Audi 100 mit einer ähnlich langen Mängelliste weitaus weniger in die Schlagzeilen gerieten.[195] Der kleinen NSU AG fehlten die Voraussetzungen dafür, ein neues Automobil auch publizistisch langfristig abzusichern, um bei der öffentlichen Meinungsbildung nicht außen vor zu stehen. Die Volkswagen AG, die später die unternehmerische Verantwortung übernahm, unterließ nahezu alles, um den Anschein zu erwecken, diesem Automobil würde die in diesem Konzern übliche "Modellpflege" ebenfalls zustatten kommen und behandelte dieses high-tech-Auto nach dem Motto, wer's kauft, ist selbst schuld. Als die Reparaturanleitungen aller Modelle des Konzerns 1974 auf Microfiche übertragen wurden, fehlte ausgerechnet der Ro80. Untrügliches Zeichen eines baldigen Serienauslaufs.[196] Die wenigen der NSU AG noch verbleibenden Jahre des selbständigen Handelns reichten nicht aus, dem Ro80 die für jede grundlegend neue Technik notwendigen Schutzräume zu schaffen. Zu viele Innovationen waren erprobt worden, konnten jedoch im Ergebnis noch nicht genügend in einem maschinellen Gefüge stabilisiert werden und für sich allein werben. Gebrauchtwagenhändler,

die mit den Etablierten der Branche gut im Geschäft waren, verweigerten Garantie- und Gewährleistung bei Ro80-Fahrzeugen mit einer Laufleistung von über 50.000 km.[197] Das Automobil benötigte in der ersten Generation die üblichen manuellen Hilfestellungen, für die NSU zwar den Willen, aber nicht mehr die Ressourcen aufbrachte. Die spätere Konzernmutter VW hatte zwar diese Ressourcen, allein es fehlte der Wille, eine solche Neuinterpretation des Automobilkonzeptes zu stabilisieren. Wäre der Ro80 ein Markterfolg geworden, hätte man auch in den konventionellen Fahrzeugen sicherlich vieles verändern müssen; Kosten, denen kaum Mehreinnahmen gegenüber gestanden hätten.

Die Debatten, die das Erscheinen des Ro80 auslöste, offenbarten zudem, wie stark die Bewertung neuer technischer Lösungen von bereits existierenden "Weltsichten" abhängig ist. Befürworter und Gegner des neuen Rotationskolbenmotors fanden jeweils gute Gründe für ein Pro oder Kontra des neuen Antriebes. Für die Verteidiger der Hubkolbenlinie bedeuteten die zwischenzeitlich auftretenden Probleme der "Rattermarken" den Beweis für mangelnde Haltbarkeit, die langgestreckte Brennkammer der Kreiskolbenmotoren verstieß gegen die herrschende Regel der Thermodynamiker. Kurz: "Wer den Wankelmotor nicht haben will, hat die Schulweisheit auf seiner Seite."[198] Wer aber die bisherige Bilanz des Hubkolbenmotors kritisch bewertete, hinsichtlich Laufkultur, Leistungsgewicht oder auch Vielstoffähigkeit für Reformen offen war, dem boten sich mit der Kreiskolbentechnik interessante Perspektiven, die aber nur dann erfolgversprechend angegangen werden konnten, wenn ein solcher Diskurs mit dem Establishment frühzeitig von NSU organisiert worden wäre, um von einer entsprechenden Definitions-Gegenmacht zu profitieren. So hatte sich die NSU-Unternehmensleitung von ihrem eigenen Motto "frech kommt weiter" verführen lassen und mußte dabei vergebens darauf hoffen, daß eine Technik quasi allein - ohne die um sie herum gruppierten Bewertungs- und Akzeptanzinstanzen - überzeugungsfähig ist, bei einem so zentralen Konstruktionsmerkmal des internationalen Automobilbaues eine freilich sehr naive Vorstellung!

Exkurs: das schnelle Ende des Diesel-Wankels

Die Karriere des NSU/Wankelmotors erlebte schon Ende der 60er Jahre einen ersten Rückschlag. Ein Teilprojekt im Rahmen der Wankelentwicklungen, die Verdieselung des NSU/Wankelmotors, galt bereits zu diesem Zeitpunkt als definitiv gescheitert. Die Geschichte dieser Versuchsprogramme offenbarte erneut die sozialen Voraussetzungen für Erfolg und Mißerfolg grundlegend neuer Techniken.

Die Konventionen im Verbrennungsmotorenbau der 60er Jahre sahen für Pkw-Motoren vorwiegend das ottomotorische Verbrennungsverfahren vor, wobei die außerhalb des Zylinders organisierte Gemischbildung von Luft und Kraftstoff im Zylinder verdichtet und dann mittels einer Kerze gezündet wird. Für den Lastkraftverkehr, für Schiffsantriebe und stationäre Kraftanlagen hatte sich bereits zu dieser Zeit die dieselmotorische Variante des Verbrennungsmotors etabliert. Hierbei wird die angesaugte Luft im Zylinder so hoch verdichtet, daß sich der flüssig eingespritzte Kraftstoff selbst entzündet. Dieselmotoren in der bekannten Ausführung verfügen dank der weitaus höheren Kompression über thermodynamische Eigenschaften, die den Verbrennungsprozeß effektiver gestalten und sich in vergleichsweise günstigeren Kraftstoffverbräuchen niederschlagen. Allerdings kam es weder Wankel noch seinen früheren industriellen Kontakt- und Kooperationspartnern in den Sinn, das revolutionäre Triebwerk eines Rotationskolbenmotors mit dem augenscheinlich sparsameren Verbrennungsprozeß zu verknüpfen. Zu eindeutig waren die Geltungsbereiche der beiden Verbrennungsverfahren markiert. Für Pkw galten eben Ottomotoren, für Lkw Dieselmotoren. Ausnahmen wie die vorwiegend dieselbetriebenen Mercedes-Taxen waren auf eindeutig umrissene Marktsegmente begrenzt.

Auch als NSU die eigensinnige Haltung bei der Durchsetzung des Motors gezwungenermaßen aufgab und Anfang der 60er Jahre eine breitere industrielle Absicherung des Projektes versuchte, fand sich kein Dieselmaschinenhersteller für eine Kooperation bereit. Erst einige Zeit nach der ersten offiziellen Ankündigung des Projektes im Januar 1960 in München entschied sich der britische Dieselmotorenhersteller Perkins, in Neckarsulm über Lizenzen für Dieselmotoren zu verhandeln. In welcher Weise in der Motorenbauzunft gedacht, gemeinsam gehandelt und verteidigt wird, zeigte die Reaktion der etablierten deutschen Hersteller. Bislang hatten sich die Unternehmensleitungen nicht für das Projekt der kleinen NSU AG interessiert, doch als Perkins und damit einer der großen internationalen Dieselmotorenfabriken Lizenzverhandlungen aufnahm, kam Bewegung ins Spiel. "It spurred the German diesel manufacturers into action. Clearly, they could not let a nonGerman company pioneer so Teutonic an idea as a diesel Wankel."[199] Und in der Tat formierte sich schon im Sommer 1961 mit der M.A.N. AG, Klöckner-Humboldt-Deutz AG sowie der Friedrich Krupp GmbH, wenig später auch noch durch die Schwermaschinenabteilung der Daimler-Benz AG ergänzt, die Firmen, die von Deutschland aus bereits die dieselmotorische Innovation im Hubkolbenbereich erfolgreich durchgesetzt hatten. Wankel vergaß allerdings in seiner Freude über den Gewinn dieser für motorische Innovationen ja offensichtlich kompetenten Kooperationspartner, daß auch die für uns heute so selbstverständlich erscheinende Dieselmotoren-Technik damals nicht vom Himmel gefallen war, sondern erst gegen die zum Ende des 19. Jahr-

hunderts vorherrschende Antriebstechnik, Kolben-Dampfmaschinen und Gasmotoren, mühsam hatte durchgesetzt werden müssen. Einen entscheidenden Beitrag hierzu leistete Rudolf Diesel, der Namensgeber des Motors, der durch viel diplomatisches Gespür die verschiedenen Eigeninteressen der Firmen geschickt in einem Projektrahmen miteinander verschachtelte und um diesen noch ein Unterstützernetzwerk aus den führenden Vertretern der Technikwissenschaftler aufzog. Damit waren gleichzeitig umfangreiche Entwicklungsressourcen sowie eine zunftgerechte Absicherung des neuen Projektes gelungen. Felix Wankel träumte hingegen von den technischen Vorzügen seines Projektes, die sich über kurz oder lang schon durchsetzen würden und realisierte nicht, daß Unternehmen neue virulente Innovationsideen nicht aufgreifen, um sie durchzusetzen, sondern um unter eigener Entwicklungskontrolle zu beweisen, daß diese nicht brauchbar sind und ein teurer Wechsel in der Produkt- und Produktionsstruktur daher auch nicht notwendig ist. Die Dieselmotorenhersteller organisierten sich in eigener Regie, quasi selbstorganisiert, zu einem sogenannten Vierer-Ring oder Diesel-Ring, um die Forschungsprogramme untereinander zu koordinieren. Für Außenstehende "ein exclusiver Club, in dem sich die Mitglieder gegenseitig die Bälle zuspielten."[200] Die Ergebnisse wurden alle zwei Monate in Frankfurt ausgetauscht und anstehende Entscheidungen abgestimmt. Bei keinem der Hersteller konnte auf Vorstandsebene ein ernsthaftes Interesse an einer neuen Antriebstechnik erwartet werden, die Dieselmotoren waren in den verschiedenen industriellen Verwendungskontexten eingeführt und innerhalb der gesamten Branche bestens abgesichert, während sich in den einzelnen Teams durchaus engagierte Ingenieure und Techniker um den Erfolg mühten.

Die Untersuchungsprogramme, die bei allen Firmen innerhalb der Vor-Entwicklung angesiedelt waren, konzentrierten sich daher auch darauf, die bestehenden Verfahren der dieselmotorischen Verbrennung in der neuen Triebwerksanordnung des Wankelmotors zu testen, um auf diese Weise nachvollziehbare Gründe zu erhalten, daß dieses neue Verfahren für die dieselmotorische Verbrennung keine Vorteile bringt. Das "klassische" Dieselverfahren benötigt eine möglichst hohe Verdichtung, die durch die kompakte Geometrie des Hubkolben-Verbrennungsraumes nahezu gewährleistet ist. Bei dem langgestreckten, sichelförmigen Verbrennungsraum eines Kreiskolbenmotors fehlen hingegen diese geometrischen Voraussetzungen. Beim Test der bestehenden Verfahren der dieselmotorischen Verbrennung in einem Wankeltriebwerk herrschte bereits vor Beginn des Programms auf der Leitungsebene eine "gewisse Skepsis", die sich "dann ja auch bestätigt hatte". Das Verfahren funktionierte zwar, erreichte aber mit 200gr/PS/h einen Kraftstoffverbrauch, der wesentlich über den üblichen 150gr/PS/h konventioneller Diesel-Hubkolbenmotoren lag. Die tatsächlich erzielten Ergebnisse verursachten daher in den Leitungsetagen "ein Gefühl der

Erleichterung, wenn einem die Entscheidung abgenommen wird." Denn die bei anderen Ergebnissen fällig gewesene Produktinnovation "ist ja schon ein gewisses Risiko."[201] Verglichen mit der jahrzehntelang eingeführten und abgesicherten Technik zeigte das neue Verfahren im Versuchsstadium bei zentralen Leitungsparametern keine befriedigenden Ergebnisse. Ohne Fahnenträger und Promotoren, die sich für das Konzept hätten einsetzen können, blieb damit kein Entwicklungsfreiraum mehr. Besonders definitiv wurde das Ergebnis noch durch den Umstand, daß ja alle Hersteller an der Generierung und Bewertung der Daten beteiligt waren und auch gemeinsam das Intermezzo beendeten.

Wäre hingegen ein substantielles Interesse an dem neuen Triebwerksprojekt vorhanden gewesen, dann hätten die Entwicklungsprogramme optionsreicher gestaltet werden können. Beim Versuch der Realisierung des dieselmotorischen Verfahrens zeigte sich zwar recht bald, daß mit dem "klassisch-(deutschen!)-Verfahren" nichts zu gewinnen war, daß die spezifische Oberfläche des Wankelbrennraums viel zu groß und damit die thermischen Verluste zu hoch waren. Der langgestreckte Verbrennungsraum bot dagegen günstige Voraussetzungen, das Verbrennungsgemisch nicht in der üblichen Form zu verwirbeln - ein Prozeß, den die "Zunft" bislang immer noch nicht im Griff hat -, sondern Kraftstoff und Luft vielmehr zu "schichten" und damit nicht nur hinsichtlich Verbrauch und Emissionen günstigere Ergebnisse zu erzielen, sondern auch die Wahl der Brennstoffe neu bestimmen zu können. Freilich verlangte ein solches Verfahren, das nicht ohne Fremdzündung funktioniert, ein Abweichen vom klassischen Dieselverfahren. Solche Versuche wurden schon 1961 bei Curtiss-Wright begonnen, blieben aber beim Diesel-Ring ohne Resonanz. Mit den Worten "man muß es nur richtig machen", lehnte M.A.N.-Entwicklungschef und Diesel-Papst Professor Meurer kategorisch die von Max Bentele auf einer Europareise referierten Abweichungen von der reinen Lehre ab.[202]

Zwischenzeitlich eingetretene wirtschaftliche Probleme verhinderten andererseits, daß Perkins die Dieselmotoren-Entwicklung für Wankeltriebwerke in der geplanten Weise aufgreifen konnte. Im Jahre 1965 erschien dagegen noch die ehrwürdige britische Firma Rolls-Royce auf der Diesel-Wankel-Bühne. Unter der Federführung des Ingenieurs Fritz Feller wurde hier ein Kreiskolbentriebwerk konstruiert, bei dem die für das Dieselverfahren notwendige hohe Verdichtung in einer separaten Kammer erzeugt wurde. Aber auch diesem Verfahren gegenüber zeigte sich der deutsche Diesel-Ring skeptisch. Feller wurde sogar der Erfahrungsaustausch, der patentrechtlich ja festgeschrieben war, in einer für das Projekt wichtigen Phase verweigert. "But, as with Perkins, the Germans pride was affronted at the idea that a non-German company could have anything to contribute to the rotary diesel."[203]

Der Diesel-Ring beendete wenige Jahre nach Lizenznahme, im Jahre 1967, die Entwicklungsarbeiten am Wankelmotor. Nicht alles wäre gegangen, konstruktiv und fertigungstechnisch beherrschbar und auch noch marktfähig gewesen. Das rigide Auftreten des deutschen Diesel-Ringes hinterließ aber in internationalen Kreisen den Eindruck, den in diesem Verbund zusammengeschlossenen Unternehmen sei es tatsächlich lediglich um den Nachweis gegangen, daß der Wankel im klassischen Verfahren keine neuen Entwicklungsaussichten bot. Auch hier bestätigte sich wieder, wer den Motor nicht wollte, hatte die gesammelten Erfahrungen, Erkenntnisse und Erklärungen des herrschenden Standes der Technik auf seiner Seite.

Der Anfang vom Ende der NSU AG

Im Jahr 1967 war somit einerseits der Ro80 vorgestellt, die Arbeiten des Diesel-Ringes aber mangels Erfolg schon wieder eingestellt worden. Noch blickte die Unternehmensleitung der NSU AG optimistisch in die Zukunft. Mit dem Ro80 hatte man sich durch einen provozierenden Beitrag zur Neuinterpretation des Automobilkonzeptes wieder in den engeren Kreis der Industrie zurückgemeldet, man mußte sich nun doch bald um einen potenten Finanzpartner bemühen. Aber schon im Rahmen der ersten Gespräche mit dem Mehrheitsaktionär Dresdner Bank stellt sich heraus, daß der NSU-Vorstand gar "keinen Einfluß auf die Wahl des Partners" haben sollte. "Nach Angaben von Dr. Henn war es der Aufsichtsratsvorsitzende Dr. Richter, der 'die Weichen stellte'."[204] Damit war deutlich geworden, daß die Geschäftsleitung der NSU die Gelegenheit zur selbständigen Ausweitung des industriellen Trägerkreises dieses ambitionierten Produktprogrammes tatsächlich versäumt hatte. Dabei hatte es an Angeboten gar nicht gemangelt, denn die zwischenzeitlich eingetretenen finanziellen Engpässe bei gleichzeitig überdurchschnittlichen technischen Leistungen blieben der Branche weltweit nicht verborgen. Neben Chrysler und FIAT klopfte zwischenzeitlich der wirtschaftlich wieder etwas erstarkte Curtiss-Wright-Konzern an die Tür in Neckarsulm, Interesse zeigten auch Mazda und einige andere japanische Hersteller. Mit Citroën kam eine traditionsreiche Automobilfirma mit den Neckarsulmern ins Gespräch, die für ähnlich ambitionierte technische Projekte außerhalb des gesicherten Standes der Technik bekannt war. Es wäre sicherlich für die weitere Wankelentwicklung sehr interessant gewesen, wenn zwischen Citroën und NSU eine Strategische Allianz tatsächlich zustande gekommen wäre. Mit dem Ende der Nordhoff'schen Regentschaft bei VW und der Übernahme des Vorstandsposten durch den von Brown, Boveri & Co (BBC) kommenden Kurt Lotz im Mai 1968 konnte aber die in der Branche offenkundig bereits vor-

abgestimmte Übernahme der NSU im nationalen Interesse beginnen, als die Neckarsulmer noch mit verschiedenen ausländischen Firmen verhandelten. "Eine Aktivierung" - so Lotz - "von NSU auf diesem Wege war uns nicht angenehm."[205] In einem Interview äußerte sich Lotz konkreter: "Wehe wenn Citroën gekommen wäre und hier Kleinwagen gebaut hätte...".[206]

Die Ängste von Lotz waren in der Tat keineswegs unbegründet gewesen. Die Geschichte der traditionsreichen Automarke Citroën wies einige interessante Parallelen zum Werdegang der NSU auf. Die Firma, die 1934 in den Besitz der Michelin-Familie kam, war ständig bestrebt gewesen, der Zeit ein Stück voraus zu sein. Vorderradantrieb, hydropneumatische Federung, konsequent eigenständiges Design repräsentierten unverwechselbare Markenzeichen. Unter der Führung des Nicht-Technikers Pierre Bercot "herrschte eine Diktatur der Techniker, es existierte weder Marketing, noch Kostenplanung, noch Verwaltungskontrolle. Die Folge war eine Gratwanderung zwischen Triumph und Pleite."[207] Als Anfang der 60er Jahre die Geschäftsleitung der NSU auch in Frankreich versuchte, Lizenznehmer für den neuen Kreiskolbenmotor zu finden, verhandelten die Neckarsulmer mit allen Unternehmen, mit einer Ausnahme: Citroën. Die Ingenieure von Citroën lehnten es zunächst kategorisch ab, in einer so elementaren Frage der Automobilkonstruktion, neue Projekte von außerhalb des eigenen Unternehmens aufzugreifen. Dieses Nicht-Verhältnis der beiden stolzen Technik-Unternehmen wäre sicherlich auch so geblieben, wenn mit Max Adolphus Bunford nicht ein Selfmade-man die Bühne betreten hätte. Bunford, aus Österreich stammend und mit einer soliden Ökonomie-Ausbildung, hatte nach dem Krieg enge Geschäftskontakte mit Stieler von Heydekampf geknüpft, war im Besitz einer nicht bekannten Zahl von NSU-Aktien und verkaufte NSU-Fabrikate in 28 Ländern. Er gehörte von Beginn an zu den großen Unterstützern des Wankelprojektes und verfügte außerdem auch über sehr gute Kontakte zu Citroën-Chef Bercot. Bunford hatte während der hektischen Akquirierungsphase der NSU-Geschäftsleitung Anfang der 60er Jahre seinerseits versucht, um das Wankelprojekt herum die auch von ihm als dringend notwendig eingeschätzte industrielle Unterstützergruppe zu zimmern. "Bunford's Idea was nothing less than a European General Motors. Citroën would merge with NSU; then the enlarged company would itself merge with Volkswagen. The Wankel Engine would then have a double shell around it."[208] Dieser an sich geniale Plan, die beiden innovations- und risikofreudigsten Autofirmen unter dem Dach des finanzstärksten Unternehmens zusammenzuschließen, kam allerdings gleichermaßen zu früh und zu spät. Für eine solche internationale Kooperation auf einem so exponierten Feld wie der Autoindustrie war Mitte der 60er Jahre weder in Frankreich noch in West-Deutschland die notwendige politische Unterstützung zu erhalten. Auf der anderen Seite hatte Stieler von Heydekampf das

Wankelprojekt bereits zu stark zu einem NSU-Projekt geprägt, als daß noch eine industrielle Kooperation auf strategischer Ebene hätte zustande kommen können. Nordhoff flog zwar noch in streng geheimer - aber dennoch einem Staatsbesuch gleichender - Mission nach Paris. Der Coup scheiterte, aber immerhin kamen auf diese Weise die Geschäftsführungen von NSU und Citroën in Kontakt. Der Gesprächsfaden riß nie ganz ab. Verhandelt wurde über die Gründung eines gemeinsamen Tochterunternehmens, später auch über eine gegenseitige Kapitalbeteiligung.

Die Frage nach der unternehmerischen Zukunft der NSU AG verkomplizierte sich schließlich 1966, als die Israeli-British-Bank (IBB) heimlich still und leise damit begann, NSU-Aktien zu kaufen und damit nach der Dresdner Bank und Bunford zum drittgrößten Anteilseigner des Unternehmens wurde. Als dann noch 1968 die Familie Michelin ihre Absicht verkündete, der FIAT-Gruppe die Mehrheit der Citroën-Aktien zu verkaufen, schrillten in der deutschen Industrie die Alarmglocken, und die Dresdner Bank übernahm in offenbar ruppiger Manier, insbesondere gegenüber der IBB, die Federführung zur Realisation einer nationalen Lösung, bei der NSU unter der Kontrolle der deutschen Industrie blieb.[209] Die gemeinsame Tochterfirma von NSU und Citroën kam später zwar tatsächlich noch zustande. Aber nicht nur der Name "Comobil" fiel dabei unglücklich aus; das Projekt kam zu einer Zeit, in der beide Firmen ihre unternehmerische Selbständigkeit faktisch verloren hatten und es der neugegründeten Firma somit an Unterstützung fehlte. Zwar konnte im Saarland mit dem Bau einer Produktionsstätte begonnen werden, indes gab es von hier aus keine entscheidenden Impulse mehr für die weitere Entwicklung und Durchsetzung des NSU/Wankelmotors.

In dieser Zeit, Ende 1968, erodierte die industrielle Trägerschaft des Wankelprojektes aber nicht allein durch den drohenden Verlust der unternehmerischen Selbständigkeit der NSU AG. In internationalen Finanzkreisen war längst bekannt, daß Hutzenlaub mit Billigung von Wankel die von beiden gemeinsam gegründete Wankel GmbH zum Verkauf anbot, inklusive einer zur Minimierung von Steuerzahlungen gegründeten Schweizer Tochterfirma. Mit Bunford, der 40 Millionen DM als Kaufpreis bot, oder der IBB, die mit William Gutfreund ebenfalls einen Wankelenthusiasten als Investment-Experten in ihren Reihen wußte, standen potente Interessenten parat, jedoch keine deutschen Autofirmen. Unter Hutzenlaub war die Wankel GmbH seit ihrer Gründung 1960 schnell zu einem Spekulationsobjekt geworden, an einer Stärkung der industriellen Entwicklungstätigkeit zur Durchsetzung der Wankel'schen Ideen wurde längst nicht mehr gedacht. Unter der Federführung von Roland "Tiny" Rowland, erneut ein weltgewandter, schillernder Unternehmertyp, ging die Wankel GmbH schließlich für hundert Millionen DM in den Besitz der eher

zwielichtigen London and Rhodesian-Gruppe (Lonrho) über, ein britisches Unternehmen, das hauptsächlich mit der Ausbeutung afrikanischer Bodenschätze Geld verdiente.[210] Wankel wurde durch diesen Verkauf zu einem reichen Mann, dem von ihm initiierten Innovationsprojekt ging damit jedoch der 40%ige Anteil, den sich die Wankel GmbH an den Lizenzeinnahmen ausgehandelt hatte, praktisch ganz verloren.

2.2 Turbulenzen im Weltautomobilbau

Kalifornische Trends

Die Frage, wer mit der Übernahme der NSU AG auch über das zukünftige Schicksal des deutschen Anteils an der Wankelmotoren-Entwicklung entscheiden würde, sollte schließlich von bis dahin nicht gekannten Turbulenzen im Weltautomobilbau bestimmt werden. Während in Deutschland erst Ende der 50er Jahre die Weichen für das Automobil als universellem Transportsystem gestellt worden waren, konnte in den USA schon sehr viele Jahrzehnte lang auf Erfahrungen im Zusammenhang mit dieser ordnungspolitischen Grundentscheidung zurückgeblickt werden. Es ist daher auch nicht verwunderlich, daß in diesem Teil der Erde die Folgen der automobilzentrierten Politik zuerst sichtbar wurden und staatliche Regulierungsmaßnahmen hervorriefen. Darüber hinaus sollten Verschiebungen im internationalen Kräfteverhältnis eine bislang nicht gekannte Panik im Ölgeschäft auslösen, die in den hochindustrialisierten Ländern mit einem recht fundamentalen Wertewandel und neuen Zeitgeistströmungen zusammentrafen. Umstände, die auch die internationalen Automobilbauer zu einer Überprüfung der bisherigen technischen Pfade zwingen sollten.

In den USA erschien 1965 das Buch "Unsafe at Any Speed" des bis dahin unbekannten Washingtoner Rechtsanwalts Ralph Nader, in dem kurioserweise der Corvair von General Motors (GM) im Mittelpunkt der Vorwürfe stand. Ein Automobil, das erstmals in der Nachkriegsgeschichte der USA eine von der vorherrschenden Grundkonstruktion abweichende Bauweise zeigte: luftgekühlter Heckmotor aus Aluminium sowie eine für den amerikanischen Markt neue Schwingachsenkonstruktion.[1] Die federführende Entwicklungsgruppe unter dem verantwortlichen Ingenieur Ed Cole war so stolz auf diesen sehnlichst erwarteten innovativen Beitrag des Giganten GM zur automobilen Technikgeschichte, daß Hinweise auf das instabile Fahrverhalten des Wagens bei höheren Geschwindigkeiten schlichtweg ignoriert wurden. Naders Buch brachte offenbar eine schon lange schwelende Unzufriedenheit der Autokunden gegenüber der arroganten Haltung amerikanischer Autohersteller genau auf den Punkt. Änderungen im branchenweit kultivierten, tradierten und letztlich auch festgefrorenen Stand der Technik wurden ausschließlich dann vorgenommen, wenn es die Autohersteller selbst für notwendig erachteten. Kunden konnten lediglich die Farbgebung sowie die Zusammensetzung der Ausstattungspakete beeinflussen. Mit der von Nader entfachten Protestwelle gerieten Detroits Giganten zum ersten Male bei der Definition technischer Probleme und möglicher Lösungswege - hier waren es Sicherheitsfragen - in die Defensive. Der Branchengigant GM reagierte auf die Kritik Naders zunächst bezeichnenderweise

mit Attacken auf den Autor und investierte die fast unglaubliche Summe von 425.000 Dollar, um - allerdings erfolglos - Material für eine persönliche Diskreditierung Naders sammeln zu lassen.[2] Das bisherige Verhalten der Automobilhersteller geriet zum politischen Thema, erste Ein- und Begrenzungen an der voll auf die Funktionsfähigkeit des Automobils ausgerichteten Infrastruktur wurden zur allgemeinen Akzeptanzsicherung unausweichlich. Im Jahre 1966 verabschiedete der US-Kongreß den "National Traffic and Motor Vehicle Safety Act". Kurz zuvor, 1965, war erstmals mit dem "Motor Vehicle Air Pollution Act" ein anderes Problem angegangen worden, das bei der massenhaften Nutzung des Automobils auftritt und schon zur Jahrhundertwende bekannt und kritisiert worden war, aber offenbar jahrelang erfolgreich verdrängt werden konnte: die gesundheitsschädlichen Abgase der mit flüssigen Kohlenwasserstoffen betriebenen Hubkolben-Verbrennungsmotoren.[3] Die Bewohner von Los Angeles, einerseits Amerikas Autokulturstadt Nummer Eins, andererseits aber zwischen Bergen und Pazifik in einem Kessel eingezwängt, erlebten als erste die Beeinträchtigung der Lebensqualität durch die Verschmutzung der Luft mit Abgasen von ausschließlich mit Verbrennungsmotoren ausgerüsteten Autos. Schon 1951 hatten Forschungsergebnisse von A.J. Haagen-Smit, Professor am California Institute of Technology, später Vorsitzender des California Air Resources Board, den Zusammenhang von Autoabgasen und Smogbildung gezeigt. Die amerikanische Autoindustrie ignorierte diese Zusammenhänge zunächst und versuchte schließlich vereint der externen Bedrohung des gemeinsam kultivierten Technikstandards dadurch zu begegnen, daß man eine eigene eng aufeinander abgestimmte Forschung aufbaute, um bei diesem Problem die Meinungsführerschaft bald wieder zurückzugewinnen. "The companies had agreed in 1953 that all work on pollution control would be industry-wide, no company would advertise its emission control work or withhold any advances from the others." Was die Autoindustrie nach außen als konstruktiven Beitrag zur Problemlösung darstellte, entpuppte sich allerdings als ein Status-quo-Sicherungs- und Fortschritts-Verhinderungskartell. "One company, the suit said, had the control mechanismen ready for installation but did not install until the others were also able to meet the requirements."[4] Diese abgestimmte Verzögerungstaktik sollte der Autoindustrie Ende der 60er Jahre eine Anti-Trust-Anklage des Justizministeriums einbringen.[5] Überhaupt brauchte es seine Jahre, bis die Automobilindustrie begreifen konnte, daß staatliche Rahmenplanung nicht nur zur Absatzsteigerung von Automobilen, sondern auch zur Einschränkung von automobiler Freiheit fähig sein muß. Ein mit Regulierungsfragen befaßter Administrator beschrieb die Atmosphäre der ersten Sitzung des Subcommittee on Air and Water Pollution als äußerst anstrengende Veranstaltungen: "We had a meeting with some auto engineers and one of them called our minority council

a Communist. He said we wanted to create a one car economy, to creat a nation of Volkswagens."[6] Im Laufe der 50er und 60er Jahre kam dennoch immer unabweislicher zu Tage, daß mindestens drei Schadstoffgruppen - Kohlenwasserstoffe (CH), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NOx) - erhebliche Auswirkungen auf das Ökosystem haben, und daß die Produktion dieser Gifte untrennbar mit dem Betrieb konventioneller otto- und dieselmotorischer Hubkolben-Verbrennungsmotoren verbunden ist. Eine Untersuchung aus dem Jahr 1968 belegte, daß 90% der Luftverschmutzung in Los Angeles, San Diego und Sacramento auf diese Abgase des Autoverkehrs zurückzuführen waren.[7]

Die Administration in Kalifornien arbeitete daher schon seit Anfang der 60er Jahre am intensiven Aufbau einer Forschungs- und Testinfrastruktur. Das California Air Resources Board (CARB) wurde gegründet, um für eine schärfere staatliche Gesetzgebung die notwendigen technisch-wissenschaftlichen Voraussetzungen zu schaffen. Die Versuche zu einer bundesweit einheitlichen Regelung, die für 1965 mit dem weiter oben schon erwähnten Motor Vehicle Air Pollution Act erstmals die Festlegung von Emissionshöchstgrenzen vorsah, blieben zunächst durch den Einspruch der Autoindustrie äußerst moderat und zwangen die Industrie noch nicht zu einer Änderung der Konstruktionspolitik. "The auto companies do the research and have the technology... and we can't change the standards until we have the technology", äußerte sich ein Mitarbeiter des damals federführenden Department of Health, Education and Welfare (HEW) über die bereits erfolgreiche Widerstandsarbeit der Automobilhersteller.[8] Im Federal Air Quality Act von 1967 und schließlich im verschärften Clean Air Act von 1970 kam es aber dann doch zu einer bundeseinheitlichen Regelung, die auch im administrativen Bereich die besondere Rolle Kaliforniens in der amerikanischen Luftreinhaltepolitik festschreiben sollte. Der neu formulierte Clean Air Act "blocked the other 49 states from acting independently in areas regulated by the Federal Government, including cars. But CARB, formed two years earlier by the merger of several predecessor agencies, was given an out. To deal with California's air, the nation's dirtiest, the state was told it could continue to write its own rules. The one caveat: it had to apply to the EPA (Environmental Protection Agency) for waivers before it could enforce them."[9]

Damit war ein bis heute gültiges Regelungsmuster formuliert. Der von den drei großen beherrschenden amerikanischen Autofirmen GM, Chrysler und Ford zur Realisierung der Vorteile der economies of scale dringend gewünschte bundeseinheitliche Standard konnte erreicht werden, weil Kalifornien eine Ausnahmesituation zugestanden wurde. Dieser Waiver muß aber immer von neuem beantragt werden und steht somit unter Kontrolle der Bundesregierung bzw. der in dieser Hinsicht federführenden EPA. Damit kommt Kalifornien einmal eine gesellschaftliche Ventilfunktion zu, da hier ja für ein ganz bestimmtes Problem

in einem klar begrenzten Terrain scharfe Auflagen erlassen werden können und die grundsätzliche staatliche Bereitschaft zur Problemregulierung dokumentierbar ist. Darüber hinaus spielt Kalifornien seitdem als Test- und Erprobungsmarkt für end-of-pipe-Techniken eine produktive Rolle für die Hersteller. Katalysatoren und unverbleites Benzin mußten sich erst in Kalifornien bewähren, um dann weltweit eingeführt werden zu können.[10]

Kalifornien, der größte Bundesstaat mit etwa 10% des US-amerikanischen Automobilmarktes setzt seither aber nicht nur in regulierungspolitischer Hinsicht die Trends. Von hier aus rollten die VW-Käfer und die VW-Bullis ins Land, VW war bis 1973 größter Autoimporteur in den USA. Der Wolfsburger Konzern konnte 1970, auf dem Höhepunkt seines Erfolges in den USA, 570.000 Einheiten absetzen. Zum Vergleich: 1993 ist der Absatz des VW-Konzern auf ganze 10% dieser Summe abgesunken.[11] An zweiter Stelle der Importliste lag Toyota, und auch die anderen japanischen Autohersteller starteten von hier aus ihren überaus erfolgreichen Zug durchs Land. In den Augen der US-amerikanischen Autoindustrie bleibt Kalifornien daher ein suspekter Markt. "For many years California has exported regulatory fashions the way Italy exports shoes", drückte sich beispielsweise der Chef von Chevron, Kenneth Derr, aus.[12] Von Kalifornien ging Anfang der 60er Jahre auch ein langsamer Wertewandel aus, der eine Ablösung der "fetten" amerikanischen Nachkriegsära durch eine mehr "schlankere" Periode andeutete und in die "small is beautiful"-Bewegung mündete. Eine Entwicklung, die für die Vorstandsetagen der Autobauer unkalkulierbar und damit auch sehr bedrohlich war. Immerhin wäre damit ja auch eine gesellschaftliche Neubewertung des Automobils möglich gewesen. Zu einem der frühen Symbole dieser Veränderungen entwickelte sich interessanterweise der britische Mini, der insbesondere bei den Multiplikatoren der Kunstszene eine große Popularität genoß. "Although the BMC Mini never made it across the Atlantic, it is perhaps not farfetched to suggest that its namesake, the miniskirt, helped prepare the way for the Mini's Japanese and European derivates. The miniskirt helped redefine sexiness, replacing the curvaceous look of Marilyn Monroe and Mamie Van Doren with the leggy coltishness of Jean Shrimpton and Twiggy. It would be difficult to imagine Jayne Mansfield emerging from a Honda Civic without seeming grotesque. Her amplitude demanded the scale of a Cadillac, whereas the miniskirted, presumably liberated, model-star of the Aquarian age could make a subcompact seem sexy simply by sliding behind the wheel. More to the point, the miniskirt was a very visible reminder of and advocate for the less-is-more philosophy that took hold in the late sixties and early seventies."[13]

Die amerikanische Modell- und Produktpolitik stand für exorbitante Form- und Sinngebungen. Die Erfolge der japanischen Autohersteller, gleichfalls

synonym mit kleinen, sparsamen Fahrzeugen, blieben in den Detroiter Führungsetagen zunächst aber nur Besonderheiten Kaliforniens. Die Verkaufszahlen von Toyota stiegen von knapp 16.000 Einheiten im Jahre 1966 auf über 70.000 im Jahre 1968. Bereits 1973 verkaufte das Unternehmen 273.000 Automobile.[14] Es herrschte nach wie vor das Verständnis vor, "that if the people of California were buying Japanese cars, then it was because California was an unreliable place, filled with health faddists who did not eat meat, worshiped strange gods, and prefered to play in the sun rather than work all day at a real job. The people who bought the Japanese cars, one Ford executive said, probably all lived in communes...". Der damalige Ford-Präsident Lee Iacocca blickte mit den Worten "we 're going to kick their asses back into the Pacific" ebenfalls zu dieser Zeit gegenüber der neuen japanischen Autokonkurrenz noch gelassen in die Zukunft.[15]

Sicherungsarbeiten am Automobil

So wurden auch die verschiedenen Initiativen und Projektvertreter wenig ernst genommen, die sich in Kalifornien sammelten, um an anderen Antriebstechniken für Automobile zu arbeiten. Erst als sich eine wirksame seriöse Gegen-Expertise zur Definitionsmacht der Autoindustrie gebildet hatte und die gemeinhin akzeptierten Zusammenhänge bekannter Automobil-Schadstoffe und Smog immer stärker auch von Mitgliedern des Kongresses aufgenommen wurden - Edmund Muskie, Vorsitzender des Subcommittee on Air and Water Pollution, und Warren Mangnusen, Vorsitzender des Commerce Committee, gehörten zu den stärksten Promotoren -, leuchteten in der Autoindustrie weltweit langsam die Warnlampen auf. Selbst Henry Ford II, der um deutliche Statements nie verlegene Gründerenkel und Chairman der Ford Motor Company, anerkannte die neue Herausforderung: "We have a strong vested interest in the survival of the internal combustion engine, but we have a far stronger interest in the survival of our company."[16]

In der Tat stellte der 1970 unter dem Druck der kalifornischen Situation erlassene, bundesweit gültige Clean Air Act einen bislang nicht gekannten Einschnitt in der Automobiltechnik dar. "Congress mandates that by 1975 emissions of hydrocarbons and carbons and carbon monoxide from new cars should be reduced by 90 percent from their 1970 levels and that by 1976 emissions of nitrogen oxides should reduced by 90 percent from their 1971 levels."[17] Allerdings konfrontierte der Clean Air Act von 1970 die US-Behörden mit einem Dilemma. "The law of the land was clear, but the technology to fullfill it was missing. It was felt that automobile industries, which were not engaging in serious

work on alternative engines but had 'sweatheart contracts' with the internal combustion engine, needed a stimulus. The established Environmental Protection Agency (EPA) therefore instituted a program on Alternative Automotive Power System (AAPS), with the goal of demonstrating clean powerplants in a car in 1975."[18] Unter diesen neuen drastisch veränderten Rahmenbedingungen war somit auch die Funktionsfähigkeit des Automobils gefährdet. Während in Japan und Europa die beiden Newcomer Mazda und NSU am industriellen Durchbruch einer neuen Antriebslösung arbeiteten, begann nun auch in den USA die Diskussion um neue Motorensysteme. Plötzlich fanden sich in den verschiedenen Zeitschriften und Senatshearings Unterstützer und Befürworter für Projekte, beispielsweise der Elektrotraktion mit Brennstoffzellen als Energiequelle. Die Gas-Turbine wurde wegen ihrer kompakten Bauart und ihrer geringen Abgasentwicklung ernsthaft erörtert. Maschinen mit externer, kontinuierlicher Verbrennung (Stirling-Motor), ebenfalls mit Aussichten auf bessere Abgasqualitäten, standen zur Debatte. Besondere Aufmerksamkeit widmete die Öffentlichkeit dem Versuch des Luftfahrtindustriellen und Multimillionärs William P. Lear, den Dampfantrieb für mobile Fahrzeuge neu zu entwickeln und in Serie einzuführen. Die überaus gute Drehmomentcharakteristik und die vergleichsweise geringen Schadstoffe boten unter den neuen Bedingungen interessante Perspektiven.[19] Wenn das bisherige Automobilkonzept gerettet werden sollte - und an eine Neudefinition dieses Transportsystems dachte in den USA und in Kalifornien niemand - mußte in Sachen Antrieb Anpassungsleistung erfolgen.

Auch die deutschen Autohersteller, für die der US-Markt, insbesondere der kalifornische, eine damals ja noch bedeutende Rolle spielte, zeigte sich über die neuen Gefährdungen des bisherigen Technikstandes besorgt. Die Debatte um mögliche Durchbrüche selbst einer solchen Antriebstechnik wie dem Dampfmotor heizte sich für die Autoindustrie so gefährlich auf, daß führende Vertreter des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) die Ingenieure auf den bisherigen Technikstandard einzuschwören versuchten: "Es gibt Leute, die das Abgasproblem glauben dadurch lösen zu können, daß der Verbrennungsmotor durch die Dampfmaschine oder den Elektromotor ersetzt wird", so Verbandsfunktionär Vieweg. "Vor dieser Illusionen muß gewarnt werden."[20] Die unternehmerische Vorsorge verpflichtete aber die Unternehmen weltweit doch dazu, erstmals seit der Jahrhundertwende wieder über den eigenen Tellerrand zu schauen. Nicht von ungefähr fühlten sich dabei die beiden deutschen Unternehmen unter Druck gesetzt, die in den USA damals gut vertreten waren. Die Vorstandschefs Zahn von Daimler-Benz und Nordhoff von Volkswagen erörterten die möglichen Gefahren, die bei einem plötzlich nicht mehr ganz und gar auszuschließenden Wechsel auf andere Antriebsaggregate drohten. Insbesondere für die Dauer-alternative Elektrotraktion boten sich unter den veränderten Bedingungen neue

Optionen bei politisch neu definierten Rahmenbedingungen. "Diese jedoch würde die Automobilindustrie, so ihre Sorge, in eine gefährliche Abhängigkeit von Siemens und ein paar weiteren großen Elektrokonzernen bringen - jedenfalls sofern man sich nicht für den Eventualfall wappnete". Allerdings schien es den beiden Herren nicht angeraten, eine solche Revolution in den heimatlichen Automobilwerkstätten anzudenken. Die Geschäftsleitungen beider Unternehmen einigten sich daher 1967 auf die Gründung einer gemeinsamen Tochterfirma, der Deutschen Automobilgesellschaft GmbH (DAUG). Gegenstand des in Hannover ansässigen Unternehmens sollten Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiete der Elektromobile sein. Zu einem der beiden Geschäftsführer wurde ein gewisser Edzard Reuter bestellt. Das Unternehmen schlug aber rasch eine andere Richtung ein und profilierte sich in späteren Jahren mit der Herstellung von Starterbatterien, der Recyclingtechnik, Fahrzeugelektrik sowie in der Verkehrsforschung. Erst jüngst, im Rahmen des Rügen-Versuchs, einem vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) unterstützten Feldversuch zur Erprobung von Elektrofahrzeugen, befaßt man sich in Hannover wieder intensiv mit alternativen Antriebskonzepten.[21]

Diese externen Turbulenzen blieben schließlich auch nicht ohne Wirkung auf das betriebsinterne Machtgefüge der Automobilhersteller. Techniker und Konstrukteure im Entwicklungs- und Vor-Entwicklungsbereich konnten unter diesen Bedingungen wieder größere Freiräume für sich reklamieren, zumal die branchenweite Einführung der Vor-Entwicklung in den 50er Jahren die ursprünglich intendierte Unabhängigkeit von den Zwängen der Serien-Entwicklung im Alltagsgeschäft nicht gebracht hatte. Unter dem Druck termingerechter Modellstarts war jeder Vorstand erpreßbar: "Wenn Du uns nicht zusätzlich die Vor-Entwicklung gibst, kommt die Serie nicht in Gang". Unter diesen Zwängen konnte die Serien-Entwicklung ihre Machtbereiche ständig ausweiten.[22] Auf der anderen Seite durfte es sich die Unternehmensleitung in diesen zunehmend unsicheren Zeiten nicht leisten, Entwicklungen "anbrennen zu lassen" und benötigte Kapazitäten, um die Diskussion über verschiedene Alternativen zu beobachten und gegebenenfalls die eine oder andere Optionen, die besonders dringlich erschien, zur Sicherung der technischen Definitionsmacht auch zu untersuchen.[23]

Bei VW brachte der Wechsel von Nordhoff zu seinem Nachfolger Kurt Lotz auch bezüglich dieser Probleme neuen Wind nach Wolfsburg. Neben einem ganzen Aufgebot von Futurologen begann der Aufbau einer von der Entwicklung unabhängig operierenden Forschungsabteilung.[24] Bei Daimler-Benz nutzten engagierte Ingenieure ebenfalls die Gunst der Stunde, um beim Vorstand mehr Denkfreiraum auszuhandeln. "Die Fahrzeugentwicklung muß die Kontinuität der Fahrzeugmodelle sicherstellen, d.h. sie hat alle Hände voll zu

tun, um - ausgehend von der heute bekannten und gesicherten Technologie - jeweils rechtzeitig verbesserte Modelle, die der Markt aufnimmt, entwickelt zu haben", so formulierte es sehr geschickt der Getriebeentwickler Hans Joachim Förster in einem internen Memorandum. "Sollte sich diese Fahrzeugentwicklung auch noch mit allen Zukunftsmöglichkeiten, die heute noch nicht zu übersehen sind, beschäftigen müssen, dann würde sie von ihrer eigentlichen Aufgabe abgelenkt, wahrscheinlich sogar verunsichert, und unter dieser Unsicherheit der fernen Zukunft würde die Marktfähigkeit der Produkte von morgen leiden."[25] Auf diese grundlegenden gesellschaftlichen und - darin eingebettet - technologischen Entwicklungen konnte auch deshalb immer weniger reagiert werden, weil nach Meinung der Autohersteller eine "Inflation gesetzlicher Vorschriften wertvolle Ingenieurskapazitäten absorbiert" und daher in den Entwicklungsabteilungen zunehmend die tagespolitischen Erfordernisse dominierten.[26] "Zeithorizonte über 10 Jahre interessieren mich als Entwickler nicht", formulierte ein Chefentwickler diese restriktiven Arbeitsbedingungen.[27] Daimler-Benz und VW richteten daher 1969/1970 von der Entwicklung unabhängige Forschungsabteilungen ein, die gemeinsam von dem nun für "Forschung und Entwicklung" zuständigen Vorstandsmitglied repräsentiert wurden. In beiden Unternehmen sollte der konkrete Umsetzungs- und Ausgestaltungsprozeß allerdings recht unterschiedlich ausfallen. Im Falle von Daimler-Benz führte die schon jahrzehntelang existierende Tradition der Vor-Entwicklung zu einer vergleichsweise autarken Forschungslandschaft, während bei VW Forschung und Entwicklung quasi parallel aufgebaut wurden und in einigen spektakulären Projekten - wie z.B. dem in den 70er Jahren entwickelten Pkw-Dieselmotor - tatsächlich eng zusammenarbeiten sollten.

Dem ersten Forschungsleiter bei Daimler-Benz war es gelungen, die damals für die Suche nach grundlegenden Alternativen günstige Stimmung für eine großzügige Ressourcen-Ausstattung zu nutzen. Da gerade eine Neustrukturierung im Turbinen- und Dieselbau im Rahmen der gegründeten Motoren- und Turbinenunion (MTU) in München und Friedrichshafen auf der Tagesordnung stand, konnten 450 zur Disposition stehende Planstellen für den Aufbau einer umfassenden Forschungsabteilung eingesetzt werden. Die Auswahl der Themen, wie überhaupt eine generelle Such- oder Forschungstrategie wurde vom Vorstand dabei nicht vorgeschrieben und mehr durch Themen und Trends der internationalen Ingenieur-Community sowie den vorhandenen Vorlieben und Qualifikationsprofilen der Mitarbeiter bestimmt. Allerdings herrschte in diesen neuen Hybrid-Gemeinden noch nicht die für den Automobilbau so kennzeichnende Übereinstimmung im Denken und Handeln vor. So kam eine Gruppe der neuen Mitarbeiter mehr aus der Tradition der Ingenieurwissenschaften und arbeitete unter dem Motto "die Theorie muß stimmen", während andere

Gruppen, Konstrukteure aus der Vorentwicklung oder Entwicklung, sich noch stärker der dortigen Philosophie "Hauptsache, das Ding dreht sich" verpflichtet fühlten. Die von den "Entwicklern" der neuen Forschungsabteilung mühsam abgerungenen Prüfstandskapazitäten konnten von den "Theoretikern" daher gar nicht richtig gewürdigt werden. In deren Augen sollte in Zukunft alles nur noch gerechnet und mit dem Computer simuliert werden, teure trial-and-error-Verfahren also der Vergangenheit angehören. General Motors leistet sich im Unterschied zur Konkurrenz schon seit vielen Jahrzehnten eine naturwissenschaftlich-technische Grundlagenforschung, in der bis heute an allen für das Automobil relevanten Technikfeldern gearbeitet wird. Schon 1917 begann man mit dem Aufbau eines Instituts für Materialforschung, wenig später, 1919, kaufte man die "Dayton Engineering Laboratories Company" (DELCO) von Charles F. Kettering und reihte die Firma in den Konzernverbund ein. Bei VW stellte sich die Forschung von Beginn an darauf ein, möglichst umfassende Dienstleistungen, etwa auf dem Gebiet der Meß- und Prüftechnik, für den Entwicklungsbereich erfüllen zu können.[28]

Der institutionalisierte Status der neuen Forschungsabteilungen sicherte zwar eine gewisse Unabhängigkeit im betrieblichen Machtgefüge. Aber die Umstände, die zur Einrichtung einmal beigetragen hatten, drohten schnell durch neue Erfordernisse der Tagespolitik verdrängt zu werden und die neuen Abteilungen unter starken Legitimationszwang zu bringen. Vergleichbar mit der Situation in den 50er Jahren, als die Ingenieure der Vor-Entwicklungsgruppen mit neuen Themen den Vorständen gegenüber ihre Existenz zu untermauern versuchten, war es Aufgabe der Forschungsabteilungen, mit entsprechend dramatisch ausfallenden Analysen die Zukunftsprobleme des Automobils zu skizzieren.[29] Daimler-Benz-Forschungschef Förster ging unter diesen taktischen Gesichtspunkten sehr kritisch mit dem bisher Erreichten um. In einem Aufsatz aus dem Jahre 1970 bemerkte er, daß bei den konventionellen Hubkolben-Verbrennungsmotoren "unglücklicherweise die Voraussetzungen für hohe spezifische Leistung, günstigen Kraftstoffverbrauch und für niedrige Schadstoffe der Abgase sich entgegnen". Seine Prognose fiel damals bemerkenswert radikal aus: "Es wird angenommen, daß über das Jahr 1980 hinaus der Motor mit innerer Verbrennung durch geeignete Anbauten noch soweit behandelt werden kann, daß er die niedrigen Schadstoffwerte, die bis dahin gefordert werden, erreicht. Später könnte die Gasturbine den Verbrennungsmotor ablösen... Sollten die hier allerseits laufenden Versuche negativ ausgehen, dann wird mit großer Wahrscheinlichkeit der Stirlingmotor als Antriebsquelle für Fahrzeuge das Ende des Jahrtausends bestimmen." Wenn - so Försters zugespitzte Diagnose - keine "neue, abgasfreie Antriebsmaschine" gefunden wird, ist die Zukunft des Autos bedroht.[30] Hinter diesen pessimistischen Zukunftsszenarien steckten vor

allen Dingen die Inszenierungszwänge der Forschungsleiter, die selbst kaum an eine Ablösung des Hubkolbenmotors in für sie absehbaren Zeithorizonten glaubten. Förster gab beispielsweise zu, daß er bei der Aufnahme von Forschungsarbeiten an der Gasturbine "von Anfang gewußt (habe), daß wir es nicht schaffen."[31]

Überbetrieblicher Allianzpartner für die neu aufgebauten Forschungsabteilungen sollte in den 70er und 80er Jahren vor allen Dingen das 1973 neu eingerichtete Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) werden, das zunächst mit ähnlich kritischem Grundton die Arbeit im Bereich zukünftiger Verkehrsträger aufnahm: "Die heute fast ausschließlich mit Verbrennungsmotoren ausgerüsteten Kraftfahrzeuge belasten durch unwirtschaftliche Ausnutzung der Kraftstoffe in hohem Maße die Energiereserven auf Mineralölbasis, führen zu Umweltbelastungen durch schädliche Abgasbestandteile wie Kohlenmonoxid, Stickoxid, Kohlenwasserstoffe, Ruß und Blei sowie Lärmentwicklung", so die "Grundsätze" "für die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Kraftfahrzeug- und Straßenverkehr."[32] Obwohl die Probleme keineswegs kleiner sind, sondern sich nochmals erheblich verschärft haben, sind die nach wie vor schadstoffbelastenden Verbrennungsmotoren heutzutage kaum noch Fördergegenstand des BMFT.[33] Diese Zusammenarbeit mit dem Ministerium oder anderen Forschungseinrichtungen sollte in den 70er Jahren auch überlebenswichtig werden, da sich das ursprünglich wohlwollende Klima gegenüber der Einrichtung von Forschungsabteilungen innerhalb der Unternehmen im Zuge der ökonomischen Probleme tatsächlich verschärfte. Die Abteilungen waren vor dem Hintergrund einer langanhaltenden Prosperität in den 50er und 60er Jahren, quasi im Zeitalter des Überflusses, eingerichtet worden. Anfang der 70er Jahre drohten sich plötzlich die Zukunftsaussichten der gesamten Autoindustrie zu verdunkeln. Bei der objektiven Notwendigkeit für Grundlagenforschung dominierte aber bei fast allen Konzernen der Rückbezug auf das Kerngeschäft. Mit den Worten "die Herren der Forschung waren ja autark" spielte die Serien-Entwicklung bei Daimler-Benz öfter auf den besonderen Status dieser Gruppe an, der sich vor allen Dingen im fehlenden Außendruck und hoher Autonomie ausdrückte. Mit den Worten "wir bauen die Brot-und-Butter-Autos" ließ man daher erkennen, wer im betrieblichen Machtgefüge am längeren Hebel saß.[34] In den 70er Jahren sollten daher die Forschungsabteilungen Arbeiten für die Serien-Entwicklungen übernehmen müssen. Dennoch blieb in den vermeintlich so eng nebeneinander liegenden Arbeitsbereichen die Kluft in den Handlungslogiken bestehen: Während die Forschung nach möglichen gangbaren Wegen fahndete, stellte sich für die Entwicklung die Aufgabe, einen bereits definierten Pfad zu gehen und Optimierungsarbeiten zu leisten.[35]

Neue Optionen im Wankel-Abenteuer

Die Turbulenzen im Weltautomobilbau, ökonomische Krisen und neue politische Regulierungswellen, die der bislang fast grenzenlosen Freiheit des Automobils zu schaffen machten, führten zu einer Neuinterpretation des bisher erreichten Technikstandards. In diesem Zusammenhang sollte auch der Wankelmotor für die Branche eine andere Bedeutung erhalten. Die etablierte Autoindustrie hatte sich vor und nach der offiziellen Bekanntgabe der Entwicklung dieses Alternativantriebes im Jahre 1960 zunächst äußerst zurückhaltend gezeigt. Auch Curtiss-Wright, der erste Lizenznehmer der NSU AG, stufte die Arbeiten am Wankelmotor nach einem fulminanten Start schnell in den Status einer Grundlagenforschung zurück. Neben dem rührigen japanischen Mazda-Konzern war es die NSU AG als kleiner Branchenaußenseiter, die in naiver Fortschrittsgläubigkeit, gepaart mit arroganter Selbstüberschätzung und fehlendem Weitblick, den Kreiskolbenmotor am Automobilmarkt anbot. Dieses völlig neue Antriebskonzept, von den Etablierten der Branche eher verlacht, zog nun plötzlich unter den veränderten gesellschaftlichen und politischen Bedingungen Ende der 60er Jahre weltweit das Interesse in einem bisher nicht gekannten Maße auf sich.

Bereits Mitte der 60er Jahre zeigte sich in den verschiedenen Entwicklungsstätten des "Wankel-Clubs", daß diese Maschine den ottomotorischen Verbrennungsprozeß mit den bekannten flüssigen Kohlenwasserstoffen nur unvollständig umsetzen konnte, da die Abdichtung des Brennraums bei dem rotierenden Betrieb nicht in der von Hubkolbenmaschinen gewohnten Qualität erreicht wurde. Im Vergleich zum kompakten Brennraum eines Hubkolbens emittieren Kreiskolbenmotoren durch die sichelartige Geometrie etwas höhere Werte an HC und CO. Durch die eigenartige Konfiguration des Motors verläuft der Verbrennungsprozeß in Kreiskolbenmotoren in geringeren Temperaturbereichen. Mit der vergleichsweise schlechten Abdichtung hatte der Motor zudem eine Art eingebaute Abgasrückführung, thermodynamische und konstruktive Eigenheiten, die dazu führen, daß im Vergleich zu Hubkolbenmaschinen erheblich geringere NOx-Werte immittiert werden. Dies waren aber nahezu "ideale" Bedingungen, um mit Hilfe eines nachgeschalteten thermischen Reaktors alle drei regulierungsverdächtigen Schadstoffklassen NOx, HC und CO abzusenken. Bei den konventionellen Hubkolbenmotoren konnten zur gleichen Zeit die HC- und CO-Werte durch den Einsatz katalytischer Abgasnachbehandlungen heruntergefahren werden, allerdings "verweigerte sich" die Schadstoffgruppe NOx hartnäckig der Katalysatorenbehandlung.[36] Erkenntnisse über die günstigen Voraussetzungen der Wankelmotoren für eine Abgasnachbehandlung waren zuerst in den Labors von Curtiss-Wright gesammelt worden. Der aus Rußland stammende Ingenieur Yura Arkus Duntov, der bereits unter CW-Chef Hurley mit dem

Wankelprojekt in Berührung gekommen war und nun als technischer Berater für verschiedene Investment-Firmen arbeitete, erkannte wohl als einer der ersten die damit in Verbindung stehenden neuen Optionen - die Verabschiedung des Clean Air Act stand ja für 1970 auf der Tagesordnung - und schlug Curtiss-Wright vor, David Cole, Professor of Mechanical Engineering an der University of Michigan in Ann Arbor, mit den Untersuchungen zur Schadstoffentwicklung der Kreiskolbenmaschinen zu beauftragen.[37] Cole sollte aber nicht nur als Professor und Experte auf dem Gebiet der Schadstoffanalysen bei Curtiss-Wright wirken, sondern wohl mehr in seiner Eigenschaft als Sohn von Ed Cole, einem der profiliertesten Ingenieure bei GM und in den Jahren 1967-1974 Präsident des Branchengiganten.[38]

Auch David Cole bestätigte die günstigen Meßergebnisse, und plötzlich rückten Ende der 60er Jahre die Mazda-Kreiskolbenautos, die bereits in den USA gefahren wurden, verstärkt in das öffentliche Interesse.[39] Auch die Mazda-Techniker selbst gaben sich hinsichtlich der zu erwartenden Probleme bei den strengen Abgasgesetzgebungen - im Gegensatz zur herrschenden Branchenmeinung - sehr optimistisch: "With the rotary engine's capability of using nonleaded fuel, the low level of NOx, the compatibility with thermal reactor, and the compactness of the engine, we believe the rotary engine will play a major roll in the powerplant of automobiles in the future."[40] Ähnlich der Situation in Deutschland war auch bei den US-amerikanischen Autofirmen in den 60er Jahren die Begeisterung für den Wankel sehr gering geblieben. Der NSU-Spider und die kleinen Mazdas konnten die Big 3 keineswegs erschrecken. Nun - im Kampf um den Erhalt des Verbrennungsmotors als zentralem Element der Automobiltechnik - mußte auf den neuen Alternativantrieb reagiert werden. Kontakte wurden geknüpft, Sondierungsarbeiten aufgenommen. Die New York Times bestätigte schließlich am 2. Juni 1970 auf Seite 1 die bereits im Umlauf befindlichen Gerüchte, daß der Branchenführer GM in konkreten Lizenzverhandlungen mit NSU stand "as a part of our stated policy of investigating all possible sources of automotive power", wie es die GM-Spitze verlauten ließ.[41]

"Fette Tante" kauft "Hüttenwerke"

Der plötzlich in den USA gestiegene Kurs des Wankelantriebes bewog auch den seit 1968 als Chef des Volkswagen-Konzerns agierenden Kurt Lotz, möglichst bald dem deutschen Branchenführer das Wankel-Know-how zu sichern. Der geplante schnelle Coup sollte sich in den folgenden drei Jahren zu einer der schwierigsten unternehmerischen Operationen der Nachkriegsgeschichte entwickeln. Das Wankelprojekt war inzwischen auch für andere Interessengruppen

zu einem Spekulationsobjekt geworden, ohne daß allerdings NSU hieraus für die industrielle Absicherung und technische Weiterentwicklung noch Profit hätte ziehen können. Lotz, der im Gegensatz zu seinem Amtsvorgänger Nordhoff ein unbelastetes Verhältnis zur NSU hatte, griff nach seinem Amtsantritt im Jahre 1968 die "Akte NSU" aber noch aus einem anderen Grund sofort auf. Die bereits oben erwähnten Verhandlungen zwischen NSU und Citroën waren 1968 in ein konkretes Stadium getreten. Lotz selbst nannte später aber als Gründe, daß "sich VW bis dahin nicht mit den Möglichkeiten des Kreiskolbenmotors auseinandergesetzt (habe). Über die NSU konnte VW direkten Anschluß an die Entwicklung finden. Zweitens stieg in unseren Werken der Anteil der Gastarbeiter ständig an, in Neckarsulm aber gab es noch einen guten Stamm von Fachkräften, vor allem von im Motoren- und Werkzeugbau erfahrenen Facharbeitern."[42] "Gerade die Annahme, der Wankelmotor stehe vor einem möglichen Durchbruch und die zeitgleiche Feststellung des "Nachhinkens" der eigenen KKM-Entwicklung hinter der Konkurrenz", veranlaßte Lotz aber zur baldigen Verhandlungsaufnahme.[43] In der Tat sollte der Wankelkomplex bei den Übernahme-Verhandlungen eine überragende Rolle spielen und die längste Hauptversammlung in der deutschen Industriegeschichte hervorrufen.

Bei NSU fühlte man sich zudem in keiner Weise als Schaf, das auf die Schlachtbank geführt wird. Der Geschäftsführung war lediglich klar, daß auf Betreiben der Dresdner Bank der Anschluß an einen finanziell kompetenten Partner gesucht werden mußte. "Lotz hat gesehen, daß NSU lebendig und VW eher erstarrt war und versuchte das zusammenbringen. Damit provozierte er bei manchen alten Wolfsburgern heftigen Widerstand", urteilte Stieler von Heydekampf über die damalige Situation. "Wir waren bei NSU selbständiges Handeln gewöhnt und kamen da plötzlich in einen Beamtenstaat, in ein Netz von Intrigen und Verdächtigungen..."[44] In der Tat hatte die Geschäftsleitung des Mammut-Unternehmens VW erst 1967 in der Entwicklungsabteilung den ersten Diplom-Ingenieur eingestellt. Zu den Aufgaben dieses Ingenieurs gehörte es bezeichnenderweise, die Zylinderköpfe so nachzukonstruieren, daß sie weiterhin in den längst "ausgelutschten" Kokillen gegossen werden konnten. Man riskierte lieber konstruktive Abstriche, als nur die kleinste Änderung in der eingespielten Fertigungsmaschinerie vornehmen zu müssen. Die Suche nach neuen Lösungen konnte nur auf der Basis luftgekühlter Boxermotoren erfolgen. Gerüchten zufolge, irgendwo im Hause werde an anderen Sachen gewerkelt, wurde sofort begegnet. Mit den Worten "Geh' doch mal und sieh, was die da oben machen", wurde besagter Diplom-Ingenieur zu einer "verdächtigen" Gruppe geschickt. Als er tatsächlich von Arbeiten an wassergekühlten Reihenvierzylindern berichtete, "waren die 14 Tage später aufgelöst."[45]

Die grundlegende Strategieplanung zur Übernahme von NSU muß neben dem neuen VW-Vorstandschef Kurt Lotz dem VW-Aufsichtratsmitglied Hermann Richter, der auch gleichzeitig Aufsichtsratsvorsitzender von NSU und Vertrauter der Dresdner Bank war, zugeschrieben werden. Die entscheidenden Gespräche begannen im Herbst 1968 und sahen vor, die Innovationskraft des riesigen VW-Apparates durch Konkurrenz im eigenen Haus zu verbessern. Seit 1965 war der VW-Konzern zu hundert Prozent im Besitz der Auto Union, einem Zusammenschluß der sächsischen Firmen DKW, Horch, Audi und der Automobilabteilung der Wanderer-Werke. Die Firma war nach Kriegsende in Westdeutschland wiedergegründet und im bayerischen Ingolstadt neu angesiedelt worden und stand zunächst unter der Kontrolle des Flick-Imperiums. In den 60er Jahren verpaßte das Unternehmen mit der Kultivierung und späteren frenetischen Verteidigung der eigenen 2-Takt-Entwicklung den von der Branche gemeinschaftlich definierten generellen Übergang zum 4-Takt-Verfahren für Pkws und geriet mit den Automobilen der Marke "DKW" in große Absatzschwierigkeiten. In der Zeit von 1958-1964, in der die Auto Union unter Flicks Regie Daimler-Benz zugeschlagen worden war, mußte der Mercedes-Chefingenieur Nallinger in einem "Husarenritt" die Schnellentwicklung eines 4-Taktwassergekühlten Hubkolbenmotors, der allerdings "ein bißchen schlechter" als die Mercedes-eigenen Aggregate zu sein hatte, anordnen, um mit dieser Entwicklungshilfe ein Fahrzeugkonzept unter dem neuen Markennamen Audi für das Überleben zu schaffen.[46] Dennoch blieben die ökonomischen Probleme der Auto Union, die sich mit der allgemeinen Wirtschaftsflaute ab 1966 noch weiter verschärften. Die VW-Geschäftsleitung stand damit vor der Entscheidung, "ob das Unternehmen primär als Produktionsstätte für Volkswagen oder als Zelle einer neuen, neben dem Volkswagen auf dem Markt angebotenen Produktreihe dienen sollte."[47] Mit der Fusion der durch Finanzkrisen geschüttelten, aber technik-innovativen Werke Auto Union und NSU, sollte ein neues, starkes Tochterunternehmen mit eigenen Produkten entstehen und die gewünschte "Konkurrenz im eigenen Hause" darstellen.[48] "Die Unternehmenspolitik von VW gegenüber der Auto Union" - so Lotz später - sah so aus: "VW und Audi treten als getrennte Marken mit eigenen Produktreihen auf dem Markt auf. Äußerlich sollen sich die Fahrzeuge vor allem dadurch unterscheiden, daß VW Fließheck mit Heckklappe und daß Audi Stufenheck haben. Durch ein mehr sportliches Image und mehr Komfort soll sich Audi vom jeweiligen VW-Typ absetzen und im Preis etwas höher liegen. Beider Firmen Typenreihen sollen so viele gleiche Teile wie nur möglich haben, um Fabrikation und Ersatzteilhaltung so rationell wie denkbar zu halten können."[49]

Diese Wolfsburger Unternehmenspläne stießen aber in den neuen süddeutschen Standorten auf beträchtliche Vorbehalte, da bei beiden Traditionsmarken

an eigenen Überlebenskonzepten gebastelt wurde. Während die NSU-Leute unter dem Gespann Stieler von Heydekampf/Frankenberger mit dem wankelangetriebenen Ro80 und dem noch nicht ganz fertig entwickelten K70 über neue Produkte die NSU-Identität in einem neuen Konzern zu bewahren versuchten, erspähten die Ingolstädter Entwickler unter der Leitung der beiden Techniker Kraus und Leiding mit dem neu eingeführten Audi 100, der gegen den erklärten Widerstand der Konzernmutter quasi schwarz entwickelt worden war, ebenfalls neue Überlebensperspektiven.[50] Aber auch die viel gescholtenen und nun unter Lotz mit frischem Wind arbeitenden Wolfsburger Ingenieure hofften, mit neuen Variationen des VW 411 sowie durch einen gemeinsam mit Porsche entwickelten Prototyp, dem EA 266, ein Wagen mit Mittelmotor, speziell in den USA verlorenes Terrain wieder zurückzugewinnen.[51] Damit schuf die Fusion der beiden Traditionsmarken aus Neckarsulm und Ingolstadt, die "nicht ganz freiwillig" war, wie selbst Firmenchronisten zu bemerken wußten, ein Spannungsverhältnis, das den Konzern bis heute prägen sollte. Jeder dieser Standorte, Ingolstadt, Neckarsulm und Wolfsburg, sollte im späteren Verlauf der Unternehmensentwicklung seine eigenen Positionen im Konzerngefüge durch politische Allianzen zu sichern wissen.[52]

Auf Seiten der NSU AG ging man die zukünftige Zusammenarbeit zunächst recht selbstbewußt an. VW galt nach außen als "ideologische Festung"[53] und daher unfähig zu den notwendigen Produktreformen. "Die NSU-Leute fühlten sich als Retter von VW."[54] NSU konnte ja nicht nur den Wankelkomplex in eine Kooperation einbringen, mit dem K70 verfügten die Neckarsulmer zudem bereits über den Prototyp einer Familienlimousine, die mit dem wassergekühlten Vierzylinder-Vorderradantrieb haargenau in ein zukünftiges Käfer-Nachfolge-Programm passen konnte. Mit diesen scheinbaren Trümpfen in der Hand hoffte man in Neckarsulm sogar auf eine Verbesserung der Entwicklungsmöglichkeiten. Intern zirkulierte in Neckarsulm für VW sogar die Bezeichnung "fette Tante" - als klar war, daß NSU mit der VW-Tochter Auto Union fusioniert werden würde -, was nochmals die selbstbewußte Stimmung unterstrich. Dies blieb allerdings nicht ganz ohne Folgen, da in der Wolfsburger Entwicklungsabteilung einige Ingenieure ihren neuen Kollegen in Neckarsulm wünschten, "einmal richtig einen über den Hut zu kriegen."[55]

Bevor aber die neue Konzerntochter entstehen konnte, mußten erst die unterschiedlichen Interessen der Beteiligten in Einklang gebracht werden. Insbesondere die Neckarsulmer Aktionärskreise hegten in Sachen Wankelentwicklung den Verdacht, die VW-Leitung würde hier mit unlauteren Absichten vorgehen. Der Kampf um die richtige Bewertung des NSU/Wankelmotors mobilisierte, nicht zuletzt durch die Gerüchte um einen Einstieg von GM, auf der Aktionärsseite der NSU AG drei Widerstandsgruppen gegen die Übernahme durch

die VW AG. Denn es war nicht verborgen geblieben, daß die Wolfsburger Ingenieure von dieser Antriebstechnik eigentlich überhaupt nichts hielten. Neben der schon erwähnten IBB, den Vertretern der Wankel GmbH, formierten sich die Kleinaktionärsinteressen, um bei den anstehenden Fusionsverhandlungen nicht über den Tisch gezogen zu werden. Wie es sich aber bereits beim Verkauf der Anteile der Wankel GmbH gezeigt hatte, ging es auch diesen Widerstandsgruppen nicht um eine Verbreiterung der industriellen Trägerschaft mit langfristigen Folgen, sondern nur um Teilhabe an einem kurzfristig zu erwartenden Profit aus den möglichen Lizenzeinnahmen. Die VW-Geschäftsleitung sah sich daraufhin zu scheinbar weitgehenden Zugeständnissen genötigt, um die für die eigene Gesundung dringend benötigte Fusion der NSU AG mit der Auto Union GmbH nicht zu gefährden. Im April 1969 ließ der VW-Vorstand eine Vier-Punkte-Erklärung verbreiten, in der sich VW dazu verpflichtete, "die in den NSU/Wankelpatenten noch liegenden technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten der weiteren Entwicklung und Anwendung für das gemeinsame Unternehmen voll zu entfalten" sowie "in Zukunft keine Änderung in den bisherigen Grundsätzen der Lizenzpolitik" vorzunehmen. Darüber hinaus würden auch für mögliche konzerninterne Lieferungen von Wankelmotoren von NSU an VW oder bei einer eigenen Produktion von VW-Wankelmotoren Lizenzgebühren bezahlt werden. VW erklärte sich zudem bereit, einen Vertreter der Minderheitengruppen in den Aufsichtsrat zu wählen und verpflichtete sich schließlich zur Wahrung der unternehmerischen Selbständigkeit der neuen Konzerntochter.[56]

Der Wolfsburger Konzern übernahm 1969 zunächst das Aktienpaket der Dresdner Bank und erreichte einen Anteil von 59,6% der 1969 ins Handelsregister eingetragenen Audi NSU Auto Union AG, Neckarsulm. Voraussetzung hierfür war die Einigung der verschiedenen Interessengruppen auf eine sogenannte Genuß-Schein-Regelung. Grundgedanke war, die Einnahmen aus dem Wankel-Lizenzgeschäft gesondert auszuweisen und einen bestimmten Anteil den alten NSU-Aktienbesitzern über ein stimmrechtsloses, aber börsennotiertes Wertpapier auszuschütten. Konkret handelten die Beteiligten die Ausgabe von 1.740.000 solcher Genuß-Scheine zum Nennwert von 50 DM aus. Danach verteilten sich die Einnahmen aus den NSU/Wankellizenzen wie folgt: "Die Erträge der gemeinsamen Tätigkeit, also insbesondere der Lizenzgebühren, sind - ebenso wie der erforderliche Aufwand - im Verhältnis 60% (Audi NSU) zu 40% (Wankel GmbH) aufzuteilen. Von diesen auf uns entfallenden 60%" - so die Geschäftsleitung der Audi NSU in den Mitteilungen Nr. 1 an die Genuß-Schein-Inhaber, "erhalten die Genuß-Schein-Inhaber... in den Jahren 1969-1978 70%, während die restlichen 30% unserer Gesellschaft verbleiben."[57] Im Gegenzug verzichtete die NSU-Geschäftsleitung auf die geplante Vorstellung des fast fertigen konventionellen Modells K70. Die Präsentation des neuen Mittelklasse-

wagens als ein neues VW-Produkt sollte der Konzernmutter VW vorbehalten sein.[58]

Gehörte schon die alte 60/40%-Regelung der NSU mit der Wankel GmbH zu den schlimmsten Fehlern der NSU-Geschäftsführung bei dem Versuch der industriellen Durchsetzung des Motorenprojektes, schien die nun ausgehandelte Regelung vollkommen unverständlich. "Eine Genuß-Schein-Ausschüttung, die dem Mehrheitsaktionär keinerlei Nutzen läßt" - so selbst der Geschäftsführer der Wankel GmbH Liebernickel als ein Vertreter der Widerstandsgruppen während der Verhandlungen 1969 -, "wäre nichts als ein Bumerang, da der Mehrheitsaktionär dann verständlicherweise keinerlei Interessen haben würde, die Lizenzpolitik aktiv zu gestalten und sie mit Sicherheit austrocknen ließ."[59] Im Ergebnis mußte diese nun auch nach außen sichtbare Isolierung des Wankelkomplexes im Konzern auf eine Schwächung der industriellen Trägerschaft des Projektes hinauslaufen. "Mit der Vier-Punkte-Erklärung und der 'Genuß-Schein-Regelung' machte die VW AG Zugeständnisse an die damaligen NSU-Aktionäre, ohne die eine Fusion ... nie zustande gekommen wäre. Die Folge war zudem eine Verpflichtung, alle im Wankelmotor steckenden, wirtschaftlich-technischen Möglichkeiten auszuschöpfen, zum anderen waren geringe Einnahmen für die Unternehmung uninteressant. Dennoch war die Gefahr, daß VW bei einem möglichen allgemeinen Durchbruch des Wankelprinzips abseits stehen könnte, durch die Fusion gebannt."[60] Aus Sicht der VW-Konzernleitung also ein voller Erfolg. Offenkundig hofften NSU-Geschäftsleitung sowie Vertreter der Oppositionsgruppen im "Wankelfieber" auf einen unmittelbar bevorstehenden Durchbruch, während bei VW lediglich ein Absicherungs- und Vorsorgeinteresse, aber keine substantielle Entwicklungsabsicht bestand und man sich daher auch der Not gehorchend auf die Genuß-Schein-Regelung einlassen konnte. Auf der Hauptversammlung der NSU AG 1970 (11 Stunden) und der von 1971, mit 26 Stunden längsten Hauptversammlung in der Nachkriegsgeschichte der Bundesrepublik, ging auch der restliche Verkauf der NSU-Anteile über die Bühne. VW bot den Widerstandsgruppen 226 DM für die 50 DM-Aktie und verfügte danach über 98,8 % des Aktienkapitals der Audi NSU AG. Mit dem 1971 abgeschlossenen Unternehmensvertrag offenbarte sich eine groteske Situation: VW konnte der neuen Tochter zwar Weisungen erteilen, "die für die Gesellschaft nachteilig sind, wenn sie den Belangen des herrschenden Unternehmens oder der mit ihr und der Gesellschaft konzernverbundenen Unternehmen dienen", mußte sich aber in der erneuten Bestätigung der Vier-Punkte-Erklärung aus dem Jahr 1969 zur Förderung der Wankelaktivitäten verpflichten.[61]

In den ersten Monaten nach der Fusion schienen die Wünsche der wankelgläubigen Ex-Aktionäre sowie der alten NSU-Leute auch in Erfüllung zu gehen. VW-Vorstandschef Lotz hatte sich bei einem Besuch der Fertigungsstätten von

Mazda in Hiroshima von der großen Bedeutung der Kreiskolben-Entwicklung insbesondere für den lange Zeit von VW beherrschten kalifornischen Markt beeindrucken lassen. Bei seiner Rückkehr erklärte er mit den Worten "jetzt gibt VW den Ton an" den Neckarsulmer Standort zum Welt-Wankel-Zentrum und stockte die Zahl der Mitarbeiter von 157 auf 425 auf.[62] Im selben Jahr (1970) genehmigte der Vorstand der neu formierten Tochter auch den Entwicklungsauftrag für eine neue Generation von 2-Scheiben-Kreiskolbenmotoren, dem sogenannten KKM 871, der später einmal den im Ro80 verwendeten KKM 671 ablösen sollte. In diese neue Entwicklung konnten die bereits gesammelten Erfahrungen einfließen, der Motor war auf 150-180 PS projektiert, vergleichbar einem konventionellen 3-Liter-Hubkolbenaggregat und sollte über einen doppelten Seiteneinlaß sowie Doppelzündung verfügen. Gemischbildung, Abdichtung und Drehmomentcharakteristik konnten so auf der Basis der Erfahrungen der weltweit agierenden Lizenznehmer erheblich verbessert werden.[63] Auch sonst ging es nach der Fusion scheinbar aufwärts. Die Gerüchte um den Einstieg von GM bestätigten sich. Nachdem der amerikanische Kongreß mit der Verabschiedung der strengen Abgasgrenzwerte im Rahmen des Clean Air Acts offensichtlich ernst machte, kaufte sich GM in die Wankeltechnologie ein. Im November 1970 brachten Hutzenlaub, im Auftrag der Wankel GmbH, und Henn, Mitglied des neuen Audi NSU-Vorstandes, den Vertrag mit GM, dem größten Automobilhersteller der Welt, mit einer Einstiegssumme von 50 Mio. Dollar unter Dach und Fach. Das war nun auch für die anderen Automobilhersteller das Signal, sich zumindest eine Option auf den Wankelantrieb offenzuhalten. Bis auf wenige Ausnahmen schafften sich alle führenden Automobilhersteller direkt oder indirekt Zugang zu dem lizenzierten Wankelwissen. Selbst die BMW AG, die in Deutschland am deutlichsten auf Anti-Wankel-Kurs gegangen war, sah sich unter diesen Umständen immerhin gezwungen, eine Arbeitsgruppe für Sondierungsarbeiten einzusetzen. Mit welchen harten Bandagen gerade die Münchner schon in den 60er Jahren gegen das Wankelprojekt gekämpft hatten, beschrieb Felix Wankel einmal selbst. Danach habe Großaktionär Harald Quandt "vor Jahren nachts um halb drei Uhr den Partner der Wankel GmbH, Herrn Hutzenlaub, angerufen und kurzerhand folgendes erklärt: Entweder bekommt die BMW die Kreiskolbenpatente umsonst, oder er würde die Patentanwälte von BMW München und BMW Mannheim beauftragen, die Patente zu vernichten." Hutzenlaub lehnte diese "Nachtkino-Nötigung" nach Rücksprache mit Wankel am nächsten Morgen ab. Der angedrohte Patentkrieg lief dann tatsächlich an und dauerte lange, blieb aber letztlich ohne Erfolg.[64]

Eine aus heutiger Sicht nicht uninteressante Episode der Wankelgeschichte spielte sich auch am deutschen Automobilstandort Chemnitz ab. Das damalige VVB Karl-Marx-Stadt hatte schon 1965 eine Lizenz erworben und offenkundig

in Zwickau und Zschopau einen recht beachtlichen Entwicklungsstand erreicht. Mit einfachen Mitteln erreichte das von den NSU-Konstrukteuren "Neckermann-Motor" getaufte Aggregat einen Kraftstoffverbrauch von 196 g/PS/h und unterbot erstmals in der Wankelgeschichte die 200er Marke.[65] Ursprünglich sollte dieses Aggregat dem sächsischen Automobilbau - im Unterschied zum Eisenacher Standort - den Sprung vom 2-Takt-Motor unmittelbar in eine Zukunftstechnologie ermöglichen, ohne erst noch die aufwendige Entwicklung eines 4-Takt-Motors betreiben zu müssen. Allerdings änderten sich schon wenige Jahre nach dem Lizenzkauf die politischen Rahmenbedingungen. Spätestens auf dem "13. Plenum der SED" 1966 wurde deutlich, daß der Staat den gesamten Verkehrs-Infrastrukturbereich nicht mehr auszubauen gedachte. Die in Devisen zu zahlenden Stücklizenzabgaben an die NSU konnten unter diesen Bedingungen nicht mehr durchgesetzt werden und der VVB Karl-Marx-Stadt mußte das Projekt Ende 1969 abbrechen.[66]

Die spektakulären Erfolge in der Wankelbewegung 1970 verdeckten die weiter fortschreitende Erosion des Projektes. Die Vorbehalte innerhalb der Branche gegenüber dieser neuen Technik blieben bestehen und sollten unter den veränderten Eigentumsverhältnissen der NSU auch neue Obstruktionsmöglichkeiten schaffen. Während für Konzernchef Lotz der Zugriff auf das Wankelprojekt zwar einen Teil unternehmerischer Vorsorgepolitik darstellte, zeigten die Entwicklungsabteilungen in Wolfsburg und Ingolstadt in ihrer generellen Ablehnung gegenüber der "Bastlerbude" in Neckarsulm seltene Einmütigkeit.[67] In konzerninternen Planungen wurde langsam damit begonnen, "Neckarsulm umzupflügen."[68] In der offiziellen Firmenchronik heißt es dazu: "Die Verschmelzung der beiden Unternehmen brachte freilich zunächst nicht unerhebliche Schwierigkeiten mit sich. Die Organisation mußte vereinheitlicht, der Vertrieb neu organisiert und die Produktionspalette bereinigt werden."[69] Die Fahrzeugentwicklung zog bereits 1971 nach Ingolstadt um, führende Entwickler gingen als Entwicklungshelfer nach Wolfsburg, denn in der Konzernzentrale galt "das kleine Entwicklungszentrum mit seinen 500 einfallsreichen Eierköpfen als das beste im ganzen Konzern, leistungsfähiger als die 1500 Entwicklungsingenieure im Audi-Stammwerk Ingolstadt oder gar als die 5000köpfige Denkfabrik in Wolfsburg."[70]

Aber nicht nur die eigentumsrechtlichen Grundlagen veränderten sich. In Neckarsulm löste sich das alte Team, die verschworene Gemeinschaft der Rotationskolbeningenieure, langsam auf. Vorstandschef Stieler von Heydekampf, der bereits abgelöste Technikvorstand Frankenberger sowie Froede, die sich als Promotoren und Fahnenträger mit Haut und Haaren dem Wankelprojekt verschrieben hatten, standen kurz vor dem Ende ihrer Berufskarrieren. Der Projektleiter des KKM 671, Jungbluth, nahm 1970 einen Ruf als Professor an die TU

Karlsruhe an, um "keine Herren mehr über sich zu haben", während der als Verbindungsmann zu den Lizenznehmern in einer Schlüsselstellung tätige Ingenieur von Manteuffel das Unternehmen 1972 in Richtung Daimler-Benz verließ.[71] Die neuen Herrn im Unternehmen Audi NSU bewerteten das Projekt sehr viel reservierter. Der neue Entwicklungsvorstand Kraus, der in der Branche zwar als einer der besten Automobilkonstrukteure galt, bis 1961 unter Uhlenhaut in der Rennabteilung von Daimler-Benz, um dann die Entwicklung der maladen Konzerntochter Auto Union anzukurbeln, behauptete von sich später, daß er "nie zu denen gehört (habe), die der Wankeleuphorie erlegen seien."[72] Auch die Wolfsburger Entwickler kümmerten sich wenig um die Strategien ihres wankelfreudigen Chefs Lotz. Hier waren vielmehr eigene Arbeiten mit Kreiskolbenmotoren begonnen worden, die auch die bisher von Neckarsulm getroffenen Schließungsentscheidungen nicht anerkannten, nur um zu zeigen, daß - wenn man sich beteiligen werde -, dies sicherlich nicht auf der Basis der Neckarsulmer Konstruktionen geschehen werde.[73] Von den Kreiskolben-Entwicklungsarbeiten insgesamt, daraus machte man in Wolfsburg keinen Hehl, "hielt man gar nichts."[74]

Während nach außen hin die Wankelentwicklung also durch die Fusion Auftrieb erhielt, zeigten sich ebenfalls sehr bald erhebliche Einschränkungen in den vertraglichen Zugeständnissen. "Schon vor dem Eintritt von Herrn Dr. Hartmann (dem Nachfolger von v. Manteuffel, d.V.) als Verbindungsingenieur bestanden bei Audi NSU Richtlinien, die eine Erfüllung der von diesem Posten erwarteten Aufgaben sehr erschwerten - um nicht zu sagen unmöglich machten". Die Reisen, die unter anderem zur Akquirierung neuer Lizenznehmer und damit zur Verbreiterung der industriellen Basis dringend notwendig waren, mußten drastisch eingeschränkt werden. Bei der Ergebnisweitergabe, einem wesentlichen Bestandteil der NSU-Lizenztypenverträge, wurde nun äußerste Zurückhaltung verlangt. Den Lizenznehmern wurde sogar der Zutritt zu den Konstruktionsbüros in Neckarsulm verweigert. Besucher der Entwicklungspartner durften nur noch außerhalb des Betriebes empfangen werden und mußten zukünftig von der "Abteilung Information unter gelegentlicher Hinzuziehung von Sachbearbeitern" abgewickelt werden.[75] Ein klarer Bruch der Vier-Punkte-Erklärung!

Es nimmt daher nicht Wunder, daß die Wankelentwicklungen in Neckarsulm auch von den Lizenznehmern neu bewertet wurde. Bislang hatte der Wissens- und Erfahrungsaustausch mit den Lizenznehmern von NSU in der Funktion der "Sternschaltung" ganz gut funktioniert. Die großen "Round-Table-Konferenzen" der Jahre 1965, 1966 und 1968 starteten in einer familiären Atmosphäre, waren mit dem Eintritt neuer Lizenznehmer zwar immer unübersichtlicher geworden, blieben aber doch durch eine konstruktive Atmosphäre

geprägt.[76] Nach der Fusion "wurde das Klima anders", da ja jetzt nicht mehr "die kleine NSU" als Lizenzgeber auftrat, sondern ein großer internationaler Konzern. Im Austausch der Entwicklungsergebnisse gab es daher nun "gewisse Probleme".[77]

Zu Beginn der 70er Jahre wuchs langsam eine "2. Mannschaft" mit den führenden Ingenieuren Richard van Basshuysen, Gottlieb Wilmers, Johannes Steinwart, Dieter Stock und Wulf Leitermann heran. Ihnen mußte sehr schnell nach der Fusion klar geworden sein, daß auf der obersten Vorstandsetage das Wankelprojekt als Nachweis unternehmerischer Zukunftsvorsorge gepflegt werden würde, aber in den beiden Entwicklungsstandorten Ingolstadt und Wolfsburg auf keine positive Resonanz zu hoffen war. Dieser Verlust der gewohnten innerbetrieblichen Schutzräume schien sich auch, trotz der beachtlichen Aufstockung des Personals, auf die technische Leistungsfähigkeit ausgewirkt zu haben. "Es steht nämlich außer Zweifel" - so Vorstandsmitglied Henn -, "daß in den Jahren 1970-1973 wesentliches Terrain unserer technischen Position als Lizenzgeber verloren gegangen ist." Mit einem nur symbolischen Interesse fehlte die für eine konsequente Fortsetzung der Schließung- und Konsolidierungsprozesse notwendige strategische Planung. "So kam es wieder zu einer Verzettelung der für Forschung und Entwicklungen tätigen Abteilungen, die räumlich weit auseinander liegen, und Neckarsulm blieb - wie es früher genannt wurde - als von einer Übernahme durch Daimler-Benz die Rede war - das 'Flick-Werk-Nord'."[78]

In diesem ungeschützten Zustand des Projektes mußte selbstredend bei jeder Veränderung des Konzerngefüges um die Existenz der Wankelgruppe gebangt werden. Die technischen Vorleistungen oder die Lizenznahme von General Motors boten allein keine ausreichende Existenzbedingung. Die Situation verschärfte sich tatsächlich schon sehr schnell, als im Laufe des Jahres 1971 bekannt wurde, daß der Gewinn der Volkswagen AG von 330 Millionen DM auf 190 Millionen DM absinken würde. Die Presse kritisierte die unübersichtliche Modellpolitik, mit der Lotz die Ablösung der Käfer-Monokultur versuchte und warf ihm als "Nicht-Techniker" "mangelnden Weitblick vor". Intern hatte der unbefangene Lotz aber offensichtlich zu viele "Heilige Kühe" der VW-Kultur geschlachtet. Allerdings war dem Ex-Major auch sein militärisch absolutistischer Führungsstil (VW-Jargon: der Tschako) angekreidet worden. Darüber hinaus fehlte es dem CDU-Wirtschaftsratsmitglied Lotz seit der Übernahme der Regierungsgeschäfte durch die neu formierte sozial-liberale Bundesregierung an der politischen Unterstützung.[79] Jedenfalls begann im Herbst 1971 in Wolfsburg ein großes personalpolitisches Revirement. Neben Lotz verließ wenig später auch noch der von ihm erst 1968 engagierte Entwicklungschef Werner Holste ("der nie in seinem Leben ein Auto gebaut hatte") sowie der ebenfalls

scharf kritisierte Verkaufsvorstand Carl Hahn, der bekanntermaßen später nach Wolfsburg zurückkehren sollte, den Konzern. Zum neuen Vorstandschef wurde Rudolf Leiding bestellt, der erst kurz zuvor den aus Altersgründen ausscheidenden Stieler von Heydekampf an der Spitze der neu fusionierten Audi NSU AG abgelöst hatte. Rudolf Leiding galt international als "tough guy", der sich bei den verschiedenen weltweiten Einsätzen als Krisenmanager im VW-Konzern bewährt hatte. "Das einzige, was der unterschreibt, sind Kündigungen", hieß es aus Ingolstadt, wo Leiding in seiner kurzen Zeit als Audi-Chef ständig eine "Die-Russen-sind-durchgebrochen"-Stimmung erzeugt haben soll und der auch schon mal die Gewerkschaften als den eigentlichen Untergang des Abendlandes bezeichnete.[80] Leiding setzte allerdings als neuer VW-Chef die von Lotz vorskizzierte Entwicklungsstrategie insofern fort, als er Audi NSU eine eigenständige Modellpolitik beließ, aber aus Kostengründen den Freiraum der neuen Konzerntochter einschränkte und die Verpflichtung zur Verwendung von Gleichteilen bei den Modellreihen forcierte. Unter Leiding beschloß der VW-Vorstand die Einführung der Modellreihe Polo/Passat/Scirocco sowie Audi 50/ Audi 80/Audi 100, in die erstmalig die unter Kraus in Ingolstadt als "EA 827" bezeichneten wassergekühlten Vierzylinder-Reihenmotoren eingebaut wurden. Da aber die Ingolstädter schon damit begonnen hatten, den neuen Motor im Audi 50 vorne längs einzubauen, durften auch die übrigen Audi-Modelle mit längs eingebauten Motoren bestückt werden. In Wolfsburg wurden dieselben Motoren unter dem Markennamen VW dagegen vorne quer eingebaut. Dieser erste Vorstoß gegen die Strategie der Kostensenkung durch ungleiche Einbaumuster sollte selbst Mitte der 70er Jahre, als der Konzern ums nackte Überleben kämpfte, nicht umgestoßen werden. Mit der Wahl der Hubkolbenmotoren von Audi war auch der Entschluß verbunden, Ingolstadt zukünftig zum Aggregate-Zentrum des Konzerns auszubauen, eine Entscheidung, die weder von Neckarsulm noch von Wolfsburg je akzeptiert wurde und sich später im Gesamtkonzern ebenfalls nie durchsetzen konnte.[81]

Mit der Einführung der neuen Audi- und VW-Modellreihen hatte sich Leiding auch gegen den noch von Lotz und seinem Verkaufschef Carl Hahn stark favorisierten neuen Mittelmotorwagen, werksintern EA 266 genannt, entschieden. Dem sofortigen Entwicklungsstop folgte die Verschrottung der bisher bereits gebauten Prototypen. Am Wankelprojekt hingegen zeigte sich Leiding "persönlich interessiert."[82] Des öfteren ließ er in Neckarsulm den Stand der Dinge eruieren, ohne damit freilich Produktfragen zu verknüpfen. Diese von Leiding vorgenommene Gewichtung von Entwicklungsschwerpunkten pro Wankel und contra EA 266 sollte allerdings noch sehr weitreichende Folgen haben. Das demonstrative Ende des neuen Mittelmotorwagens traf nämlich einen Mann ganz besonders: Ferdinand Piëch, Enkel von Ferdinand Porsche. Dieser

hatte als junger Entwickler im Auftrag von VW den EA 266 federführend betreut. Das von Leiding demonstrativ in Szene gesetzte Ende seines Autos nahm Piëch als persönliche Niederlage, die sein Verhältnis zu Leiding und den von ihm protegierten Projekten auch dann noch nachhaltig bestimmen sollte, als Piëch 1975 zum Entwicklungsvorstand der Audi NSU bestellt wurde.[83]

Die Abgasgesetzgebung

Die Karriere des Wankelprojektes blieb zunächst stark von der Abgasgesetzgebung in den USA beeinflußt. Je nach dem, wie stark die politische Administration auf die Verschärfung der Abgasgesetzgebung drängte, mußten sich die Autobauer zur Sicherung ihrer technischen Definitionsmacht neben anderen alternativen Antrieben auch auf den Wankel einlassen, um jederzeit Herr über die Bewertungssituation auch dieser Antriebstechnik zu sein. Ende der 60er Jahre, als der Zusammenhang zwischen Smog-Entwicklung und Schadstoffen der Verbrennungsmotoren auch von der Autoindustrie nicht mehr wegdiskutiert werden konnte, begannen hektische Aktivitäten in der Antriebsfrage. Chrysler belebte ein schon beendetes Forschungsprogramm über Gas-Turbinen, da diese Antriebstechnik unter dem Gesichtspunkt der Emissionen wieder interessant schien; Ford initiierte 1967 zusammen mit Mobil Oil die "Inter-Industry Emission Control" (IIEC-1), an der zunächst Fiat, Mitsubishi, Nissan und Mazda sowie einige andere Firmen der Mineralölindustrie beteiligt waren[84]; General Motors erinnerte sich an die eigenen Forschungen zu Abgasreinigungstechniken, die sogar bis in die 30er Jahre zurückreichen und sich auf verschiedene katalytische Verfahren konzentrierten, und ließen gleich eine ganze Reihe von Antriebsoptionen im Rahmen von Forschungsarbeiten testen. Als Studienobjekte wurden 1969 der Öffentlichkeit diverse Experimentierfahrzeuge mit Dampfmotoren, Stirling-Maschinen, E-Antrieben sowie Hybrid-Fahrzeugen (eine Kombination von E-Motor und klassischer Verbrennungsmaschine) präsentiert, darunter auch schon Limited Emission Vehicles, Fahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren, die mit Katalysatoren ausgerüstet waren.[85] Trotz dieser scheinbar intensiven Suche nach neuen Antriebs- und Fahrzeugkonzepten im Rahmen der Forschungsabteilungen tat sich in der Serien-Entwicklung wenig Dramatisches. Die in Detroit lokalisierten Großen Drei, die nach außen als harte Wettbewerber erscheinen, fungieren insbesondere in so sensiblen und grundlegenden technischen Fragen als "one big company with three divisions, in which everyone played it safe and no division tried something new unlesss it was reasonably sure that the other two were going to try it as well". "The auto industry was static. Its member corporations changed hemlines every year to give the

illusion of change, but in truth they were more concerned with preserving their positions than with improving their products."[86]

In diese Hängepartie hinein hatte der Kongreß in Washington auf der Basis eigener Expertisen - dem sogenannten Barth-Report - entschieden, den Clean Air Act in seiner Bedeutung für die Auto-Emissionen drastisch zu verschärfen.[87] "The automobile standards and dates for achieving them embodied in the 1970 Clean Air Act were a dramatic statement that Congress wanted something done to improve air quality. While a dramatic gesture may have been called for by public sentiment and by the slow progress in Detroit, the program was ill conceived."[88] "The Clean Air Act of 1970, together with its important 1977 amendments constitutes one of the longest, most complex, and most technically detailed regulatory programs ever enacted in Washington."[89] Für die Autoindustrie bedeutete das Regelwerk hingegen - so die Worte von GM-Chairman Gerstenberg - "a classic case of regulatory overkill."[90] Senator Robert Griffin schimpfte in seiner Eigenschaft als führender Industrielobbyist, daß der Kongreß "was holding a gun at the head of the American automobile industry in a very dangerous game of economic roulette."[91] Die lange abwartende und zögerliche Haltung der amerikanischen Autoindustrie in dieser Frage hatte in der Tat die Bundesregierung zu einem dramatischen Einschnitt bei der Festlegung von Grenzwerten gezwungen. Seit 1966 galten für HC 6,30 g/m und für CO 51 g/m als Grenzwerte.[92] Nun verkündete die Bundesregierung, daß für das Modelljahr 1975 bzw. 1976 folgende Limits einzuhalten seien: für HC 0,41 g/m, für CO 3,4 g/m und für NOx wurde mit 0,4 g/m überhaupt erstmals ein Grenzwert gesetzt.[93] Wie radikal dieser Schnitt ausgefallen war und welches Desaster sich in der Durchsetzung dieser Werte ergeben sollte, zeigt sich allein in der Tatsache, daß selbst im Jahre 1990 die für die 1975er Modelle angekündigten Grenzwerte in allen drei Schadstoffklassen noch immer nicht durchgesetzt waren.

Die angekündigten Limits brachten die Autoindustrie insbesondere hinsichtlich des NOx in große Verlegenheit. Schon Ende der 60er Jahre hatte sich abgezeichnet, daß durch innermotorische Optimierungen sowie durch eine katalytische Abgasnachbehandlung die Werte für HC und CO in naher Zukunft tatsächlich erheblich gesenkt werden konnten, daß aber zur Reduzierung von NOx noch keine Lösung in Sicht war. Die mit dem Sammelbegriff NOx bezeichneten Schadstoffe waren für die Katalysatoren-Techniker "the difficult automotive emission to control", wie sich der Chef der Abgasforschung von GM, Agnew, ausdrückte.[94]

Unter der Führung des Branchengiganten GM suchte die Autoindustrie in den USA, in Europa sowie in Japan nach Lösungen, damit das bisher in der Branche geltende und bei den Kunden weltweit akzeptierte Verständnis von Automobil auch zukünftig weiter erhalten bleiben konnte. Nach der in den 40er

Jahren gelungenen Verständigung zur Fortsetzung der Hubkolben-Verbrennungslinie waren zwischenzeitlich erhebliche Summen zur Kultivierung dieser Antriebstechnik in Produktion, Zulieferindustrie, Wissenschaft, Forschung und Ausbildung investiert worden, was auch bei den nun veränderten Rahmenbedingungen nicht einfach aufgegeben werden konnte. Mit dem Hubkolbenmotor hatte die Branche weltweit einen Grad an Konsens erreicht, der vielfältige, ökonomische und konstruktive Vorteile einbrachte. Bei der Bewertung neuer Antriebsoptionen gingen die Meinungen und Einschätzungen noch weit auseinander, Schließungsentscheidungen waren zunächst nicht zu erwarten, wie auch das zwiespältige Echo auf das Erscheinen des Wankelantriebes von Mazda und NSU gezeigt hatte. Allerdings mußte sich zusätzlich mit solchen Alternativen auseinandergesetzt werden, um der Öffentlichkeit eine kompetente Bewertung dieser Antriebskonzepte auch plausibel machen zu können. Das Erfolgsrezept im Weltautomobilbau, durch einen hohen Grad an Verständigung in Basisfragen über eine so große Definitionsmacht zu verfügen, die ordnungspolitischen Randbedingungen auf die bisher gepflegten Technikangebote abzustimmen, geriet unter den neuen Umständen in Gefahr. Die in den USA bereits verkauften Automobile von Mazda, die mit Kreiskolbenmotor plus nachgeschaltetem thermischen Reaktor ausgerüstet werden konnten, dokumentierten, daß mit einer Abkehr von der Hubkolbenlinie tatsächlich eine Absenkung aller drei Schadstoffklassen zu erreichen war. "Mazda announced it could meet the 1975 pollution level in time, even thought the U.S. motor industry was clamoring for at least a year delay in implementing the regulation". Damit boten sich zu Beginn der 70er Jahre für das Unternehmen sehr günstige Marktbedingungen. Autokäufer konnten "feel they were being environmentally responsible as well as fashionable in buying a Mazda."[95] Da Mazda auch weiterhin keinen Hehl aus der seiner Ansicht nach unproblematischen Abgasgesetzgebung machte, entstand für die übrigen Hersteller eine prekäre Situation.

General Motors

Das ausgerechnet der Branchenführer GM vorpreschte, lag auch hier wieder an einer besonderen Personen-Konstellation. Schlüsselfigur im Deal mit NSU war GM-Präsident Ed Cole. "It is safe to say that without him, GM would never have taken out a Wankel-license."[96] Ed Cole, er starb 1977 bei einem Flugzeugabsturz, war von seinem Sohn David, dem Abgasforscher aus Ann Arbor, über die interessanten Möglichkeiten der Kreiskolbentechnik instruiert worden. Offen bleiben muß aber, ob sich Ed Cole mit dem Wankelmotor beschäftigte, um kurz vor seinem altersbedingten Ausscheiden im September 1974 mit der

Durchsetzung einer grundlegenden technischen Innovation nochmals einen persönlichen Triumph als Ingenieur zu feiern, oder ob es ihm, der maßgeblich die Entwicklung der Katalysatorentechnik im Konzern gefördert hatte, um einen taktischen Winkelzug zur Rettung der konventionellen Automobiltechnik ging. Auf jeden Fall wurde die Branche und ihr publizistisches Umfeld nach der GM-Lizenznahme doch in Unruhe versetzt. Dies hatte sich ja auch schon bei den Fusionsverhandlungen der VW AG mit der NSU deutlich gezeigt. Denn sollte GM die Vorgaben von Mazda bestätigen und selbst in die Entwicklung von Kreiskolben investieren, so bedeutete dies nichts anderes, als daß auch die übrigen Hersteller dem Giganten zu folgen hatten und die Welt alsbald mit Kreiskolben-Motoren fahren würde. Es bedeutete aber umgekehrt, wenn GM das Kreiskolben-Konzept zu einer nicht-brauchbaren Alternative abstempelte, daß mit diesem Signal des Branchenführers das Ende des Kreiskolbenmotors besiegelt sein würde, noch bevor es richtig losgegangen wäre.

Hintergrund für Coles Lizenzpolitik jedenfalls war, darin waren sich alle Beobachter einig - "more political than anything else."[97] Im autohungrigen Nachkriegs-Amerika war General Motors mit seinen Marken Chevrolet, Cadillac, Oldsmobile, Buick und Pontiac zum mächtigsten Industriekonzern der Welt gewachsen. Der Marktanteil von General Motors in den USA blieb in den 60er Jahren immer nur sehr knapp unter der 50%-Marke. GM verkaufte 1965 allein in den USA 4,7 Millionen Automobile, Ford brachte es auf 2,4 Millionen und Chrysler auf 1,4 Millionen Einheiten.[98] Charles W. Wilson, GM-Präsident in den 50er Jahren, brachte mit seiner schon zitierten Formel "What's good for General Motors is good for the country" die Sonderstellung des Konzerns sprichwörtlich zum Ausdruck, als er 1953 zum Verteidigungsminister berufen wurde.[99] Selbstverständnis und Weltbild waren in der Nachkriegsära auch lange eindeutig und klar gewesen: "There was one Cadillac, one Chevy, one Pontiac, one Buick. Ford always copied us. We never paid attention to Chrysler. There were no Japanese. The Europeans weren't over here."[100] Ende der 60er Jahre wurde aber deutlich, daß die "goldene Ära" in der Automobilbranche vorbei sein würde, staatliche Auflagen in den Bereichen Sicherheit, Abgase und Verbrauch dokumentierten unmißverständlich die bisherigen technischen Fehlentwicklungen, und im GM-Hauptquartier brach eine "totale Konfusion" aus.[101] Die langen Jahre der ungefährdeten Prosperität hatten ein undurchsichtiges bürokratisches Netz einer auf unbedingte Konformität getrimmten Ja-Sager-Kultur entstehen lassen, die Probleme lediglich verwalten konnte. Ross Perot, 1992 gescheiterter Präsidentschaftskandidat der USA, den als erfolgreichem Geschäftsmann und zwischenzeitlichem Mitglied des Verwaltungsrats seit vielen Jahren eine Art Haßliebe zu GM verbindet, brachte diese strukturelle Entscheidungsunfähigkeit in der ihm eigenen Art zum Ausdruck: "I come from an

environment that if you see a snake you kill it. At GM, if you see a snake, the first thing you do is hire a consultant on snakes. Then you get a committee on snakes, and you discuss it for a couple of years. The most likely course of action is nothing. You figure, the snake hasn't bitten anybody yet, so you just let him crawl around on the factory floor."[102] Ed Cole gehörte zu den wenigen, die sich in diesem "management by committee"[103] persönliches Profil bewahren konnten, Entscheidungen aber oft genug auch eigensinnig und starrköpfig durchzogen. Coles Name stand genauso für das Desaster des Corvair wie für die Etablierung des AirBag. Unter Chairman Richard C. Gerstenberg, der sich selbst immer als oberster Buchhalter des Konzerns verstand, erhielt Cole mit der Berufung zum Präsidenten 1967 offenbar großen Entscheidungsspielraum in Fragen der dringend gebrauchten Produktinnovationen. Dem Hauptkonkurrenten Ford waren mit dem Sportwagen Mustang oder dem Kleinwagen Pinto Mitte der 60er Jahre spektakuläre Neueinführungen gelungen, die auch den GM-Konzern zur Ankündigung von Modellneuheiten zwangen. Meist kamen dabei aber - wie im Falle des 1968 angekündigten Kleinwagens Vega - nur wenig durchdachte, hektisch aufgelegte Crash-Programme heraus.

Zwar verfügte das Hauptquartier von GM insbesondere mit der mächtigen Engineering Policy Group (EPC), vergleichbar vielleicht mit den Produkt-Strategie-Konferenzen deutscher Konzerne, über erhebliche Kontrollmacht, die sich aber umgekehrt nicht in gleichem Maße zur Generierung neuer Produktideen umpolen ließ. Denn die konstruktive Umsetzung, Produktion und Vermarktung war den jeweiligen Divisions vorbehalten und konnte kaum als Top-Down-Prozeß aktiviert werden. Die nach der Lizenznahme durch GM viel diskutierte Frage, ob denn ein so riesiges Unternehmen überhaupt noch zu einem so grundlegenden Wechsel der Basistechnik fähig ist, immerhin auch eine Frage über Aufstieg und Fall des Wankelmotors, hätte bei einem Blick in die Geschichte des Unternehmens Aufschlußreiches zu Tage gefördert. Denn schon zwischen 1918 und 1923 ist der Versuch einer grundlegenden Innovation im Verbrennungsmotorenbau, nach den Worten des damaligen GM-Präsidenten duPont "the greatest thing that ever been produced in the automobile world" dokumentiert: der Mißerfolg der Einführung eines luftgekühlten Verbrennungsmotors. "Boss" Kettering, einer der renommiertesten Ingenieure Amerikas in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen, hatte in seiner zum GM-Konzern gehörenden Dayton Engineering Laboratories Company am Prototyp eines Hubkolbenmotors gearbeitet, bei dem nicht mehr mit einer überaus komplizierten und störanfälligen Wasserkühlung, sondern unter Verwendung von Kupfer mit Hilfe des Fahrtwindes, also mit Luftkühlung die Betriebstemperatur erhalten blieb. Das Executive Committee war von der Reputation Ketterings überzeugt und bot ihm bei der Durchsetzung des Projektes alle denkbare Unterstützung an. Die mit Produktion

und Verkauf des Motors beauftragten Devisions, insbesondere Chevrolet, zeigten sich dagegen keineswegs überzeugt. Während das Executive Committee schon über die Möglichkeiten nachdachte, alle konventionellen wassergekühlten Motoren möglichst bald durch luftgekühlte Aggregate zu ersetzen, entwikkelten die Divisions ihre eigenen Konstruktionsvorstellungen, die aber auf eine kontinuierliche Verbesserung der wassergekühlten Antriebe hinausliefen. Alfred Sloan - der Übervater des Konzerns - beschrieb später das grundlegende Dilemma des Managements in dieser Frage: "We were in situation of supporting a research position against the judgement of the division men who would in the end have to produce and sell the new car."[104] Obwohl Sloan selbst von Ketterings Fähigkeiten und seinen Produkten überzeugt war, ließ er jedoch keinen Zweifel an der Macht der einzelnen Markenabteilungen. Er habe die Entwicklung nicht durchgedrückt. "If I had done so" - kommentierte Sloan seine eigene Politik als neugewählter Präsident - "I do not believe there would be a General Motors today; we would have missed the boat. Furthermore, however sound the engine might have been in principle, it was not my policy then or at any time afterward to force on the divisions a thing of this kind against their judgement."[105] Mit einer weiteren motortechnischen Innovation sollte Kettering im übrigen nur wenige Jahre später deshalb erfolgreich sein, weil es ihm im Falle der Neuentwicklung eines 2-Takt-Dieselmotors gelang, innerhalb des Konzerns zur Entwicklung, Produktion und Vermarktung durch Aufkauf geeigneter Firmen eine eigenständige Division aufzubauen.[106]

Diese Aussagen des allseits verehrten Sloan blieben in Sachen Wankelprojekt offensichtlich vergessen, zumal auch Cole durchaus bestens darüber orientiert war, daß sich bei GM in der Denk- und Handlungskultur seit jenen Tagen nur wenig verändert hatte. Da der externe Druck zu Innovationen weitgehend gefehlt hatte bzw. durch eine geschickte GM-Politik abgemildert und kontrolliert werden konnte, mangelte es dem riesigen Unternehmen an Erfahrung mit dem Umgang von noch nicht ausgereifter Technik. GM bedeutete hohe Kompetenz im Verkauf und in der Produktion von Standardlösungen; dagegen fehlte es an der Kultur des Experimentierens, Testens und des Ausreifens neuer Lösungen. Neue Produkte wurden sofort in das Korsett eines standardisierten Einführungsfahrplanes gezwängt, ohne Gespür für mögliche Entwicklungsprobleme. Von hektischen Turbulenzen im Umfeld des Automobils Ende der 60er Jahre zum Nachweise der Innovationsfähigkeit gezwungen, herrschte im Konzernverband dennoch eine tief in die Kulturen verankerte Abneigung gegen grundlegende Veränderungen, insbesondere in konstruktiven Basisentscheidungen. "Perhaps most frustrating" - so schrieb der Ex-Chef von Pontiac und Chevrolet John Z. De Lorean bei seinem Abschied im April 1973 - "was the realization that there was (and is) in General Motors no vehicle for change. For the most

part, a top executive by the time he works his way through the system is a carbon copy of his predecessors."[107] Forschungen, die sich um die Sicherung der Basistechniken bei veränderten Umwelten kümmerten, konnten daher im Konzernverbund auf positive Resonanz hoffen. Lösungen, die eine Neuinterpretation des Automobilkonzeptes zur Folge hatten, drohten daher immer in ein schwarzes Loch zu fallen. Mit der Ende 1970 verabschiedeten Neufassung des Clean Air Acts hatte der Kongreß Abgaswerte vorgeschrieben, die mit konventionellen Methoden nicht mehr zu erreichen waren. Durch die Ankündigungen des japanischen Mazda-Konzerns, diese Werte aber mit einem den Rotationskolbenmaschinen nachgeschalteten thermischen Reaktor einhalten zu können, drohte dem Branchenführer in dieser zentralen Frage nach den zukünftigen Antriebsoptionen die Definitionsmacht darüber, was "good for the country" ist, verloren zu gehen. Coles mögliche persönliche Motive im Wankelengagement ergänzten sich in diesem Falle also hervorragend mit den Konzerninteressen.

Für die Branche jedenfalls änderte sich mit dem Einstieg von GM in den Wankelclub die Situation. Die bisherigen Hersteller von Wankelmotoren waren kleine Unternehmen mit bescheidenen Produktionsprogrammen. Allein die Chevrolet-Abteilung des Konzerns produzierte mehr Fahrzeuge als alle Lizenznehmer im damaligen Wankelclub zusammen. Die Vertragspartner Audi NSU, Wankel GmbH sowie Curtiss-Wright auf der einen sowie GM auf der anderen Seite handelten daher für diesen alles entscheidenden Lizenzvertrag besondere Konditionen aus. "For GM to take out a license would clearly enhance the engines worldwide standing." Von den üblichen Vertragsgestaltungen abweichend, hatte GM für die einmalige Gebühr von 50 Millionen Dollar, von denen 5 Millionen Dollar sofort, der Rest in jährlichen Raten zu 10 Millionen Dollar zu zahlen war, bis auf Flugzeugantriebe eine Option auf alle Anwendungsmöglichkeiten gekauft. Von den Zahlungen gingen der Anteil von 5:11 an Curtiss-Wright, der Rest an die Audi NSU AG sowie die Wankel GmbH. Ein Ausstieg aus dem Vertrag war für GM jederzeit möglich.[108] Damit mußte auch die neue Audi NSU AG Tribut an die dilettantische Absicherungspolitik der alten NSU AG bezahlen. Der eigentliche Gewinner hieß CW, obwohl hier nach wie vor nicht an eine Serieneinführung von Rotationskolbenmotoren gedacht wurde. Die Vertragskonditionen entbanden GM zudem von der üblichen Berichtspflicht der Entwicklungsergebnisse. Tatsächlich sollte GM nach der Bekanntgabe des Lizenzkaufs das ganze Projekt mit einem Mantel des Schweigen umhüllen, während intern ein von Cole initiiertes und gestütztes, aber hektisches Entwicklungsprogramm in kürzester Zeit Erfolge zu bringen hatte. Cole begründete der Öffentlichkeit gegenüber die Gründe für den Einstieg in die Entwicklung damit, daß die technischen Eigenschaften des Rotationskolbens mit seinem günstigen Leistungsgewicht und dem geringen Bauraum die einzige Möglichkeit seien,

die Erwartungen an die Zukunft der Antriebstechnik, geringe Emissionen und Verbräuche sowie gute Fahreigenschaften zu vereinen, zumal der Motor auch noch im Baukastenverfahren günstige Voraussetzungen für fertigungstechnische Einsparungen bot.[109] Umbenannt in das Kürzel GMRE - General Motors Rotary Engine - entschied sich der Vorstand aber bemerkenswerterweise dafür, die Entwicklungsarbeiten der "Hydra-Matic-Devision" unter der Leitung von Robert J. Templin als "General Project Manager of Special Product Development Group" zu übertragen[110], eine Abteilung, die bislang für die Entwicklung und Fertigung von Automatik-Getrieben zuständig war. Unter der Regie von Chevrolet sollte die spätere Markteinführung organisiert werden. Vermutlich verbarg sich hinter dieser Entscheidung die Suche nach geeigneten Schutzräumen für die neue Maschine. Denn die traditionsreichen Divisions hatten bereits signalisiert, daß entgegen der Meinung ihres Präsidenten hier wenig Interesse an einem Wankelantrieb vorhanden war.[111] Bei dem ausgeprägten Bereichsdenken im GM-Verbund war Insidern damit bereits klar, daß in einer so elementaren Konstruktionsfrage die Chevrolet-Leute wohl kaum einen fremden Motor unter der Haube ihrer Autos dulden würden.[112]

Obwohl unter der direkten Aufsicht von Präsident Cole stehend, schien das Wankelprojekt angesichts der an den Nerv der Automobiltechnik zielenden Konsequenzen dieses Projektes daher im Konzern schlecht abgesichert. Das Wall-Street-Journal spekulierte schon 1970, daß "skeptics also note that a change in anything as basic as an engine would require massive changes in auto-related industries - perhaps too massive to undertake."[113] Cole und seinem Wankel-Entwicklungsteam kam es im übrigen zu keinem Zeitpunkt in den Sinn, Kontakt zur Wankelszene aufzunehmen, um die eigenen Erkenntnisfortschritte mit dem bereits erreichten Wissens- und Erfahrungsbestand zu vergleichen. Ähnlich wie im Falle Daimler-Benz verbot es sich aus Gründen des Firmenstolzes, in so elementaren Entwicklungsfragen Unterstützungsleistungen von außerhalb des Unternehmens zu beziehen.[114] Die Wankelgruppe konnte damit nicht auf eine Organisationspraxis zurückgreifen, die gerade zur Durchsetzung des Hubkolbenmotors sowie der Automobiltechnik insgesamt so wichtige Voraussetzungen gewesen waren: die Konstruktion überbetrieblicher Konsense, eingebettet in ein engmaschiges Unterstützernetzwerk.

Cole hatte offenbar seinem Chef Gerstenberg die notwendigen Gelder für das Projekt nur mit dem Versprechen entlocken können, daß kein "breakthrough" mehr notwendig sei und die Technik quasi produktionsreif zur Verfügung stehe. Schon im Sommer 1972 verdichteten sich die Gerüchte, daß GM in Kürze mit einem wankelgetriebenen Fahrzeug in Serie gehen würde. Soweit technische Details bekannt wurden, zeigte sich, daß die GM-Techniker tatsächlich äußerst pragmatisch die Entwicklungsarbeiten aufgenommen und alle bis-

her im Wankelclub getroffenen Schließungs- und Konsolidierungsentscheidungen übernommen hatten. Die Mazda-Motoren, die zum damaligen Zeitpunkt im Wankelclub als die fortschrittlichsten galten - die zweite Motorengeneration bei NSU war noch in der Entwicklung -, wurden im Grunddesign übernommen, aber auf konstruktive Feinheiten wie Alugehäuse oder Einspritzsystem verzichtet.[115] Die Ankündigung Ende August 1972, "to introduce a Wankel-powered Vega in about two years"[116], löste daher einen regelrechten Wankelboom aus. Selbst vorsichtig argumentierende Börsenberater gingen davon aus, daß Wankelmotoren 1980 mindestens 20% Marktanteile erreichen würden.[117] "By the summer of 1972, even the most conservative board of directors could feel that in plumping for the rotary they were right in the middle of fashion. In Wall Street, as on the California freeways or the boardrooms of conservative manufacturing companies, the talk was all Wankel, and money was being put into the Genuß-Scheine, into Wankel GmbH, into Wankel licenses, Wankel stocks, Wankelpowered cars, dealerships in which to sell the cars, machinery on which to produce the engines, books on the rotary, even into the plastic models of the engine which sold by the hundreds of thousands." Projektchef Templin hingegen ließ Vertrauten gegenüber verlauten, "I hope I'm doing as well as everyone says I am."[118] Die von GM ausgelöste Wankeleuphorie brachte die Konkurrenten unter Zugzwang. Bislang hatten die Unternehmen lediglich sondiert, obwohl Chrysler und Ford immer wieder ihre Ablehnung gegenüber dem Motor betont hatten. Die Cheftechniker von Chrysler ließen zu keinem Zeitpunkt Zweifel daran, daß der Wankelmotor für sie überhaupt keine Perspektive bot und sich dies auch im Rahmen der eigenen Tests würde bestätigen lassen.[119]

Bei Ford in Dearborn mußte der federführende Ingenieur Emmett J. Horton den Umstand verkraften, daß er zwar in einem kleinen Ingenieurteam mit Wankelmotoren experimentieren durfte - die notwendigen Lizenzen hatte sich die stolze Mutter nicht selbst, sondern eher verschämt über die Kölner Tochter besorgt. Sein Chef Henry Ford II machte aus seiner Ablehnung gegenüber Rotationskolbenmotoren öffentlich überhaupt keinen Hehl. "They 're no good, I don't like them", wobei Ford noch hinzufügte, daß "as long as I'm around Ford will never produce Wankel cars."[120] "The Wankel is still on the Xlist around Ford Motor Company. X means out, cross it out. We have an engineering group working on it", aber dieser gab der Chef selbst keine Chance.[121] Nur wenn quasi aus dem Stand heraus das kleine Ingenieurteam einen Rotationskolbenmotor entwickeln würde, der besser als die über viele Jahre mit vielen Ingenieuren kultivierte V8-Standardmaschine laufen sollte, dann würde - so Insider - überhaupt erst nachgedacht werden.[122]

Daß man sich bei Ford aber doch nicht mehr ganz so sicher war, belegt die Tatsache, daß im Sommer 1972, als man gerade über einen baldigen Serienstart

von GM mit Wankelmotoren spekulierte, mit Mazda kurzerhand konkret über die Lieferung von Wankelmotoren verhandelt wurde, und zwar bereits zum Modelljahr 1974.[123] Ursprünglich plante Ford sogar eine noch viel umfangreichere Transaktion. Als zu Beginn der 70er Jahre GM wesentliche Anteile des japanischen Konzerns Isuzu erwarb und Chrysler sich in die Autoabteilung von Mitsubishi einkaufte, verhandelte die Ford-Leitung ihrerseits mit Mazda ebenfalls über eine Beteiligung. Doch die Verhandlungen der beiden Familienfirmen zogen sich in die Länge, bis sich Clan-Chef Matsuda offenkundig an das Schicksal seiner Leidensgenossen in Neckarsulm erinnerte und den Ford-Herren schließlich 25% seines Unternehmen bot, jedoch ohne den Wankelkomplex. Die Zeiten hatten sich aber zwischen dem NSU-VW-Deal 1969 und 1972, dem Jahr der Verhandlungen mit Ford, so grundlegend verändert, daß die Ford-Zentrale mit den Worten ein "Viertel von gar nichts" die Verhandlungen abbrach.[124] Dies dokumentierte, daß für Ford der Wankelantrieb ein viel ernsteres Problem darstellte, als es ihr fideler Chef immer darzustellen versuchte. Erst 1979 kamen die zwischenzeitlich erneut aufgenommenen Verhandlungen der beiden Unternehmen zu einem Abschluß, indem Ford sich tatsächlich mit 25% am Kapital des mittlerweile im Produktprogramm sowie in der Eigentümerstruktur veränderten Mazda-Konzern beteiligte.

Die politische Schicksalsstunde

Die für das Modelljahr 1976 angekündigten strengen Abgasgrenzwerte blieben auf der Tagesordnung. Neben den Bemühungen um Lösungsmöglichkeiten in den Labors kämpfte die US-Autoindustrie noch auf einer anderen Ebene. Die für die Festsetzung der Standards zuständige Environmental Protection Agency (EPA) hatte auch bis 1972 keine Verschiebungen der Einführungstermine oder Abmilderungen der Grenzwerte zugelassen. Mitglieder des Senats sahen sich in ihrer harten Haltung durch verschiedene Hearings bestätigt, in denen unabhängig von der Autoindustrie arbeitende Ingenieure und Industrieunternehmen Projekte vortrugen, die abseits vom herrschenden Stand der Technik beispielsweise durch den Rückgriff auf Elektro- oder Dampfantriebe sowie Gasturbinen die Erreichung der Grenzwerte bei entsprechendem industriellen Engagement in Aussicht stellten.[125] Ein im Mai 1972 veröffentlichter Bericht des Committee on Motor Vehicle Emission, der angesehenen National Academy of Science (NAS), kam jedoch zum Ergebnis, daß die für die Einhaltung der Grenzwerte notwendige Technik zum geplanten Zeitpunkt 1975 nicht vorhanden sei. Zwar konstatierte der Bericht, daß verschiedene Antriebsalternativen sowie Abgasreinigungstechniken existierten, deren Haltbarkeit aber noch keineswegs bewiesen

sei. Der Bericht sprach sich unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten eindeutig gegen Experimente außerhalb des herrschenden Technikstandards aus. "The question comes down to deciding whether some immediate reduction in automotive pollution is worth the price of committing the industry to the development of a possibly unstable technology which would make it more difficult in the future to convert to a more satisfactory and stable technology with fewer adverse consequences in terms of needs for maintenance, fuel penalties, and the necessity for elaborate inspection and regulatory systems."[126] EPA-Chef Ruckelshaus unterstrich allerdings noch im Mai 1972, daß eine Verschiebung zur Einführung der neuen Grenzwerte ja deshalb nicht in Frage kommen könnte, da mit dem Mazda-Wankel seiner Auffassung nach eine aussichtsreiche technische Alternative vorhanden und auch erprobt sei. Allerdings gab er zu, daß mit der Existenz der Mazdas ganz andere Probleme zu lösen waren. "There is also a political problem. What would Congress think of having a japanese company 'win the race' and either sell patents or licenses or actualy produce all the engines for the American market?"[127] Eine Aussicht, die sicherlich auch die Mannen im fernen Neckarsulm mit großem Interesse betrachtet und durchkalkuliert haben werden. Obwohl EPA-Tests die Aussagen von Mazda, die von der Bundesregierung festgelegten Standards mit dem Wankel und einem nachgeschalteten Reaktor zu erreichen, nicht in Zweifel zogen[128], formierten sich, insbesondere durch das Gutachten der NAS, die Widerstände. Insbesondere fiel die Aussage von GM Anfang 1973, daß der in der eigenen Entwicklung befindliche Wankel die Abgaswerte keineswegs erreiche, um so mehr ins Gewicht.[129]

Die Träger des Wankelprojektes hatten die Verbreitung der industriellen Basis sowie das Knüpfen eines überbetrieblichen Unterstützernetzwerkes verpaßt. Wie wertvoll aber die Aktivierung von Konsensen in elementaren Technikfragen ist, zeigte sich jetzt bei der Gründung eines Verhinderungskartells. General Motors gewann damit die Definitionsmacht zur Festlegung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zukünftiger Antriebstechniken unter verschärften Bedingungen - quasi in Vertretung der Autoindustrie - langsam wieder zurück. Das Unternehmen hatte die von Mazda angebotene Technik glaubhaft in Lizenz genommen, getestet und war zum Ergebnis gekommen, daß der Wankel keine aussichtsreiche Antriebsoption zur Einhaltung der verschärften Standards bot und hatte damit lediglich das bestätigt, was alle Unternehmenschefs ja schon sowieso gewußt hatten. Gleichzeitig konnte der Konzern Fortschritte auf dem Bereich der Katalysatoren-Technik ankündigen und der Branche damit signalisieren, daß GM auch zukünftig auf den Hubkolbenmotor mit End-of-pipe-Option setzen würde.[130] Allerdings gab es im Katalysatorenbereich nach wie vor noch große Probleme hinsichtlich Haltbarkeit und Wartung sowie der mangelnden Funktionstüchtigkeit bei NOx. Damit erhöhte sich der Druck auf die EPA,

zumal die Big 3 Ende 1972 noch zusätzlich vor den Court of Appeals in Washington D.C. den Aufschub der strengen Abgaswerte durchzusetzen versuchten.[131] Henry Ford II ließ verlauten, daß er bei der Aufrechterhaltung der Abgasgrenzwerte, die seine Automobile ja nicht erreichen konnten, einfach die Bänder abstellen werde.

Weltweit wurde der Hubkolbenmotor als zentrales Merkmal des Automobilkonzeptes verteidigt. Ohne Änderung in der kulturellen Einbindung des Automobils kam für die Industrie auch keine Änderung in der Antriebstechnik in Frage: Man klammerte sich auch weiterhin an das Konzept der Rennreiselimousine: hohe Reichweite, hohe Endgeschwindigkeiten und gute Transportleistungen, und das alles vereint in einem Universalkonzept. Auch in Deutschland fehlte es nicht an eindeutigen Bekenntnissen. "Zunächst könnte jemand die Frage stellen", so beispielsweise ein Vorstandsmitglied der ehrwürdigen M.A.N. AG, mitten im turbulenten Jahr 1972, "warum plagt Ihr Euch mit dem recht lärmenden und stinkenden Gesellen, der der Verbrennungsmotor noch häufig ist, warum zerbrecht Ihr Euch den Kopf über Probleme, die nur von der veralteten hin- und hergehenden Bewegung der Triebwerksteile kommen, wenn es die elegantere Lösung des Fahrzeugantriebes gibt, die weder Lärm noch Gestank verbreitet, wie zum Beispiel den von Akkumulatoren gespeisten Elektromotor. Die Antwort darauf lautet, daß solche oder andere Lösungen entweder an Energiedichte oder an Wirtschaftlichkeit oder an beidem zusammen heute noch längst nicht das bieten, was der Verbrennungsmotor zu leisten vermag. Die Einführung der Kraftmaschine hat den Menschen von der Sklavenarbeit befreit, die Einführung des Verbrennungsmotors hat die Entfernung auf unserer Erde verkürzt, sie hat den Menschen beweglich gemacht. Ein heute etwa ausgesprochenes Verbot des Verbrennungsmotors im Straßenverkehr", so bilanzierte das M.A.N.-Vorstandsmitglied die kulturellen Wirkungen dieser Antriebstechnik, "würde die Entfernungen wieder wachsen lassen."[132]

Im April 1973 bzw. im Juni 1973 gab EPA-Chef Ruckelshaus schließlich dem politischen Druck nach und ließ den Einführungszeitpunkt für die Einhaltung der Schadstoffgrenzen um zunächst ein Jahr verschieben. Gleichzeitig änderte er die von Kalifornien beantragte Ausnahmegenehmigung für strengere Grenzwerte so, daß "these standards in my judgment will require the use of catalytic converters on all 1975 passengers cars shipped to California."[133] Beim California Air Resources Board (CARB) hatte man schon früher zur Kenntnis nehmen müssen, daß mit der herrschenden Automobilindustrie so schnell keine alternativen Antriebe verwirklicht werden würden, zumal wenn das bisherige Automobilverständnis nicht geändert werden sollte. Andere, neue, kompetente und finanzstarke Technologie-Träger waren aber nicht in Sicht. Der im CARB zusammengefaßte Sachverstand konzentrierte sich von Beginn der 70er Jahre an

- und dies bis heute - schwerpunktmäßig auf die Förderung und Forcierung fortgeschrittener Filtertechniken in Kombination eines sauberen Kraftstoffes. Als Volvo 1976 zum ersten Male eine katalytische Abgasreinigung für alle drei Schadstoffgruppen (Drei-Wege-Kat) vorstellte, kaufte die kalifornische Behörde sofort zwei Fahrzeuge und fuhr damit nach Washington, um der EPA die prinzipielle Machbarkeit dieser Abgasreduzierungstechnik zu demonstrieren und diese um entsprechende administrative Festschreibung zu ersuchen.[134]

Unter Ruckelshaus versteifte sich die EPA aber schon ab Mai 1973 ganz auf den Katalysator als zukünftige Lösung zur Reduzierung der Abgaswerte. Die Grenzwerte der Schadstoffgruppen wurden entsprechend dem technischen Reifeprozeß dieser Filtertechnik angepaßt und Kalifornien als Testmarkt zur Prüfung von Haltbarkeit, Wartung und zum Aufbau der entsprechenden Infrastruktur zum Erwerb bleifreien Benzins bestimmt, eine Arbeitsteilung zwischen Washington (EPA) und Sacramento (CARB), wie sie auch heute noch besteht. Alle anderen konventionellen oder alternativen Wege zur Reduzierung der Giftstoffe waren damit praktisch vom Tisch. "Während nach Bekanntgabe der Muskie-Daten zunächst der Eindruck bestand, diese Grenzen könnten beim Hubkolbenmotor nur mit einem enormen Kostenaufwand und hoher Einbuße der Wirtschaftlichkeit erreicht werden, wurde durch zeitliche Verschiebung und Abschwächung der Forderungen erreicht, daß bis heute beim Hubkolbenmotor nur geringe motorische Änderungen nötig sind, die kaum auf den Kraftstoffverbrauch Auswirkungen haben", bilanzierte man sehr nüchtern, aber enttäuscht im Wankel-Entwicklungsteam der Audi NSU AG. "Es besteht nun der Verdacht" - so die Wankelingenieure bei Audi NSU -, "daß die Limits, besonders für NOx, immer so gehalten werden, wie sie der Hubkolbenmotor gerade noch ohne teure Konzepte erfüllen kann."[135] Arie Jan Haagen-Smit, "the man who invented the smog", konstatierte schon 1974 als Vorsitzender des CARB, daß "old firms are weighed down by their instruments, their tools, by their own thinking" offenbar doch nicht reformfähig sind. "You'll find a resistance to change."[136]

Während alle anderen Antriebssysteme tatsächlich noch keinen Seriennachweis erbracht hatten, konnten ja Wankelmotoren längst schon gekauft werden. Es gab aber noch andere Opfer bei der Neuausrichtung der amerikanischen Regulierungspolitik. Honda, auf dem Automarkt ebenfalls ein Neuling, hatte ein neues Motorenkonzept entwickelt, um nach dem Vorbild von Mazda mit einem unverwechselbaren technischen Profil in den fest formierten Automarkt eindringen zu können. Mit der bereits in den 60er Jahren entwickelten Compound Vortex Controlled Combustion (CVCC) versuchten die Honda-Techniker die zwangsläufigen Rückkopplungsprozesse der Verbrennungsmaschine zwischen Kurbel- und Ventilbetrieb aufzulösen. Auf der Basis eines konventionellen ottomotorischen Verbrennungsprinzips mit Hubkolbentriebwerk konfigurierte man

zwei unterschiedliche Verbrennungskammern, die es erlaubten, das Gas-Luftgemisch zu schichten und quasi intelligent zusammenzustellen, damit bei geringen Belastungen ein mageres sowie bei hoher Belastung ein fetteres Gemisch zusammengestellt wurde. Dieser "Magermotor" erreichte, allerdings verbunden mit einer aufwendigen Meß- und Regeltechnik, gleichzeitig eine Verbrauchs- und Schadstoffreduzierung. Obwohl die 1973 vorgestellten Maschinen die ursprünglichen 75er und 76er Abgasgrenzwerte erfüllten und Honda auf Nachfrage von Senator Muskie auch die Lieferung großer Stückzahlen garantierte, bewertete die EPA dieses ebenfalls abseits des herrschenden Standes stehende Motorenprinzip als einen zu unsicheren und unausgereiften Weg.[137]

Die Motoren, die schließlich tatsächlich die nicht mehr offiziell gültigen Abgaslimits 1977 einhielten, waren ein Mercedes Turbo-Diesel, das CVCC-Aggregat von Honda und der mit einem Reaktor ausgerüstete Wankelmotor von Mazda![138] Die Entscheidung der EPA gegen die bereits am Markt angebotenen japanischen Lösungen ist um so bemerkenswerter, als zu diesem Zeitpunkt die Katalysatorentechnik noch erhebliche Funktionsprobleme aufwies, die bis heute nicht gelöst sind. Die Behandlung der Schadstoffgruppe der NOx blieb ein Problem, die Haltbarkeit des Filters bei der Reduzierung von HC und CO war äußerst gering, die Kosten der mit Edelmetallen wie Platinium ausgerüsteten Filter- und Umwandlungstechniken dagegen äußerst hoch. Die katalytische Wirkung setzte überhaupt erst bei einer Betriebstemperatur von über 300° ein, der Emissionsausstoß ist aber gerade beim Kaltstart besonders hoch und nur durch eine geschickte Gewichtung der Meßzyklen zu eliminieren. Darüber hinaus mußten für die Katalysatorentechnik weltweit neue infrastrukturelle Voraussetzungen geschaffen werden, nämlich die Produktion und Distribution von unverbleitem Benzin, da durch verbleites Benzin der Kat sofort zerstört wird. Alles zusammen doch bemerkenswert viele Gaben auf dem Altar des konventionellen Hubkolben-Verbrennungsmotors! Der Kongreß gewährte darüber hinaus schon 1974 im Rahmen des Energy Supply and Environmental Coordination Act einen weiteren Aufschub. Die Einführungstermine für die strengen Werte aller Schadstoffklassen wurden 1977 für weitere zwei Jahre verschoben, die ursprünglichen Ziele für NOx zurückgefahren und bei der späteren Realisierung sogar noch umfangreiche Ausnahmegenehmigungen in Aussicht gestellt. Die folgende Aufstellung zeigt die letztlich geltenden Abgaswerte für die drei ausgewählten Schadstoffkomponenten und dokumentiert die an den Möglichkeiten der Katalysatorentechnik ausgerichteten Normsetzungs-Philosophie:

Tabelle 1: Entwicklung der US-amerikanischen Abgasgrenzwerte

Modelljahr	bundesstaatlich			Kalifornien		
	HC	CO	NOx	HC	CO	NOx
1970:	4	34	-	2.2	23	-
1971:	4	34	-	2.2	23	4.0
1972:	3	38	-	3.2	39	3.2
1973:	3	28	-	3.2	39	3.0
1974	3	28	3.0	3.2	39	2.0
1975/76	1.5	15	2.0	0.9	9	2.0
1977/79	1.5	15	2.0	0.9	9	1.5
1980	0.41	7	2	0.41	9	1
1981	0.41	3.4	1*	0.41	3.4	1.0
1982	0.41	3.4	1	0.41	7	0.7*
1983	0.41	3.4	1	0.41	7	0.4*
Kalifornien 1993				0.25	3.4	0.4
Im 1990 Clean Air Act Amendments angekündigt für 1996				0.25	3.4	0.4

(Angaben Gramm pro Meile)
*Hersteller konnten verschiedene Kombinationen wählen; eine Verringerung im NOx-Bereich wurde mit einem Nachlaß im HC- und CO-Bereich belohnt[139]

Dieses Regulierungsmuster, zunächst scharfe Grenzwerte anzukündigen und dann doch immer wieder moderatere Interimswerte sowie verzögerte Einführungstermine zu genehmigen, sollte die US-Regierung bei den Autoherstellern noch viel Autorität kosten. In Industriekreisen geht man daher heute davon aus, daß auch die strengen kalifornischen Werte, die ab dem Modelljahr 1994 schrittweise eingeführt werden sollen, unter dem Druck der Autolobby von der US-Bundesregierung abgeschwächt werden.[140] Mit dem eindeutigen Bekenntnis, lieber auf bewährte und im sicheren Schoß des herrschenden Standes der Technik verankerte Konstruktionsoptionen zu vertrauen, bietet ein solches Regulierungsverfahren für Unternehmen keine Anreize mehr, riskante und aufwendige Techniklinien außerhalb des herrschenden Standards, die möglicherweise aber den Anforderungen der veränderten Umwelt besser Rechnung tragen würden, zu verfolgen. "If it decides to make an all-out, costly effort to develop the technology to meet the standards - and succeeds - it will achieve public relations benefits, curry favor with policy-makers, and perhaps earn some royalities

form licensing its technology to other companies. But, of course, success is not completely assured. If, on the other hand, it delays, drags its feet, and reports that the technology is simply not available, while maintaining enough of a research effort so that it can claim to the EPA, courts, Congress, and/or public that it has made a good faith effort, it will not be shut down when it fails to meet the standards; instead, it will be given delays in the enforcement date of standards."[141]

Unter diesen von den Big 3 wieder restabilisierten Rahmenbedingungen konnte die Fortführung des bisherigen Automobils mit allen seinen zentralen Eigenschaften erwartet werden. Die nach dem Kriege erzielte internationale Verständigung auf den Hubkolben-Verbrennungsmotor blieb bestehen. John Z. De Lorean erinnerte sich in seinem Insiderbericht "On a clear day you can see General Motors", daß just in dieser Zeit Gerstenberg, "when he was chairman and the industry was beeing inundated with costly federal controls", geäußert habe: "We cannot spend money on product changes anymore."[142] Schon im Dezember 1973, also nur wenige Monate nach der EPA-Entscheidung, die Einführung der scharfen Grenzwerte zu verschieben, gab daher GM mit den Worten "the ground rules have changed" bekannt, daß sich die Einführung eines wankelangetriebenen Vega leider verzögern werde. Das Unternehmen rechne nun "vielleicht mit 1975".[143] Sollte Cole tatsächlich ein persönliches Interesse am Wankel und nicht so sehr an der Rettung der konventionellen Hubkolbentechnik gehabt haben, war das Projekt doch "a very personal enterprise" geblieben.[144] Im September 1974 wurde programmgemäß das Führungsduo Gerstenberg/Cole durch Thomas Murphy als Chairman und Pete Estes als Präsident abgelöst. Von diesem Zeitpunkt an sprachen für die Fortsetzung der Wankelentwicklung weder existierende taktische Zwänge noch die vielleicht doch vorhanden gewesenen Netzwerke aus Fahnenträgern und Promotoren.[145]

Ölpreiskrise

Durch eine weitere drastische Veränderung im Umfeld der Autoindustrie sollte sich den Vertretern und Verteidigern der herrschenden Technikkonventionen sogar die Gelegenheit bieten, im internationalen Schulterschluß die Rückkehr zur reinen Lehre endgültig und mit einem noch höheren Grad an Verbindlichkeit abzusichern. Mit der durch den Yom Kippur-Krieg im Oktober 1973 ausgelösten politischen Krise im Nahen Osten trat tatsächlich das ein, was viele westliche Beobachter schon länger erwartet hatten. Die Erdöl exportierenden arabischen Staaten entdeckten die Abhängigkeit der westlichen Industrienation von diesem Rohstoff und begannen, dies für die Demonstration neu erwachter

politischer Stärke zu nutzen.[146] Drastische Preissteigerungen sowie eine geringfügige Verknappung des Angebotes lösten Panik und hektisches Krisenmanagement aus. Fahrverbote, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Kraftstoff-Rationierungen gehörten zu den Reaktionen der westlichen Welt. Vielen Mitgliedern der hochindustrialisierten Wohlstandsgesellschaften wurde langsam bewußt, mit welchen Ausbeutungsmechanismen ihr Reichtum erkauft wird. Für Automobilhersteller und -nutzer zeigte sich in unliebsamer und äußerst drastischer Weise die Abhängigkeit von der Bereitstellung der energiereichen Kohlenwasserstoffe zu billigen Preisen. Es ist daher kaum verwunderlich, daß gerade in den USA recht schnell, sozusagen noch im Schwung des mit der Verschärfung des Clean Air Act demonstrierten Selbstbewußtseins des Kongresses, aber auch unter dem Druck neu entstandener Konsumenten- und Umweltschutzbewegungen, die Diskussion über Verbrauchsgrenzwerte einsetzte. Neben den Sicherheitsauflagen, der angekündigten Einführung von Abgasgrenzwerten, bedrohte nun auch noch die staatliche Forderung nach Motoren mit besseren Wirkungsgraden die bisher nahezu grenzenlose Freiheit des Automobilismus.[147]

Aus den Fehlern, die bei dem in einer Art Husarenritt verabschiedeten, bald aber wieder geänderten Clean Air Act im Dezember 1970 gemacht wurden, versuchte der Kongreß zu lernen und sich für dieses Mal vor der Entscheidung eine umfangreichere Informationsbasis zu verschaffen. Schon im Sommer 1974 lagen beispielsweise die Ergebnisse einer Studie des Departments of Energy vor, die gemeinsam mit der EPA als Report to Congress on the Potential for Motor Vehicle Fuel Economy Improvement vorgestellt wurden. Im Dezember 1974 schließlich verkündete der Kongreß das Energy Policy and Conservation Act mit dem hierin verankerten Corporate Average Fuel Economy Standards (CAFE). Als Bemessungsgrundlage diente der Durchschnitt der Verbrauchswerte aller von einem Hersteller angebotenen Fahrzeuge, der sogenannte Flottenverbrauch. Für das Modelljahr 1978 mußten erstmals die am Markt angebotenen Modelle eines Herstellers im Schnitt mindestens 18 Miles pro Gallone (mpg), für 1979 19 mpg, für 1980 20 mpg und für das Jahr 1985 27 mpg erreichen.[148] Überschreitungen wurden mit drakonischen Strafen geahndet. Diese auf den ersten Blick massive Bedrohung für die bestehende Automobiltechnik entpuppte sich aber als Argumentationshilfe für die Autoindustrie, an den bewährten Antriebskonzepten auch zukünftig festzuhalten, da nur hier die für eine Reduzierung notwendigen konstruktiven und thermodynamischen Basiserkenntnisse vorlagen, während für alternative Antriebe erst noch Grundlagenforschung notwendig war. Die Vorgaben des amerikanischen Kongresses nutzten die Big 3 in Detroit recht geschickt, um die von der Öffentlichkeit breit unterstützte Forderung nach einer drastischen Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs der "gas guzzlers", der großvolumigen und vielzylindrigen Aggregate tatsächlich auch

nachzukommen, vorausgesetzt, die Regierung zeigte sich bei der Festlegung der Abgasgrenzwerte weiterhin moderat. Bei Hubkolben-Verbrennungsmotoren sind drastische Maßnahmen zur Entgiftung der Abgase und Verbrauchsreduzierungen nämlich nicht gleichzeitig zu haben. Aber auch hier gab sich die US-Regierung aufgeschlossen. Der Chef von Ward's Communication, einem bedeutenden Newsletter-Editor, brachte die herrschende Meinung auf den Punkt: "To make the shift as quickly and as cheaply as possible, Detroit naturally is riding with the technology it knows best."[149]

Im Sommer 1974 begann die EPA mit dem Aufbau von Testeinrichtungen zur Messung des Kraftstoffverbrauchs. Zu den ersten Modellen, an denen diese Messungen vorgenommen wurden, gehörten die wankelangetriebenen Mazdas, die der EPA bei der Festlegung der Standards bislang so viel Kopfschmerzen bereiteten. Noch bevor das Test-Equipement überhaupt befriedigend funktionierte, ließ man die Verbräuche mehrerer Mazdas testen und zögerte nicht, die Ergebnisse im Sommer 1974 sofort zu veröffentlichen: Die 11 mpg, die für die kleinen Mazdas errechnet wurden, bescheinigten der neuen Antriebstechnik einen Spritverbrauch, der in etwa dem eines Rolls-Royce entsprach. Es nutzte wenig, daß Mazda sofort heftig protestierte und ein US-amerikanisches Automagazin wenig später Meßergebnisse von 20 mpg Werte vorlegte, die den wankelangetriebenen Automobilen ihrer Größe entsprechende Durchschnittswerte zubilligten - der Ruf der Fahrzeuge als Spritfresser war in den Zeiten der Panikkäufe, der Schlägereien an Tankstellen, der Fahrverbote und eines generellen Einbruchs bei den Fahrzeugverkäufen ruiniert. Sicherlich verbrauchten die neuen Wankelantriebe zu dieser Zeit noch vergleichsweise mehr Kraftstoff als die konventionellen Motoren. Diese Mehrbelastung hielt sich aber doch in engen Grenzen.[150] Der Absatz von Mazda-Autos, überwiegend mit Wankelmotoren ausgerüstet, ging von 104.000 Einheiten 1973 auf 55.000 Einheiten im Jahre 1974 zurück.[151] Was folgte, war sicherlich nicht von der EPA intendiert, paßte aber der bundesstaatlichen Umweltbehörde bei der Politik der Durchsetzung des Katalysators sehr gut ins Konzept. Das Familienunternehmen Mazda steckte den Einbruch der Absatzzahlen auf dem wichtigsten Auslandsmarkt finanziell nicht weg und geriet in heftige ökonomische Schwierigkeiten. Noch 1974 übernahm die Sumitomo Bank die Kontrolle über das Unternehmen. Diese verordnete der Firma eine Adaptierung des herrschenden Technikstandards, um auf dem von der Autobranche gemeinsam neu konsolidierten Erfahrungsbestand die Grundlage für die ökonomische Prosperität zu legen. Nach dem Ende der NSU AG verlor damit auch der zweite Hersteller, der zumindest in Teilbereichen des Automobilkonzeptes eine Neuinterpretation versucht hatte, seine unternehmerische Unabhängigkeit. Der Wankelantrieb, dem das Unternehmen sein technisches Profil verdankte, überlebte aber überraschenderweise. Offenbar

hatte sich bei Mazda die Wankelkultur stärker etablieren können als bei der NSU Audi AG. Mitten im Krisenjahr 1975 legte das Unternehmen das Projekt Phönix auf Kiel, einen wankelangetriebenen Sportwagen, der 1977 unter dem Modellnamen RX-7 erstmals angeboten wurde und in den folgenden Jahren das einzige Serienautomobil der Welt mit Wankelmotor bleiben sollte.[152]

GM bot sich unter diesen verschärften Bedingungen ebenfalls die Möglichkeit, ohne Gesichtsverlust sehr elegant den langsamen Rückzug aus dem Wankelgeschäft zu begründen. Auf eine Anfrage im Herbst 1974 von Senator Edmund Muskie, der maßgeblich zur Verabschiedung des verschärften Clean Air Act beigetragen hatte, warum sich die angekündigte Einführung eines wankelangetriebenen Fahrzeuges weiterhin verzögerte, führte der neue GM-Präsident Estes in seinem Antwortschreiben aus, daß man sehr wohl versucht habe, nach dem Vorbild von Mazda einen Rotationskolbenmotor mit einem nachgeschalteten thermischen Reaktor einzuführen. Die Testergebnisse indessen waren "a loss in fuel economy which we feel cannot tolerated when the nation is trying to conserve fuel because of the national petroleum situation." Mit der eigenen Katalysatorentechnik sei hingegen der bei diesen Motoren hohe Anteil von HC im Abgas nicht in den Griff zu bekommen. "We are not in a position to comment on the claim by Toyo Kogyo that they expect to meet all future emission standards with the rotary engine they have in production", erklärte Estes abschließend.[153] Für die Branche bedeutete die Politik des Unternehmens die eindeutige Abkehr von diesem Antriebsaggregat, wogegen Außenstehende den Argumenten der GM-Führung schwerlich widersprechen konnten. Schon im Februar 1975 handelte GM mit der Audi NSU AG ein neues Lizenzabkommen aus, das eine drastische Reduzierung des ursprünglich geplanten Grundbetrages vorsah, zum Ausgleich aber die Abgabe einer Lizenzgebühr von 5 Dollar pro verkaufter Maschine neu in das Vertragswerk aufnahm. Ohne Produktionsabsicht konnte GM damit die ursprünglich ausgehandelte Summe erheblich reduzieren.[154]

Die verschärften staatlichen Auflagen veranlaßten die Industrie daher keineswegs, intensiv an der Durchsetzung neuer Antriebsformen zu arbeiten. GM's Wankel, Chrysler's Gasturbine sowie der Stirlingantrieb bei Ford übten in den Kalkülen der Führungsetagen lediglich Alibifunktionen aus. In Kundenhände kamen diese Antriebe erst gar nicht, die Gefahr der Entstehung neuer Ansprüche wäre offenbar zu groß gewesen. Vielmehr war sich die Branche einig, nachdem die innovativen Branchenaußenseiter ökonomisch stark geschwächt waren, weiterhin auf der Basis gesicherter Wissens- und Erfahrungsbestände zu arbeiten. Bei keinem der großen Anbieter konnten sich die Anhänger und Verfechter abweichender Konstruktionspfade wirkungsvoll in Szene setzen, kein etablierter Hersteller sendete für die Branche wahrnehmbare Signale zu einem Wechsel in

der Antriebsfrage aus. Die ökonomische Macht hatte schließlich wieder auf die politische Rahmensetzung zurückgewirkt. In Zeiten großer Unsicherheiten konnten die Möglichkeiten für kleine Unternehmen wie Mazda, mit neuen Angeboten auf Kundenfang zu gehen, wirkungsvoll begrenzt werden.

Die Rückkehr zur reinen Lehre

In die Entscheidung der VW-Zentrale unter Rudolf Leiding, bei der Einführung der neuen Modelle ausschließlich auf die konventionellen Hubkolbenmotoren zu setzen, spielten die Entwicklungen in den USA sicherlich eine große Rolle. Zwar interessierte sich Leiding als Ingenieur für den Wankelantrieb, das Neckarsulmer Entwicklungsteam hatte indes im Konzerngefüge, insbesondere im Zeitalter eines neuen Schulterschlusses der Großen der Branche, kaum eine Chance. Dem alten NSU-Team war mit dem Ro80 eine technische Vorleistung gelungen, die einerseits hohe Beachtung, andererseits wegen anfänglicher Probleme allerdings auch branchenweite Skepsis hervorgerufen hatte. In der alten NSU standen Unternehmensführung, Entwicklungsleitung und Vertrieb zu diesem Projekt. Der Generationenwechsel in der Entwicklung und die Integration in den VW-Konzern ließ diese Trägerschaft erodieren. Dem Projekt Wankel blieb in den Standorten Wolfsburg und Ingolstadt die Anerkennung verwehrt.[155] Der für eine so risikoreiche Entwicklung notwendige Schutzraum konnte im neuen VW-Konzern nur symbolisch garantiert werden. In Neckarsulm rächte sich nun der naive Glaube, eine bessere Technik würde sich schon von allein durchsetzen, der Verzicht auf notwendige politische Absicherungsarbeiten ohne Koalitionspartner war gerade bei veränderten politischen Bedingungen eine sträfliche Unterlassung. Der VW-Vorstand entschied sich - bei aller Unterstützung für alternative Antriebsforschungen im Reich der Forschung - für eine konventionelle, weil risikoarme, im Denken und Handeln der Entwicklungs- und Fertigungsingenieure fest verankerte und für Finanz- und Vertriebsleute kalkulierbare technische Lösung: den Otto-Hubkolbenmotor als Reihenvierzylinder. Diese Entscheidung wurde nicht isoliert gefällt, sondern im Kalkül, daß die Hauptkonkurrenten, insbesondere auf dem führenden nordamerikanischen Markt, in diesen schwierigen Zeiten zu gleichen Ergebnissen kommen würden. Tatsächlich kam Ford Chef-Ingenieur John Naughton mit seinen Detroiter Kollegen schon 1970 überein, "that the car of the seventies will be powered by internal combustion engines, and that they be evolutionary rather than revolutionary". Naughton: "By all indications, the internal combustion engine - constantly being developed into an ever more efficient and cleaner source of power - will continue to be the primary source of automotive propulsion."

Der für das technische Marketing von Porsche und Audi in den USA zuständige amerikanische Ingenieur Reilly sendete seinen Konzernkollegen nach Wolfsburg ebenfalls eine klare Botschaft: "Safety legislation, environmental anti-pollution regulation and consumer protection laws will - quite properly - become more strict; but they will also become more realistic in what will be based on scientific data which is beginning to be accumulated both by industry and government", was ja nichts anderes heißen konnte, als daß sich die amerikanische Gesetzgebung in Zukunft stärker nach den von der Autoindustrie angebotenen Lösungen zu orientieren habe.[156]

Für die Wankelentwicklung bedeutete dies, daß der weltweit erreichte Entwicklungsstand allein überhaupt nicht überzeugen konnte. Der NSU Ro80 und die Mazdas RX-2, RX-3 und RX-100 ließen zwar einerseits die Potentiale des Motors erahnen, mußten aber noch mit Problemen der Haltbarkeit kämpfen. Seit das Auto aber zum Konsumartikel geworden war, verlangte die Kundschaft ein Produkt mit stabilen maschinellen Eigenschaften: eine jederzeit und unter allen Bedingungen garantierte hundertprozentige Funktionssicherheit. Jeder Mangel, jede nachträglich notwendige manuelle Korrektur rächte sich im Zeitalter der Massenproduktion gleich tausendfach. Um das Produkt weiter am Markt halten zu können und damit auch auf eine breitere Akzeptanz in der Ingenieurwelt zu hoffen, brauchte das Projekt dringend die kompromißlose Unterstützung industrieller Träger. Bei den Autokäufern hätte für einen neuen, zurückhaltenderen, gepflegteren Fahrstil geworben werden müssen, der aber kaum mit den Erfordernissen der übrigen Modelle in Übereinstimmung hätte gebracht werden können. Auch zu den Pressestimmen über die angeblich spritsaufenden Mazdas wäre ein Kommentar sicherlich angeraten gewesen. Gerade der von Wankel immer wieder bemühte Vergleich zu Diesel zeigt die herausragende Bedeutung der kompromißlosen Unterstützung, die ein neues technisches Verfahren braucht, wenn es in einem schon bestehenden Markt eingeführt werden soll, so wie es auch der japanische "Mr. Wankel" Yamamoto rückblickend feststellte. "No matter how innovative an invention may be, there is no invention that is absolutely perfect from the beginning. The case of the NSU-Wankel type rotary engine is one good example of untiring enthusiasm and effort having prevented an excellent invention from falling into oblivion."[157]

Wie wichtig daher Fahnenträger und Promotoren für die inner- und überbetriebliche Absicherung von Entwicklungsräumen sind und wie ungeschützte Projekte zum Spielball von Konzernstrategien werden, offenbarte sich insbesondere auch bei Daimler-Benz, dem mit Abstand wichtigsten deutschen Lizenznehmer. Denn kaum, daß der zuständige Motorenentwicklungschef Bensinger, der sich seit 1961 der Wankelsache verschrieben hatte, im Sommer 1972 altersbedingt aus dem Unternehmen ausgeschieden war, wurde der "Hahn langsam

zugedreht". Für die Öffentlichkeit bot sich zu dieser Zeit noch ein ganz anderes Bild. Die Unternehmensleitung ließ den Eindruck verbreiten - und trug damit erheblich zum aufkommenden Wankelfieber bei -, daß bei Daimler-Benz zu Beginn der 70er Jahre der Einsatz von Wankelmotoren im Pkw-Bereich ernsthaft geprüft und in Teilsegmenten sogar in absehbarer Zeit zu erwarten sei. "Wenn Bensinger 4 oder 5 Jahre jünger und nicht so krank gewesen wäre" - Bensinger starb kurze Zeit nach seiner Pensionierung an Krebs -, spekulierte ein Insider, "hätte die Sache vielleicht tatsächlich was werden können". "Vielleicht war es gut, daß er den Stillstand dieser Entwicklung nicht mehr erlebte, aber" - so selbst der frühere Pkw-Entwicklungschef Müller - "wer weiß, vielleicht wäre es mit ihm gar nicht dazu gekommen."[158] Schon Ende des Jahres 1972 wurde offen über das Ende der Entwicklungsarbeiten spekuliert und Berichte über mögliche Formen des Ausstieges und deren Folgen verfaßt. "Selbst ein sofortiger Abbruch der Wankelmotoren-Entwicklung würde keinen Prestigeverlust für unser Haus bringen, sondern als eindeutige Entscheidung der ältesten Automobilfabrik der Welt gewertet", wie es in einer Vorstandsvorlage formuliert wurde.[159] Die Entwicklungsarbeiten an verschiedenen Kreiskolben-Konfigurationen waren unter der Leitung von Wolf-Dieter Bensinger zunächst ohne Vorstandsbeschluß angelaufen und wurden - als die inoffiziellen Kontakte nicht mehr zurückgedreht werden konnten - eher widerwillig vom Vorstand abgesegnet. Schon nach kurzer Zeit hatte sich eine harte innerbetriebliche Gegnerschaft eingestellt, als sich abzeichnete, daß Bensinger die Arbeiten an konventionellen Hubkolbenmotoren zugunsten der Kreiskolben-Entwicklung stark vernachlässigte, ein schneller Serienerfolg mit Wankelmotoren aber dennoch nicht zu erwarten war. Dadurch, daß Entwicklungsleiter Nallinger von Beginn der Entwicklung an sein mangelndes Interesse am Motor nicht verschwieg, blieb die Wankelentwicklung Sache von Pkw-Motorenkonstruktionsleiter Bensinger und seiner kleinen Gruppe. Auch Nallingers Nachfolger, sein Schwiegersohn Scherenberg, blieb dem "ererbten" Motorenprojekt gegenüber distanziert. "Wenn Scherenberg das Go ahead gegeben hätte, dann wären wir drin gewesen, da hätte man nicht wieder raus gekonnt", mutmaßte ein beteiligter Entwickler und sieht die Gründe vor allen Dingen in der zögerlichen Unterstützung des Entwicklungsvorstandes: "Scherenberg hat nicht den Mut gehabt."[160]

Die erste Bilanz, die nach zehn Jahren Wankelentwicklung bei Daimler-Benz Anfang 1971 gezogen wurde, konnte daher nur ernüchternd ausfallen. "Trotz aller Anstrengungen war nach DB-Maßstäben gemessen keine Serienreife erreicht worden. Vor allem fielen die für hohe Leistungen ausgelegten Motoren... nach so kurzer Laufzeit aus, daß die Ersatzbeschaffung neuer Motoren nicht nachkam. Die in Serienproduktion befindlichen NSU- und Mazda-Motoren hatten ebenfalls noch Kinderkrankheiten zu überwinden, hier waren die

Verbesserungen jedoch an einem im Aufbau gleichgebliebenen Motor vorzunehmen. Bei DB blieben wohl ... die Grundabmessungen gleich, aber der Gesamtaufbau mußte stets den Einbauverhältnissen des jeweils produzierten Pkw-Typs angepaßt werden, wobei gleichzeitig eine Überarbeitung auf den neuesten Entwicklungsstand vorgenommen wurde", hieß es in einem internen Bericht der Wankelgruppe. Die Entwicklungsleitung hatte das Kreiskolbenteam quasi ganz elegant sich selbst totentwickeln lassen. Noch im Mai 1972, kurz vor seinem Ausscheiden, zog Bensinger ein Zwischenresümee über den Stand der Wankelmotor-Entwicklung, in dem er auf die durchaus erreichten Fortschritte hinwies, aber gleichzeitig ein offensiveres Vorgehen seitens der Entwicklungsleitung einklagte. "Vor allem muß jetzt die Erprobung auf eine wesentlich breitere Basis gestellt werden, damit möglichst bald eine Entscheidung über den Einsatz des Wankelmotors gefällt werden kann."[161]

Eine neue Organisations-Richtlinie für den Bereich der EK1, der Pkw-Konstruktion in Untertürckheim, ausgegeben am 13.11.1972, also nur wenige Monate nach der Pensionierung Bensingers, legte dagegen die folgende Aufgabenveränderungen fest: "Da der Serienanlauf der Abgasreinigung für USA 1975 in etwa 1 1/2 Jahren erfolgen muß, soll die Abteilung EK1 ab sofort wie folgt geregelt werden: K1M (Motorenkonstruktion, also Bensingers Gruppe mit dem Wankelteam - A.K.) ist innerhalb der Konstruktion grundsätzlich für die Erfüllung der Emissionsgrenzwerte durch die Motoren verantwortlich. Dieses beinhaltet sowohl die theoretisch-wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Problem, als auch die konstruktiven Arbeiten am Motor und an ihm befestigten Anbauteilen, z.B. Katalysatoren anstelle der Auspuffkrümmer". Darüber hinaus sollte K1M "ab sofort von K1VT (Versuchsabteilung - A.K.) den Abgasreinigungsumfang des M117 (Code Bezeichnung für einen konventionellen ottomotorischen Hubkolben-Reihen-Sechszylinder - A.K.) mit Katalysatoren" übernehmen. "Laufende Arbeiten in K1VT werden unter der fachlichen Leitung von Herrn Dr. Derndinger (dem Nachfolger Bensingers) innerhalb eines halben Jahres zu Ende geführt oder übergeben."[162] Damit war bereits klar, was erst 1973 offen ausgesprochen werden sollte. Scherenberg nahm eine starke Kürzung der Entwicklungsressourcen für den Wankelbereich vor. Diese sollte aber "nicht zu einem Auseinanderfallen der bestehenden Mannschaft führen, sondern (es sollte) versucht werden, bestehende Mannschaften mit zusätzlichen Aufgaben zu betrauen."[163] Die im Clean Air Act angekündigten verschärften Abgaswerte für den amerikanischen Markt sowie die im Herbst 1973 eingetretene Ölpreiskrise waren damit bei Daimler-Benz die Begründung dafür, alle riskanten Nebenwege in der Motorenfrage abzubrechen, soweit diese im Bereich der Entwicklung angesiedelt waren, um die Sicherung und Verteidigung des bisher eingeschlagenen Konstruktionspfades vorzubereiten!

Ohne eine wirkliche Verankerung der Wankelmotorentechnik konnte dieses Projekt in den jeweiligen Unternehmen beliebig verschoben werden. Der beim japanischen Mazda-Konzern erreichte Entwicklungsstand oder gar die Existenz des wankelgetriebenen Ro80 allein konnte die herrschende Meinung der Branche nicht beeinflussen. Die Anschlußzwänge im automobilen Entwicklungsbereich waren noch zu stark, das bisherige Verständnis von Automobil noch viel zu tief in die Denk- und Handlungsstrukturen der Ingenieure und Automobilnutzer gleichermaßen eingelagert. Solange sich auch genügend Druck auf die staatliche Rahmenplanung entwickeln ließ und damit erfolgreich auf die Funktionsstabilisierung des konventionellen Automobils eingewirkt werden konnte, solange war der Branche auch kein Wechsel in der Antriebsfrage schmackhaft zu machen. Die kleine Schar der weltweiten Wankelentwickler hatte es zudem verpaßt, die Arbeiten untereinander nicht nur technisch anzugleichen, sondern auch als gegenseitige Referenz zu nutzen, um sich im innerbetrieblichen Gefüge besser zu positionieren. Selbst in der Hochphase des nordamerikanischen Wankelfiebers berichtete Bensinger im März 1972 relativ nüchtern über die Entwicklungen des Branchengiganten General Motors. Zu einer Zeit, in der die Öffentlichkeit fast täglich auf die Serienfreigabe von GM-Wankelmotoren wartete, nutzte Bensinger diese günstige Konstellation nicht, um auf die Dringlichkeit der eigenen, gerade ja abgewürgten Arbeiten hinzuweisen, sondern ging in seinem Bericht davon aus, "daß GM nicht so schnell mit dem Wankel herauskommen" werde. Überhaupt sei auch gar kein eigenes Wankelauto geplant. "In der GM-Spitze gäbe es starke Befürworter ebenso wie starke Gegner des Wankelprojektes". Bensinger nahm an - so ist es der entsprechenden Notiz zu entnehmen, "daß evtl. ab 1975 der Wankelmotor in verschiedenen Stückzahlen als Option angeboten wird und daß dann nach der Aufnahme am Markt später entschieden wird, ob die Entwicklung weiterläuft oder aufgegeben wird". Bensinger hatte den Eindruck, daß der GM-Präsident Ed Cole, "der das Wankelprojekt stark forciert, über den wahren Stand der Dinge nicht voll informiert ist und wegen mangelnder Einsicht in die Schwierigkeiten zu optimistisch ist."[164] Eindrücke, die den Vorstand nicht zu einer baldigen pro-Wankel-Entscheidung ermutigen mußten. Überhaupt hatten viele Beobachter der Wankelszene in den 60er und frühen 70er Jahren den Eindruck, daß der Firmenstolz und das Bewußtsein in der ältesten Automobilfabrik der Welt, allein die definitiven Innovationsschritte vollbringen zu können, selbst in der Wankelgruppe - trotz aller internen Anfeindungen - noch so stark verankert war, daß Kooperation, auch in Teilgebieten, mit NSU oder Mazda nie ernsthaft in Erwägung gezogen wurde. "Wir hatten andere Ziele", lautete die lapidare Antwort der Entwickler auf entsprechende Vorhaltungen.[165]

Der Diesel als Retter der konventionellen Technik

Mit der Entscheidung, in Zeiten der äußeren Bedrohung lieber zur reinen Lehre zurückzukehren, sprich auch in Zukunft auf den Hubkolben-Verbrennungsmotor zu setzen, war es allein aber natürlich noch nicht getan. Jetzt mußte erst noch bewiesen werden, daß mit der konventionellen Technik tatsächlich eine Absenkung der Schadstoffwerte sowie eine Verminderung des Kraftstoffverbrauches möglich war. Die amerikanischen Unternehmen versuchten, durch die Verkleinerung des Volumens ihrer großen, zumeist achtzylindrigen Hubkolben-Ottomotoren, durch eine Erhöhung der Verdichtung, der Einführung elektronisch gesteuerter Einspritzsysteme, der Verwendung hängender, kopfgesteuerter Ventile sowie durch eine Reduzierung der Fahrzeuggewichte mit etablierten, konstruktiven und in Europa bereits bewährten Maßnahmen eine Verbrauchsreduzierung zu erreichen. Diese gesicherten Innovationspfade standen den europäischen Unternehmen in dieser Form nicht zur Verfügung. Allerdings mußten die Big 3 diese risikolosen Adaptionsmaßnahmen an die europäischen und japanischen Vorgaben mit einem erheblichen Verlust an Marktanteilen bezahlen, da die Hersteller aus diesen Ländern bereits verbrauchsoptimierte Antriebe anboten.[166]

Anders als die scheinbar so maßlosen Bedingungen in Nordamerika markierten die Verwendungskontexte in Europa und Japan eindeutiger und unmißverständlicher die Grenzen in Raum- und Ressourcenfragen. Dementsprechend wurde der gemeinsam getragene Weltstandard kulturraumspezifisch hier in kompakte, kleinvolumige und hochverdichtete Aggregate interpretiert. Für die europäischen Konstrukteure boten sich daher nicht die vorskizzierten und weitgehend risikoarmen Entwicklungsperspektiven wie sie den amerikanischen Kollegen zur Verfügung standen, da auch in Europa mittlerweile Sicherheitsauflagen zusammen mit Forderungen nach einer Reduzierung der Abgase mit der durch die Ölkrise 1973/74 eingetretenen Notwendigkeit zu einer noch weiteren Verbrauchsabsenkung zusammentrafen. Die Sicherheitsauflagen bedeuteten eine Erhöhung des Fahrzeuggewichtes, was sich genauso nachteilig für den Verbrauch auswirkte wie die zur Abgas-Entgiftung notwendigen end-of-pipe-Maßnahmen. Mit einer Erhöhung der Verdichtung den thermischen Wirkungsgrad der Ottomotoren zu steigern, ließ zwar den Kraftstoffverbrauch sinken, steigerte aber durch die höheren Verbrennungstemperaturen den Ausstoß von NOx, und damit genau der Schadstoffklasse, die bisher mit der Katalysatorentechnik noch am wenigsten in den Griff zu bekommen war. Freilich sollten in zwanzig Jahren inkrementaler Entwicklungsarbeit auch bei ottomotorischen Hubkolben-Verbrennungsmotoren dank innermotorischer Optimierungen, dem Einsatz neuer Werkstoffe und elektronisch gesteuerter Meß- und Regelsysteme

im Zusammenspiel mit Verbesserungen bei der katalytischen Abgasbehandlung meßbare Erfolge möglich sein.

Zum Nachweis notwendiger spektakulärer Erfolge - die das Beharren auf dem bislang verfolgten Konstruktionsweg ja erst plausibel werden ließen - fehlte es den europäischen Konstrukteuren aber im gesicherten Technikterrain an Perspektiven. Die europäischen Automobilkonzerne standen daher unter besonders hoher Spannung. Einmal hatte man sich nicht vom sicheren Pfad der Hubkolben-Verbrennungsmotoren wegbewegt, zum anderen mußten hinsichtlich der Verbrauchs- und Abgaswerte dringend spektakuläre Ergebnisse her. Diesen Druck bekamen die Wankel-Entwicklungsgruppen bei VW und Daimler-Benz zu spüren. Zwar hatten diesen die Vorstände keine Entfaltungsräume gelassen, und im Falle von Daimler-Benz wurde immer unmißverständlich das fehlende Interesse signalisiert, nun aber wurden plötzlich verwertbare Ergebnisse verlangt, oder es würde - wie es selbst der Wankel-interessierte Konzernchef von VW Leiding ausdrückte - der "ganze Laden dicht gemacht".[167] Die verschiedenen Mercedes-Prototypen sowie die in der Erprobung befindliche zweite Generation von Wankelmotoren bei Audi NSU konnten zwar Fortschritte in der mechanischen Haltbarkeit, in der Erreichung der notwendigen Abgasgrenzwerte sowie in den generellen motorischen Eigenschaften vorweisen. Unter den eingeräumten Umständen mußte aber der Nachweis einer Serientauglichkeit noch ausbleiben. Unsicherheiten bestanden weiterhin in den thermodynamischen Grundlagen. Die Erfahrungen und Richtwerte aus der Hubkolbenentwicklung fanden bei den rotierenden Kolben keine Anwendung, neues Wissen mußte erst mühsam erarbeitet werden, die Ingenieure zeigten sich ohne eindeutiges Industriesignal zögerlich, die Zulieferindustrie blieb distanziert und die Fertigungskosten waren damit weiterhin unkalkulierbar. Die Mitteilungen an die Genuß-Schein-Inhaber brachten es - wahrscheinlich eher ungewollt - auf den Punkt: "Der Wankelmotor ist als völlig neuartige Motorenkonzeption auf Optimismus und Vertrauen in die wirtschaftliche Zukunft angewiesen, denn die für seinen endgültigen technischen Durchbruch erforderliche Massenproduktion setzt Entschlußfreudigkeit und Investitionsbereitschaft voraus, die nur unter stabilen Verhältnissen erwartet werden können."[168] Diese Bereitschaft fehlte in dem auf drei Entwicklungsstandorten verteilten VW-Konzern, während bei Mazda im fernen Japan, neu formiert, diese Voraussetzungen zumindest für ein Teilsegment bestanden, was später durch den Verkaufserfolg des RX-7 auch belohnt werden sollte.

Bei der Technischen Entwicklungssitzung der Daimler-Benz AG in Untertürckheim, an der die für die verschiedenen Entwicklungs- und Forschungsbereiche zuständigen Direktoren teilnahmen, kündigte sich allerdings schon im Sommer 1970 ein neuer technischer Trend an, mit dem auch die europäische

Autoindustrie die aktuellen verschärften Rahmenbedingungen im weitgehend gesicherten technischen Terrain bearbeiten sollte. Auf dieser Sitzung beschloß die Entwicklungsleitung nämlich die rasche Einführung des "OM 617", einem neu entwickelten fünfzylindrigen Diesel-Hubkolbenmotor. "Als Motivation für den raschen Serieneinsatz des OM 617 nannte Herr Dr. Scherenberg (der damalige Entwicklungsvorstand - A.K.) u.a. die Wichtigkeit, das Image der Mercedes-Benz Diesel-Pkw aufzupolieren. Das Risiko, das damit andererseits eingegangen werde, sei wegen der relativ kleinen vorgegebenen Stückzahl eng begrenzt", hieß es im entsprechenden Protokoll.[169] Offensichtlich war die Daimler-Benz AG durchaus bereit, unter bestimmten Verhältnissen technische und wirtschaftliche Risiken einzugehen und in kleineren Stückzahlen zu kalkulieren. Freilich mußte ein solches Projekt offenbar sehr stark in bestehende Denktraditionen eingebettet sein. Diese Sitzung der leitenden Konstrukteure der Daimler-Benz AG ergab die betriebsinterne Verständigung über die zukünftig einzuschlagenden technischen Entwicklungsrichtungen. Angesichts der politischen und gesellschaftlichen Umstände in Nordamerika und Europa waren sich die Herren im Frühjahr 1973 darüber einig, die Wankeloption noch weiter zurückzustellen und damit faktisch aufzugeben. Für den wichtigen nordamerikanischen Markt wurden die vom Branchenführer GM ausgegebenen Signale als das Bestreben zur Fortsetzung des konventionellen Hubkolben-Ottomotor mit nachgeschaltetem Katalysator decodiert. Bemerkenswert ist hingegen, daß noch bevor die Ölpreiskrise tatsächlich im November 1973 ihrem ersten Höhepunkt zustreben sollte, die Herren sich auf die Aktivierung der bislang etwas stiefmütterlich behandelten Diesellinie im eigenen Motorenprogramm besannen, die im Konzern schon seit 1936 kontinuierlich im Produktprogramm vertreten war. Die Früchte dieser Entscheidung sollte das Unternehmen bereits im Jahr 1974 ernten. Als eine der wenigen Automobilunternehmen verfügten die Untertürckheimer damit rechtzeitig über eine jederzeit aktivierbare, bestens erprobte Motorenlinie als Alternative zum herrschenden Ottomotor. Die neuen Rahmenbedingungen, so wie sie in den USA als Resultat der politischen Auseinandersetzungen entstanden waren, boten für den bestehenden, freilich etwas verstaubten Dieselmotor beste Voraussetzungen. Im Gewand eines Hubkolbentriebwerks und im Viertakt-Arbeitsverfahren verfügte das dieselmotorische Verbrennungsverfahren im Vergleich zum Ottomotor über einen Verbrauchsvorteil von durchschnittlich 25%. Zwar bildeten NOx, durch die höheren Verbrennungstemperaturen, sowie der Ausstoß von Partikeln, bedingt durch die beim Dieselverfahren nur unvollständige Vermischung zwischen flüssig eingespritztem Kraftstoff und hoch verdichteter Luft, ein ernstes Emissionsproblem, beide Schadstoffklassen waren aber zunächst gar nicht (Partikel) oder für längere Zeiträume nur moderat limitiert (NOx).

Lange Zeit hatte der Dieselmotor im Weltautomobilbau bei Pkw-Konstrukteuren mit erheblichen Imageproblemen zu kämpfen gehabt. Im Gegensatz zu den automobilen Entstehungszusammenhängen des Ottomotors wurden die ersten konstruktiven Wege des dieselmotorischen Antriebs von Unternehmen des Schwermaschinenbaus realisiert. Die Maschinenbaufabrik Augsburg Nürnberg (M.A.N.) als federführende Entwicklungsfirma plante von Beginn an eine Begrenzung möglicher Anwendungsgebiete auf stationäre Bereiche als Ersatz für die bis dahin dominierenden Kolben-Dampfmaschinen. Die ersten Baureihen repräsentierten daher das dieselmotorische Verfahren als eine Art Dampfmaschine des 20. Jahrhunderts. Durch die vergleichsweise gute Verwertung des eingesetzten Brennstoffs erweiterten sich zwar die Anwendungsgebiete des Diesels, die Motoren konnten als Schiffsantriebe eingesetzt werden, später auch im schienengebundenen Verkehr sowie im Schwerlastbereich, doch blieb dieses Motorenprinzip aus Sicht der Automobilkonstrukteure mit schmutzigen Verwendungsgebieten assoziiert. Im fein ausdifferenzierten Wissenskanon der Motorenbauer galt der Diesel als zwar genügsamer, aber auch als sehr schwerer und damit für den automobilen Pkw-Bereich nicht verwendbarer Verbrennungsmotor. Die bisher eingeschlagenen Konstruktionslinien im Dieselmotorenbau unterstützen diese Haltung. Versuche in den 20er und 30er Jahren, das dieselmotorische Antriebsverfahren beispielsweise für Motorräder oder gar für den Flugzeugantrieb zu verfeinern, blieben in der herrschenden Meinung weitgehend ohne Resonanz, obwohl gerade der Junkers Zweitakt-Gegenkolben-Diesel mit hervorragenden Resultaten seine Serientauglichkeit unter Beweis stellen konnte. Freilich waren die Maßnahmen, die ja ein Abweichen von der klassischen Diesellinie bedeuteten, nicht unter der Federführung der im Diesel-Ring zusammengeschlossenen Firmen M.A.N., Krupp und Klöckner-Humboldt-Deutz entstanden, infolge dessen konnten diese Arbeiten daher auch auf wenig Resonanz innerhalb der Community hoffen.

Mit weitgehender Adaption der ottomotorischen Vorgaben wurde dem Dieselantrieb später zwar der Zugang zum automobilen Kernbereich eröffnet, aber nur um den Preis deutlich schlechterer Fahrleistungen. Freilich bot diese Anerkennung etablierter Konstruktionswege auch die Voraussetzung dafür, daß die Dieselmotorentechnik insbesondere in Frankreich und in Deutschland auch in den 50er und 60er Jahren vorwiegend für den Taxi-Betrieb vorgehalten wurde und nun als konstruktions- und produktionstechnisch stabiler Wissens- und Erfahrungsbestand zur Verfügung stand. Bei Daimler-Benz liefen beispielsweise beide Motorenlinien auf einer Fertigungsstraße, wahlweise konnten die unterschiedlichen Zylinderköpfe auf die Gehäuse montiert werden. Damit verfügte das Unternehmen über den ökonomisch unschätzbaren Vorteil, jederzeit eine zum herrschenden ottomotorischen Prinzip vorhandene Alternative anbie-

ten zu können, die konstruktiv und produktionstechnisch beherrscht wurde, deren Einsatz kein Risiko darstellte und deren Leistungsprofil - niedriger Verbrauch, vergleichsweise günstige Schadstoffwerte - in wichtigen Parametern geradezu den neuen Kontextbedingungen auf den Leib geschneidert schien. Über mangelnde Fahrleistungen sahen Käufer in dieser Phase der Ölpreispanik diesmal offenkundig hinweg, Hauptsache, das Auto fuhr und brauchte deutlich weniger Kraftstoff.

Die Wankel-Entwicklungsgruppe bei Daimler-Benz, die zwar von Beginn an in der Vor-Entwicklung etabliert war, konnte unter diesen Bedingungen kaum noch Land gewinnen und stand nun noch stärker unter dem Druck der Versuchsabteilung, die "massiv gegen den Motor arbeitete"[170]. Der Verbrauch blieb gegenüber dem Hubkolben-Ottomotor höher, und im unteren Drehzahlbereich machte sich weiterhin ein Schieberuckeln bemerkbar. Allerdings waren diese rein technischen Probleme kaum noch wichtig. Selbst "wenn er jetzt gegangen wäre", so der zuständige Entwicklungsleiter, "wir hätten ihn nicht genommen"[171], da die Fertigung eines Wankelmotors nicht die Möglichkeit geboten hätte, sich wahlweise zwischen Diesel- und Ottomotoren zu entscheiden. Überlegungen, den mit einem Vier-Scheiben-Wankelmotor bestückten Sportwagen C 111, der bei seinem Erscheinen großes Aufsehen erregt hatte und für den sofort Hunderte von Bestellungen in Untertürckheim eintrafen, in einer Kleinserie anzubieten, blieben in der Schublade. Die Pläne waren von der Vertriebsleitung mit der Frage gekontert worden, zu welchem Zeitpunkt denn alle Fahrzeuge der Daimler-Benz AG mit Wankelmotoren ausgestattet werden würden. Da dies aber völlig unabsehbar war, stellte in den Augen des Vertriebes ein solcher Sport-Wankel das "völlig falsche Signal" für die Kunden dar, und sie rechneten dem Vorstand exorbitante Kosten vor, die bei der Pflege eines solchen Exoten im Angebot allein für Vertrieb und Wartung entstehen würden.[172] Auch hier zeigte sich wieder einmal, daß die Hersteller sehr an der Pflege eines ganz bestimmten Standardantriebes interessiert waren, abweichende Konstruktionen gab man noch nicht einmal zu Testzwecken gerne in Kundenhände. Denn es drohte damit ja immer potentiell die Gefahr, daß sich Veränderungen im Verständnis von Automobilen einstellen könnten und damit plötzlich eine ganze Industrie das falsche Produkt anbot. Schon kleine Marktnischen waren da sehr gefährlich, nur gut, daß es der kleinen NSU AG sowie dem Mazda-Konzern an ökonomischer Kraft gefehlt hatte, eine entsprechend notwendige Pflege für die abweichenden Produkte aufzubringen.

Im neu formierten VW-Konzern, der nun mit Wolfsburg, Ingolstadt und Neckarsulm über drei Entwicklungsstandorte für Antriebsaggregate verfügte, blieb die Situation völlig unübersichtlich. Noch Ende der 60er Jahre hatte sich in Wolfsburg eine kleine Gruppe mit Rotationskolbenmaschinen beschäftigt.

Mit Blick auf den erwarteten Kauf der NSU galt es, noch schnell einen eigenen Wissens- und Erkenntnisstand in dieser neuen Antriebstechnik zu erarbeiten, um mit eigenen Expertisen möglichen Neckarsulmer Ansinnen entgegen arbeiten zu können. In bewußter Konkurrenz zu den fortgeschrittenen NSU- Wankelarbeiten entschied sich die Wolfsburger Gruppe für einen im Verhältnis 5:4 drehenden Rotationskolbenmotor (KA5), womit ganz bewußt die in Neckarsulm bereits getroffene Schließungsentscheidung nicht anerkannt wurde. Unter dem Gewand der Verfolgung einer besseren Idee verbarg sich allerdings nichts anderes als die Etablierung eines Konkurrenzprojektes. Eine konstruktive Zusammenarbeit zur Durchsetzung eines Rotationskolbenantriebes zwischen Neckarsulm und Wolfsburg stand nie auf der Tagesordnung.[173] Nach dem Kauf der NSU wurden die Arbeiten an Rotationskolbenantrieben in Wolfsburg allerdings schnell wieder eingestellt. Im neuen Konzernverbund hatten die Wolfsburger Motorenbauer keine sonderlich gute Reputation. Noch zu sehr standen hier die Arbeiten im Schatten des Auslaufmodells luftgekühlter Boxermotoren, die man viel zu lange gepflegt hatte. Mit der Entscheidung zur Verwendung wassergekühlter Vierzylinder-Reihenmotoren in den neuen Modellen hatten seit 1972 die Ingolstädter Motorenbauer im Konzerngefüge die Nase vorn. Während die Wolfsburger also noch nach einem eigenen technischen Profil suchten, kämpften die Neckarsulmer verbissen an der Entwicklung des KKM 871, der zweiten Generation von Wankelmotoren. Offenbar führte eine von den Wolfsburgern zusammen mit der Klöckner-Humboldt-Deutz erarbeitete Studie über objektive Bewertungskriterien von Antriebssystemen im Sommer 1972 auch hier zur Idee, ein Pkw-taugliches Dieselaggregat zu entwickeln. Ähnlich den Strategieüberlegungen der Daimler-Benz-Spitze dominierte auch in der Wolfsburger Entwicklungsgruppe die Überlegung, mit diesem Antrieb eine weitgehend bekannte Technologie zur Verfügung zu haben, mit der - nach entsprechenden Kultivierungsarbeiten - den Anforderungen der Zeit nach Kraftstoffersparnis und Absenkung der Schadstoffwerte weitgehend entsprochen werden konnte. Jedenfalls bestand die Aussicht, auch im weitgehend gesicherten Wissenskanon mit bekannten und bewährten Konstruktionselementen auf der Grundlage weltweit akzeptierter thermodynamischer Annahmen arbeiten zu können, um mit den erhofften Ergebnissen die von der Öffentlichkeit erwartete Reformfähigkeit zu demonstrieren. Während bei Daimler-Benz aber schon seit vielen Jahren Entwicklungs-, Fertigungs- und Vertriebskompetenzen für Dieselaggregate existierten, verfügte der VW-Konzern an keinem der Standorte über Erfahrungen im Bau von Dieselmotoren. Die Überlegungen der Wolfsburger Projektgruppe stießen daher im Konzern zunächst auf wenig Resonanz. Projektleiter Peter Hofbauer ("...wir sollten eigentlich einen Diesel haben") verfügte aber über ein ausgezeichnetes persönliches Verhältnis zu dem seit 1970 amtierenden Ent-

wicklungsvorstand Ernst Fiala. Beide stammten aus Österreich und sollten sich nicht nur in dieser Angelegenheit zu einer strategischen Achse zusammenfinden.[174] Wenig begeistert zeigte sich hingegen der seit Ende 1971 amtierende Konzernvorstandschef Leiding. Als ehemaliger Ingolstädter hielt er von dem Wolfsburger Motorenprojekt nicht viel und fand in seiner skeptischen Haltung Unterstützung bei der Vertriebsleitung. Für die Durchsetzung eines solchen neuen Projektes mußte der Vertrieb die zu erwartenden Absatzzahlen prognostizieren, auf deren Grundlage dann die gesamten Kostenrechnungen kalkuliert wurden. Bei den befragten Händlern konnte jedoch keine offenherzige Stimmung gegenüber einem Dieselprojekt ausgemacht werden, die errechneten Absatzzahlen blieben niedrig, die Kosten hoch und damit das Projekt Diesel in der Schublade. Das Denken im VW-Konzern war nach wie vor sehr stark von der lange Zeit vorherrschenden Monostruktur geprägt, in der Änderungen eher als Bedrohung wahrgenommen wurden. Mit der neuen Motorreihe waren offenbar die Kapazitäten für die Aufnahme von Veränderungen schon ausgeschöpft, der Bedarf an Revolutionen gedeckt.

Aber das neue Team Fiala-Hofbauer wußte zu kämpfen. Um die großen Vorbehalte gegenüber Dieselmotoren beim Vertrieb abzubauen, besorgte sich die Projektgruppe einen Peugeot-Diesel - Peugeot war zu diesem Zeitpunkt der größte Pkw-Dieselmotorenhersteller der Welt -, verbesserte Leistungsstärke und Laufeigenschaften durch verschiedene technische Kniffe und Tricks und präsentierte schließlich das unter der Aufsicht von Entwicklungschef Fiala zusammengefügte neue Aggregat "in einer großen Show" den Vertriebsleuten. Die Aktion verfehlte ihre Wirkung nicht, der Vertrieb errechnete plötzlich höhere Absatzzahlen, die Kosten schienen nun akzeptabel und auch Konzernchef Leiding gab auf der entsprechenden Produkt-Strategie-Konferenz (PSK) im Sommer 1973 seine grundsätzliche Zustimmung zum Start der Entwicklung. Die Vorbehalte blieben allerdings virulent, und die eingerichtete Projektgruppe bekam zunächst "nur die schlechtesten Leute." Das Lastenheft war so formuliert, daß der neue Dieselmotor möglichst nahe an die Eigenschaften der von den Ottomotoren gewöhnten Standards heranreichen sollte, keinesfalls aber schlechter als der 1,1 L-Hubkolben-Ottomotor sein durfte. Zwei grundlegende Konzepte sollten zunächst verfolgt werden: ein luftgekühlter Boxer-Diesel sowie ein wassergekühlter Reihen-Vierzylinder; letzteres Projekt unter der Leitung von Hofbauer bekam - wen sollte es wundern - tatsächlich den Entwicklungsauftrag.[175]

Der Ausflug in die Dieselmotorentechnik darf allerdings in seinem Schwierigkeitsgrad für die praktische Konstruktionsarbeit nicht unterschätzt werden. Die Hofbauer-Gruppe eruierte zunächst den bereits vorhandenen Erkenntnisstand, um auf diesem neuen Terrain möglichst keinen Millimeter vom bekannten Wissensstand abzuweichen. Nach der Konsultierung von Diesel-

motoren-Experten bei Lucas in Großbritannien sowie bei M.A.N. entschied sich das Team für einen Wirbelkammer-Diesel als "besten Kompromiß". Der Stand der Technik im Dieselmotorenbau repräsentierte zu dieser Zeit auf der Basis des Viertaktverfahrens im Hubkolbentriebwerk zwei unterschiedliche Grundprinzipien in drei verschiedenen Bauformen: Der flüssige Brennstoff konnte einmal direkt in die im Zylinder heiß verdichtete Luft eingespritzt werden, oder aber der Brennstoff wurde zunächst in einen vom Hauptzylinder abgetrennten Teil (Kammer) gespritzt, mit der dort bereits vorverdichteten Luft verwirbelt, um dann mit dem entstandenen Verbrennungsdruck den Prozeß im Hauptzylinder beginnen zu lassen. Beide Grundphilosophien der modernen Dieseltechnik verfügen über diverse Vor- und Nachteile. Das Direkteinspritzverfahren ist sicherlich die kompromißloseste Umsetzung des klassischen dieselmotorischen Prinzips in einem Hubkolbenmotor. Der Brennraum kann äußerst kompakt mit einer geringen spezifischen Oberfläche konstruiert werden, entsprechend gering ist der Kraftstoffverbrauch. Allerdings stellt das direkte Einspritzen hohe Anforderungen an die Mechanik und Elektronik des Einspritzsystems, das den flüssigen Kraftstoff mit der hochverdichteten Luft vermischen muß. Unangenehme Verbrennungsgeräusche und ein hoher Anteil von NOx sind Nachteile, die aber beispielsweise im Schwerlastverkehr schon seit über zwanzig Jahren in Kauf genommen werden. Das Kammerprinzip, aus einer Vielzahl von möglichen Geometrien blieben nur noch Wirbelkammer und Vorkammer übrig, bewirkt durch die langsamere, etappenweise einsetzende Verbrennung einen weicheren und auch leiseren Motorenlauf, die hierfür aber notwendige zerklüftete Form des Verbrennungsraums bedingt durch die größere spezifische Oberfläche gegenüber dem direkteinspritzenden Verfahren einen deutlich höheren Kraftstoffverbrauch. Die Wolfsburger Gruppe entschied sich damit unter den kritischen Rahmenbedingungen für den pragmatischsten Lösungsweg, wobei man von einer möglichst weitgehenden Übernahme bereits bewährter Bauprinzipien zu profitieren hoffte, um aus einem bislang eher trägen Motor einen "Schnelläufer" zu entwickeln, der den Ansprüchen der ottomotorisch eingewöhnten Kunden genügte.

2.3 Showdown im VW-Konzern

KKM 871

Die offizielle Zustimmung der Konzernleitung zum Einstieg in die Diesel-Technologie und die Definition eines entsprechenden Entwicklungsauftrages im Sommer 1973 für die Wolfsburger Gruppe blieb im Konzern nicht ohne Wirkung. Aus Sicht des Neckarsulmer Welt-Wankel-Zentrums mußte der Einstieg in eine neue Technologie Irritationen hervorrufen, denn immerhin verfügte man mit dem KKM 671 bereits über Serienerfahrung mit einem neuen Antriebssystem, dessen zweite Generation, der KKM 871, bereits auf den Prüfständen lief und begründete Hoffnungen auf die Erreichung der strengen US-Abgasvorschriften lieferte. Aber zu dieser Zeit hatten die amerikanischen Hersteller unter der Führung von General Motors bereits eine erste Verschiebung bei den Einführungsterminen durchgesetzt. Jedenfalls schien die politische Bedrohung in Sachen Abgasgrenzwerte auch für die europäischen Produzenten kalkulierbar. Bei den französischen, italienischen und deutschen Konzernzentralen glaubte man offensichtlich, unter diesen Bedingungen mit der Einführung von Pkw-Dieselaggregaten doch einen guten Kompromiß zwischen dem Zwang zu Innovationen in der Antriebsfrage und den Bedürfnissen nach kalkulierbaren technischen Lösungen finden zu können.

Die ökonomische Situation des VW-Konzerns blieb von diesen Turbulenzen im Weltautomobilbau allerdings nicht verschont. Von August 1972 bis August 1974 mußte praktisch der gesamte Serienanlauf der kompletten neuen Modellpalette - Golf, Scirocco, Polo sowie Audi 50 und Audi 80 - organisiert werden. In diesem Überlebenskampf setzte die Konzernführung mehr denn je auf die reine Lehre, für experimentelle Kleinserien gab es keine politische Unterstützung.[1] Der Ausbau einer neuen Fertigungsstätte für Wankelantriebe im Saarland, noch ein Erbe aus der Zusammenarbeit von NSU mit Citroën, wurde gestoppt; im Mai 1974 "wurden die Entwicklungskapazitäten für die Kreiskolbenmotoren gedrosselt und besonders die Serienentwicklung übernahm statt dessen von Wolfsburg übertragene Aufgaben an Hubkolbenmotoren."[2] Auch dem Ro80 wurden unter diesen Umständen nur wenig Modellpflege zuteil.[3] Leitende Entwicklungsingenieure der zweiten Wankelgeneration sprechen 1973 daher auch vom "Umschaltjahr". Zwar wurde auch weiterhin "kräftig gewühlt", dennoch realisierte man langsam die faktischen Machtverhältnisse, die eine Unterstützung der Wankeltechnologie im Konzerngefüge als kaum noch aussichtsreich erscheinen ließen. In den USA war der Absatz von Wankel-angetriebenen Mazdas eingebrochen, das Unternehmen unter der Kontrolle von Banken und General Motors wollte sich nicht mehr recht zum Projekt eines Kreiskolbens

bekennen. Aber auch in Deutschland gingen die Absatzzahlen im Krisenjahr 1974 deutlich zurück. Die sich weiterhin bedrohlich zuspitzende Liquiditätskrise des Konzerns ließ die Finanzleute Oberwasser gewinnen. Im Februar 1975 mußte schließlich auch der zweite Nordhoff-Nachfolger Rudolf Leiding seinen Posten an den als knallharten Sanierer bekannten Toni Schmücker abgeben. "Die technische Krise hatte Leiding gemeistert. Doch als er sich aufmachte, auch das Exportproblem durch den Neubau einer VW-Fabrik in den USA zu lösen, kam es zur offenen Rebellion auf der Vorstandsetage."[4] Dem "Anti-Gewerkschaftler" Leiding wurde die wieder erstarkte Achse zwischen Finanzvorstand Friedrich Thomée und dem Aufsichtsratsmitglied und Gewerkschaftsboß Eugen Loderer zum Verhängnis.[5]

Unter dem branchenfremden Schmücker mußten alle Projekte politisch neu gewichtet und abgesichert werden. Der Standort Neckarsulm - so verkündete Schmücker recht bald - müßte aus Kostengründen bald ganz geschlossen werden, die Fertigung des Ro80 sei aus finanzieller Perspektive ebenfalls untragbar. Allerdings verhallten diese Kraftsprüche nicht ungehört, denn dieses Mal erhielt der Standort die in früheren Jahren so oft vermißte politische Unterstützung. "Sie können in Baden-Württemberg keine Autofirma schließen und schon überhaupt keine Entwicklung"[6], mußten die Konzernlenker in Wolfsburg recht bald die Grenzen der betriebswirtschaftlichen Steuerung durch den Volkswagen-Konzern erkennen. Landesvater Filbinger hatte nach Bekanntwerden der Schließungspläne sofort persönlich in Bonn interveniert, denn der Bund und das Land Niedersachsen waren Mehrheitsaktionäre bei VW. Baden-Württembergische Genossen und Gewerkschafter, beispielsweise Erhard Eppler und der jetzige IG Metall-Chef Klaus Zwickel, machten sich ebenfalls für Neckarsulm ("Neckarsulm darf nicht sterben") stark.[7] Der Produktions- und Entwicklungsstandort Neckarsulm konnte schließlich durch Übernahme der Fertigung einer Porsche-Modellreihe gerettet werden. Allerdings stand Neckarsulm weiterhin zur Disposition. Da eine Schließung für den VW-Konzern aber politisch nicht durchsetzbar war, entwickelten die Konzernplaner eine Reihe von Produktideen für Neckarsulm, beispielsweise eine Motorradproduktion oder gar eine Traktorenfertigung aufzunehmen.[8] Auch das Wolfsburger Dieselprojekt stand auf Schmückers Streichliste. Auf der ersten PSK-Sitzung unter seiner Leitung im Jahre 1975 spitzte sich der Konflikt um Pro und Kontra des Dieselaggregates zu. Aber im Unterschied zum Wankelprojekt war der Diesel-Entwicklungsauftrag in der Hierarchie gut abgesichert und verfügte über geeignete Fahnenträger und Promotoren. Mit den Worten "entweder ziehen wir das jetzt durch, oder ich schmeiße die Brocken hin" machte Vorstand Fiala offenbar der PSK deutlich, daß er mittlerweile sogar sein persönliches Schicksal daran geknüpft hatte.

Durch einige Manipulationen und Tricks in der Kostenrechnung konnte der Abschuß des Projektes schließlich tatsächlich verhindert werden.[9]

Im Konzern stand außerdem die Entscheidung an, wie denn die Markenprofilierung der Audi NSU AG im oberen Segment technisch umgesetzt werden sollte. Nachdem der Ro80, von der kleinen NSU AG eingebracht, weder von den Wolfsburger noch Ingolstädter Ingenieuren akzeptiert wurde, obwohl sich die Wolfsburger Konzernherren gerne damit chauffieren ließen, stand jetzt der Audi 100 im Mittelpunkt, über dessen zukünftige Motorisierung noch entschieden werden mußte. Für 1976 war ein Modellwechsel avisiert, wobei sich der Anspruch auf eine repräsentative Limousine kaum mit den konventionellen 4-Zylinder-Aggregaten der übrigen Modelle befriedigen ließ. Eine denkbare und branchenübliche Aufrüstung des Hubkolbentriebwerks auf sechs Zylinder konnte in diesem Falle nicht realisiert werden, da durch den bei Audi üblicherweise vorne längs eingebauten Motor nicht genügend Bauraum zur Verfügung stand. Der Kreiskolbenmotor KKM 871 aus Neckarsulm, der bereits Tausende von Testkilometern erfolgreich überstanden hatte, stand mit einem Leistungsvermögen von 170 PS sowie mit dem vergleichsweise geringen Platzbedarf als interessante Option zur Verfügung. Leidings Interesse an diesem Motor fand in seinem Nachfolger Schmücker keine unmittelbare Fortsetzung. Entwicklungsvorstand Fiala bewertete den Wankelantrieb vor allem für kleine Marktsegmente als eine zwar interessante Alternative - in einem SPIEGEL-Interview bezeichnete Fiala den Wankel sogar einmal als "eigentlichen Ingenieurs-Traum"[10] -, zu der gleichen kompromißlosen Unterstützung wie für das Dieselprojekt seines Landsmannes Hofbauer konnte er sich jedoch nicht entschließen, zumal er von Hofbauer, der nunmehr in Wolfsburg für die dortige Motorenentwicklung zuständig war ("ich war der Killer des Wankels"), über den Neckarsulmer Motor nur Negatives zu hören bekam.[11] Aber noch konnte der Konzern wenige Jahre nach der spektakulären Fusionsverhandlung kein Ende dieser Motorenlinie verkünden, noch war der VW-Vorstand an die 4-Punkte-Erklärung gebunden. Darüber hinaus kassierte das Unternehmen auch weiterhin noch fleißig Lizenzgebühren in Millionenhöhe, die nur bei einer Pflege dieser Entwicklung gerechtfertigt waren.

Schmücker schob die Frage der Audi 100-Motorisierung, die unweigerlich mit der Zukunft des Wankels im VW-Konzern gekoppelt war, daher zur Tochter Audi NSU AG nach Ingolstadt. Bereits seit 1975 lenkte hier Ferdinand Piëch als Entwicklungsvorstand der Audi NSU AG die technischen Geschicke der VW-Tochter. Aus Sicht des aus Österreich stammenden Piëch war die gesamte Wankelentwicklung nur dank der Protektion Leidings noch aktiv. Ihn schmerzte immer noch die demonstrative Vernichtung seines bei Porsche für die damalige VW AG entwickelten Mittelmotorwagens, den EA 266, den Leiding - von

seinem Vorgänger Lotz geerbt - so demonstrativ hatte vernichten lassen. Jetzt bot sich dem ehrgeizigen Porsche-Enkel die Gelegenheit der späten Revanche. Als neuer Motor für den Audi 100 wurde ein konventioneller, freilich aus fünf Zylindern bestehender Hubkolben-Ottomotor ausgewählt, dessen Baumuster Piëch aus seiner Porsche-Zeit mitbrachte. Seine Ingolstädter Vorstandskollegen zu überzeugen - mittlerweile war der Hauptsitz der Audi NSU Auto Union AG von Neckarsulm nach Ingolstadt verlegt worden -, fiel Piëch in diesem Punkt nicht schwer. Auf die Wankeltechnologie zurückzugreifen, hätte enorme Anlaufinvestitionen bedeutet, deren Erfolg unsicher war. Zudem war die herrschende Meinung in der Branche nach dem Abklingen des Wankelfiebers im Sommer 1972 wieder auf Anti-Wankel-Kurs. Da der Kreiskolbenmotor auch für die anderen Vorstandskollegen "keine exorbitanten Vorteile (bot)"[12], konnte guten Gewissens das Risiko der Serienfreigabe als zu hoch bewertet und für die Fortsetzung der konventionellen Technikpfade plädiert werden. Weder im Konzernvorstand noch im Audi NSU-Vorstand saßen zu diesem Zeitpunkt noch Promotoren des Wankelantriebes, ohne die unbedingte Unterstützung geriet das Projekt zum Spielball der konzerninternen Intrigen. Die "pure" technische Verfassung des mittlerweile einsatzreifen KKM 871 spielte dabei kaum eine Rolle. "Man konnte schon manchmal den Eindruck gewinnen, daß Piëch den Wankel nicht unbedingt wollte", drückte sich ein Vorstandskollege Piëchs äußerst diplomatisch aus.[13] Praktisch war es ein österreichisches Verhinderungskartell, bestehend aus den Herren Piëch, Fiala und Hofbauer, das aus ehrgeizigen Profilierungsgründen gegen den Wankel stimmte.[14] Die Abneigung gegen die deutsche Erfindung Wankel sollte im übrigen die einzige gemeinsame Aktion der drei Österreicher bleiben, die sich in späteren Jahren erbitterte, aber auch sündhaft teure Rivalitäten im Bermuda-Dreieck der Standorte Wolfsburg-Ingolstadt-Neckarsulm leisteten. Um die motorischen Eigenschaften des KKM 871 zu erreichen, mußte mittlerweile im Hubkolbenbereich kräftig entwickelt und vor allen Dingen mit teuren Ingredienzen gearbeitet werden: "2,2 Liter Hubraum, Abgasturbolader mit Ölkühlung, gebläsegekühlte Einspritzdüsen, Natriumauslaßventile, Zusatzölkühlung, doppelte Wasserkühlung, Ladeluftkühlung, großer Schwingungsdämpfer." Selbst der Verbrauch des neuen 5-Zylinder-Aggregates lag in weiten Bereichen höher als beim KKM 871.[15]

Der Konzernvorstand bestätigte die unter Piëchs Leitung eingeschlagene Anti-Wankellinie auf seiner Sitzung im Sommer 1976. In diesem Paket, Einbau des 5-Zylinder-Aggregats und Zurückstellung des KKM 871, versteckte sich auch die Entscheidung, die noch laufende Serienproduktion des wankelgetriebenen Ro80 im Jahr 1977 einzustellen. Die spektakulärste Modellneuheit der Nachkriegsära aus den Labors und Fertigungshallen der kleinen NSU, die noch nicht dem Geist der Großserie entstammte, blieb für Audi NSU und ihrer Ver-

pflichtung zum Massenproduktionsparadigma untragbar: "Sie bauen ein Auto entweder 1.000.000 mal oder gar nicht", hieß es aus Ingolstadt nur lakonisch zum Ro80.[16] Für Überlegungen, den KKM 871 in einen neuen Sportwagen unter Traditionsnamen wie Horch oder Wanderer einzubauen und damit an erfolgreiche Rennfahrzeiten der Auto Union anzuknüpfen, gab es auch später auf den PSK-Sitzungen keine Fürsprecher, da sich kein kompromißloser Promotor fand, der auch für das Wagnis kleiner Stückzahlen eingestanden hätte.[17] Der KKM 871 sollte hingegen mit "verringertem personellen Aufwand" weiterentwickelt werden. Finanzielle Unterstützung bei dieser den Lizenznehmern und Genußscheinbesitzern zugesicherten Pflege zur Fortführung holte sich Audi NSU dreisterweise beim BMFT. Unter dem Titel "KKM mit weiterentwickeltem Gemischbildungs- und Verbrennungsverfahren" förderte der Bundesminister für Forschung und Technologie mit öffentlichen Geldern ein Projekt, das längst schon an der obersten Stelle der Abschußliste im Unternehmen angekommen war und nur noch gehalten wurde, um weiter Lizenzgebühren eintreiben zu können.[18] Der Vorstand sah sich allerdings noch zu weiteren Pflegemaßnahmen gezwungen: "Zum Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit werden 1977 und 1979 ca. 2x10c Modell-Fahrzeuge mit KKM 871 Motor hergestellt."[19] Mit diesem Audi 100 wurde ab Ende 1976 tatsächlich rund um den Globus getourt, um - wie es Ferdinand Piëch ausdrückte - "die Lizenznehmer (zu) ermutigen, die etwas die Flügel hängen lassen."[20] An eine Serienfreigabe dachte zu diesem Zeitpunkt keiner der Vorstände mehr. In den für die Genußscheinbesitzer vom Vorstand der Audi NSU AG herausgegebenen Mitteilungen fand sich vielmehr in der Nr. 14 vom Dezember 1978 der Hinweis, daß im Frühjahr 1979 eine definitive Entscheidung über die Produktionsaufnahme des KKM 871 fallen werde. "Die Umwelt und die wirtschaftlich/technische Gesamtsituation, in der der Kreiskolbenmotor sich im vergangenen Jahr darstellte, zeigt einen unbefriedigenden und ungesicherten Ausblick", bereitete der Vorstand die Genußscheinbesitzer auf den Ausgang dieser Diskussion vor, wobei freilich verschwiegen wurde, daß just dieser Vorstand alles getan hatte, damit diese mißliche Situation überhaupt entstehen konnte. Man gestand dem Projekt immerhin noch zu, daß die "spezifischen Vorzüge bei geringerem Gewicht, Bauvolumen und Laufkultur mit geringerer Geräuschbelastung" nicht plötzlich zu völlig wertlosen Attributen geworden seien. "Gleichzeitig haben aber Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit an Bedeutung zugenommen", hieß es hierzu aus Ingolstadt.[21]

Aus Marketinguntersuchungen, vom Audi NSU-Vorstand in Auftrag gegeben, schien hervorzugehen, daß die Klasse der "sozialen Aufsteiger", für die sich Audi NSU nun verstärkt interessierte, weder einen Ro80 noch generell einen Wankel wünschte. "Der Kunde honoriert die Wankelanstrengungen nicht", stellte der Vorstand fest, der vielmehr in der Zahl der Zylinder den

Reputationsmaßstab erblickte.[22] Auffallend ist auch bei der Frage in der Einschätzung der Marktentwicklung eine bemerkenswert starke Orientierung an die herrschenden Meinungen der Hersteller. Interessanterweise leidet die Audi AG bis heute an einem zentralen Problem, dem Image eines biederen Fahrzeugherstellers. Die unter Piëch unternommenen spektakulären Versuche, mit Demonstrationsrennautos wie "Spider" oder "Avus" dieses ganz und gar nicht der eigenen Weltsicht entsprechende Renommee der Audi AG zu verbessern, schlugen genauso fehl wie der später angebotene V8-Motor. Die technische Demonstration fiel jeweils zu unverhältnismäßig aus, während die Serienfahrzeuge brav den Vorgaben des herrschenden Standards folgten. Der Abschuß des ersten wirklichen High-Tech-Serienfahrzeuges, des Ro80, sowie des serienreifen KKM 871 blieben offensichtlich nicht ungesühnt: In den 80er Jahren brach für die Audi AG der so wichtige US-Markt fast vollständig zusammen, im Jahre 1991 verkaufte Audi in den USA noch ganze 7.846 Einheiten. Die Konkurrenten, die mit riskanten technischen Innovationen abseits herrschender Technikbestände Marktanteile zu erreichen versuchten, zogen dagegen auf und davon. Mazda, dessen Image vom Wankel geprägt ist, setzte in den USA zur gleichen Zeit über 210.000 Automobile ab, Honda, dessen erfolgreicher Markteinstieg in den USA auf den Magermotor CVCC zurückgeführt wird, liegt gar mit über 650.000 Einheiten mit an der Spitze der Verkaufsparade.[23]

Um auf der Aufsichtsratssitzung des Konzerns im Frühjahr 1978 für die offizielle Verkündigung und Legitimierung des Anti-Wankelkurses - immerhin saßen in diesem Gremium noch Vertreter der alten NSU sowie der Wankelinteressenten - gerüstet zu sein, ließ der Vorstand 1977 zwei Gutachten in Auftrag geben, um die bereits getroffene Entscheidung zur Einstellung der Wankelaktivitäten nochmals ingenieurwissenschaftlich untermauern zu lassen. Mit dem Kaiserslauterer Professor May war in Entwicklungsfragen bereits mehrfach zusammengearbeitet worden, dagegen mußte der zweite ins Auge gefaßte Gutachter, der Aachener Hochschullehrer Pischinger, nach Aussage des zuständigen Bereichsleiters bei Auftragsvergabe erst noch mühsam von den Vorteilen des Wankelmotors überzeugt werden, denn die Gutachten sollten ja ausgewogen sein, um auch das lange Festhalten der Audi NSU AG an dieser Antriebstechnik begründbar zu machen.[24] Um so bemerkenswerter ist es aber, daß Pischinger, einer der profiliertesten Verbrennungsmotorenforscher, der in früheren Jahren die Vor-Entwicklung bei KHD leitete und nun neben seiner Hochschultätigkeit der FEV-Motorentechnik, einem weltweit operierenden Forschungsinstitut, vorsteht, den von Audi NSU eingeleiteten Showdown aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht nicht so recht unterstützte. Mit dem im Juni 1977 abgeschlossenen Gutachten, "Beurteilung des Kreiskolbenmotors der Audi NSU AG" zum erreichten Entwicklungsstand des KKM 871, bestätigte einer der führenden

Fachvertreter die spezifischen Vorteiles des Kreiskolbenmotors (KKM) im Vergleich zu konventinellen Hubkolbenmotoren (HKM):

* ein KKM hat nur zwei Drittel der Masse,
* benötigt nur die Hälfte des Einbauraumes,
* ist bezüglich der Drehmomentcharakteristik dem HKM praktisch gleichwertig,
* kann mit Normalkraftstoff betrieben werden.

Hinsichtlich der konkreten Vergleichsuntersuchungen kam Pischingers Team zum Ergebnis, daß

* der KKM 871 ein etwas "elastischeres Fahrverhalten" habe als der HKM,
* der Kraftstoffverbrauch etwa gleich sei, während der KKM 871 nur Normalbenzin benötigt,
* die Kosten des Ölwechsels und Ölverbrauchs - bei Wankelmotoren immer als Maluspunkte verbucht - "bei beiden Motoren in etwa gleich sind",
* bei der Geräuschemmission der KKM 871 gegenüber dem 5-Zylinder-Hubkolbenmotor "um 6 db(A) niedriger" liegt, und die
* Wartungskosten ohne Material- und Betriebsmittel für den 5-Zylinder HKM um etwa 60% niedriger als für den KKM 871 sind,
* die vorgefundene Technik "es heute möglich erscheinen (lasse), mit dem KKM 871 bei entsprechend hoher Fertigungsqualität die Laufeigenschaften des HKM zu erreichen",
* hinsichtlich des Abgasverhaltens der Aufwand zur Absenkung von HC beim KKM höher liegt, für NOx und für CO jedoch geringer ist als beim HKM, für die verschiedenen von Audi im Versuch getesteten Entgiftungsverfahren zwar die "Standfestigkeit" noch nicht nachgewiesen werden könne. "Bei entsprechender Entwicklungsarbeit sind keine grundsätzlichen Schwierigkeiten zu erwarten, so daß die Aussicht besteht, mit den gegenwärtigen Katalysatoren die Kalifornien-Grenzwerte 1977 zu erfüllen."

Pischinger bestätigte allerdings, daß eine Verdieselung dieses Prototyps nicht möglich sei, und daß bei weiter ansteigenden Abgasgrenzwerten der Verbrauch beim KKM höher als beim HKM liegen könne. "Die Verbesserung der Gemischbildung und Verteilung läßt beim HKM noch größere Fortschritte erwarten als beim heutigen in der Vergaserausführung schon recht günstigen KKM 871." Auch das damals durch den Honda CVCC in Mode kommende Schichtladeverfahren habe "beim KKM noch nicht die Verbesserungen erkennen lassen" und bot nach Pischinger in der Zukunft keine aussichtsreiche Perspektive.[25] Mit dieser Aussage, daß die Entwicklungsperspektiven des Hubkolbenmotors größer als die des Wankelmotors einzuschätzen seien, da mit dem Schichtladeverfahren die motorischen Eigenschaften von Rotationskolbenmotoren nicht noch weiter verbessert werden könnten, verließ Pischinger allerdings

die Bewertung des Ist-Zustandes, wagte sich auf das Gebiet der Prognose und wurde in diesem Punkt prompt von seinem Fachkollegen May gekontert. "Das Schichtladeverfahren ist gegenwärtig im Prinzip, d.h. im Vor-Entwicklungsstadium, bereits realisiert", so May in seinem parallel verfaßten "Gutachten über den gegenwärtigen Entwicklungsstand und die zukünftigen Entwicklungsfähigkeiten des Kreiskolbenmotors im Vergleich zum Hubkolbenmotor unter der besonderen Berücksichtigung des neu entwickelten KKM 871 der Audi NSU Auto Union AG." "Es stellt im Hinblick auf Möglichkeiten zu einer weiteren Verbesserung des Abgasverhaltens ein erhebliches Entwicklungspotential dar."[26] May begründete seine Ergebnisse mit der für diese Verfahren gerade günstigen Brennraumkonfiguration des Wankels gegenüber den herkömmlichen HKM. May riet - erwartungsgemäß - von einer Serienfreigabe "zum gegenwärtigen Zeitpunkt ab", da hinsichtlich der Abgasentgiftung noch einige Tests nicht absolviert seien.

Bei der Bewertung der Abgastests, die ja auch für Pischinger noch einige Unsicherheiten bargen, muß aber mitbedacht werden, daß zu diesem Zeitpunkt - und auch noch heute - die konventionellen Hubkolbenmotoren ebenfalls noch erhebliche Probleme in der "Standfestigkeit" der Abgasentgiftung zeigten. Die katalytischen Methoden konnten bis zu diesem Zeitpunkt lediglich HC und CO reduzieren und dies noch mit einer sehr ungewissen Dauerhaftigkeit. Der Drei-Wege-Katalysator befand sich erst in den ersten Erprobungsläufen. Da also auch in dieser Hinsicht dem KKM 871 mit Katalysator gegenüber dem Otto-Hubkolbenmotor kein exorbitanter Nachteil zugewiesen werden konnte, ließ sich die Entwicklungsleitung den "separaten Nachweis der Unschädlichkeit für nichtlimitierte Abgasemissionen für USA" einfallen, deren Einführung demnächst zu erwarten sei.[27] Diese eher willkürlich gesetzte Hürde, plötzlich neue Schadstoffgrenzwerte als Bedrohung zu stilisieren, wobei man doch gerade so erfolgreich für die Einführung moderater Grenzwerte bekannter Schadstoffgruppen gefochten hatte, ist ein weiteres Indiz für den mangelhaften Willen im Audi-Vorstand, die Einführung des KKM 871 voranzutreiben.

Beide Gutachten bestätigten die vom Audi NSU-Vorstand immer wieder geäußerten Vorbehalte, daß die Fertigungskosten des KKM höher sein würden. Pischinger kalkulierte bei einer Produktion von fünfzig bis hundert Einheiten pro Tag Mehrkosten im Vergleich zum Hubkolben von 32-37%.[28] Bemerkenswerterweise waren beide Gutachter in dieser Frage bereit, die existierende Situation aber nicht als prinzipielle Nachteile der KKM zu werten. "Es wäre insbesondere zu prüfen" - so Pischinger kritisch gegenüber seinen eigenen Berechnungen - "inwieweit die Kalkulation im Sinne einer neutralen Wertanalyse repräsentativ ist, da die Vermutung besteht, daß die Zulieferfirmen in der gegenwärtigen Situation Risikozuschläge bei Angeboten für KKM-Teile einrechnen.

Es ist wahrscheinlich, daß bei weltweitem Absatz des KKM in größeren Stückzahlen die zukünftigen Preisunterschiede zwischen KKM und HKM durch Weiterentwicklung von Konstruktion und Fertigung unter den Ergebnissen der heute durchführbaren Kalkulationen liegen werden. Aus diesem Grund sollte heutigen Kalkulationsergebnissen für langfristige Entscheidungen kein zu großes Gewicht zugemessen werden."[29] Auch May kam zum Ergebnis, daß nach der Entwicklung von kostengünstigen Fertigungsverfahren und hinreichender Fertigungserfahrung, "unter Voraussetzungen genügend hoher Stückzahlen, erwartet werden (kann), daß sich beim Kreiskolbenmotor die gleichen Herstellungskosten wie beim Hubkolbenmotor erreichen lassen."[30]

Daß diese beiden Gutachten nach Fertigstellung im Sommer 1977 "Top secret" waren, ist kaum verwunderlich, da beide Professoren den ihnen für den geplanten Wankelentwicklungs-Stop zugespielten Ball dem Vorstand einfach wieder zurückwarfen. Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht konnten jedenfalls keine zwingenden Abbruchgründe hergeleitet werden. Pischinger unterstrich nachträglich seine Position, daß die nicht erteilte Serienfreigabe des KKM 871, verbunden mit dem Ausstieg aus der Wankelentwicklung eine "unternehmerische Entscheidung" gewesen sei. "Es gibt sicherlich ängstliche und weniger ängstliche Unternehmer", gab Pischinger mit Blick auf Mazda zu bedenken.[31]

Um die Öffentlichkeit auf das Ende des Wankels vorzubereiten, mußte daher verstärkt auf die enger werdenden Rahmenbedingungen durch die angespannte Finanzlage verwiesen werden. Unter dem Druck gleichzeitig erteilter Auflagen im Sicherheitsbereich, in Abgas- und Verbrauchsfragen vor dem Hintergrund wirtschaftlicher Rezession sollte es nachvollziehbar sein, daß sich der VW-Konzern unter Sparkommissar Schmücker zum ökonomischen Überleben auf den gesicherten Technikbestand zurückzog und mit dem schnellaufenden Wirbelkammer-Diesel aus Wolfsburg sowie dem neuen 5-Zylinder-Aggregat aus Ingolstadt im Rahmen anerkannter und akzeptierter Grenzbereiche Innovationen versuchte. Unter dem Diktat kurzfristig zu erzielender Einsparung sollte dies, insbesondere nach dem Willen Schmückers, auf der Hauptversammlung 1979 auch nachvollziehbar sein. "Wir müssen rechnen und können uns nicht den Luxus leisten, jedem Exemplar eines neuen Wankelautos 2000 Mark in das Handschuhfach quasi als Super-Extra zu legen."[32] Der Hinweis auf die schwierige Unternehmenslage hätte tatsächlich Sinn gemacht und auch die beabsichtigte Wirkung nicht verfehlt, wenn dies nicht allzu leicht als bloßes taktisches Manöver zu erkennen gewesen wäre. Ab dem Zeitpunkt, als im Konzernverbund der Anti-Wankelkurs etabliert worden war, fiel nämlich die Interessenallianz Fiala-Hofbauer-Piëch auseinander und gruppierte sich vor dem Hintergrund nach wie vor großer Standortrivalitäten um neue, sehr ehrgeizige Technikprojekte. Konnte unter den gegebenen externen Bedingungen der grund-

legende Einstieg des Konzerns in die Diesel-Technologie noch als Basiskonsens innerhalb des europäischen Teils der Branche gelten, geriet die konstruktive Ausgestaltung von Dieselmotoren im VW-Konzern zum Spiel teurer Intrigen eitler Männer, wobei die Kosten überraschenderweise in diesem Fall nebensächlich waren! Es sollte sich zeigen, daß Erfolg und Mißerfolg technischer Projekte ganz entscheidend von der politischen Absicherung abhängt, da Bewertungsmaßstäbe, Handlungsoptionen sowie Definitions- und Durchsetzungsmacht hiervon abgeleitet sind.

Unheilige Allianz

Der Standort Neckarsulm in Baden-Württemberg konnte - ohne eine Staatsaffäre auszulösen - aus gesellschafts- und strukturpolitischen Gründen vom VW-Konzernvorstand nicht geschlossen werden. Aus Sicht der Wolfsburger Konzernleitung sowie der Vorstandsleitung in Ingolstadt mußten die dortigen Entwicklungskapazitäten des Welt-Wankel-Zentrums daher wieder stärker in die konventionellen Entwicklungslinien eingebunden werden. Schon seit 1974 waren zu diesem Zweck - wie oben schon berichtet - verstärkt Konstruktionsaufgaben für konventionelle Hubkolbentriebwerke nach Neckarsulm vergeben worden. Für die neu formierte Entwicklungsgruppe bedeutete die Nicht-Schließbarkeit des Neckarsulmer Standorts zwar einerseits eine Art Lebensversicherung, die aber nur einlösbar war, wenn die erwarteten Integrationsleistungen erbracht würden. Neben der reduzierten Fortsetzung der Arbeiten am KKM 871 begann man daher, langsam nach Pfaden zurück zum herrschenden Technikstandard zu suchen, um im anerkannten Terrain eine eigene Überlebenschance zu sichern. Während dessen sann in Ingolstadt der seit 1975 tätige Entwicklungsvorstand Piëch über eigene, ehrgeizige Pläne zur Profilgewinnung der Audi NSU AG gegenüber der Konzernmutter nach. Der spektakuläre Erfolg des von der Achse Fiala-Hofbauer in Wolfsburg gepushten schnellaufenden Pkw-Dieselmotors, der mit annähernd gleichen Fahreigenschaften eines Ottomotors, aber mit einer deutlichen Verbrauchsreduzierung, bei seiner Vorstellung 1976 in einem VW-Golf nicht nur in der internationalen Fachwelt, sondern auch beim Publikum Furore machte, motivierte Audi-Entwicklungschef Piëch dazu, bei der für die Fahrzeugbauer so wichtigen Motorenfrage verlorenes Terrain zurückzugewinnen. Mit dem neuen Chef der Neckarsulmer Motorengruppe van Basshuysen gelang es Piëch bei diesem Vorhaben, eine neue Allianz einzufädeln. Neckarsulmer Überlebensinteressen und Piëchs persönliche Profilierungssüchte schufen Voraussetzungen für eine ehrgeizig arbeitende Entwicklungswerkstatt. Eines der ersten Projekte war die Aufnahme von Untersuchungen zu

einem neuartigen Dieselaggregat, um dem Wolfsburger Diesel-Golf etwas entgegen zu stellen. Seit 1976 arbeitete die Neckarsulmer Gruppe - geschützt vom neuen Protektor Piëch - neben den noch laufenden Test- und Prüfstandsarbeiten des KKM 871 - an einem eigenständigen Diesel-Hubkolbenaggregat. Während sich die Wolfsburger Projektgruppe damals beim Einstieg in die Dieselentwicklung "schon das richtige ausgesucht hatte", d.h. mit der Wahl des Wirbelkammer-Diesel einen pragmatischen Weg zur schnellen Serieneinführung eingeschlagen hatte[33], entsprach es kaum den ehrgeizigen Zielen Piëchs und dem besonderen Profil der Neckarsulmer Gruppe, wenn man sich bei der Diesel-Technologie nicht die im Rahmen des akzeptierten Technikstandard schwierigste Option ausgesucht hätte: das direkteinspritzende Verfahren. Zwar hatten die Neckarsulmer bislang "vom Diesel überhaupt keine Ahnung", aber "wer mit Wankel gearbeitet hat, versteht viel von Thermodynamik." Ähnlich wie die Wolfsburger drei Jahre zuvor, konsultierte man das Münchner Huber-Institut sowie die AVL in Graz, eines der weltweit größten Forschungsinstitute für Verbrennungskraftmaschinen. Mit dem luftverteilenden Mehrstrahlverfahren, im Gegensatz zu dem noch insbesondere bei M.A.N. verwendeten wandverteilenden Einstrahlverfahren, bot sich erneut ein äußerst reizvoller Entwicklungsauftrag, den Verbrauch beim dieselmotorischen Prinzip auch für Pkw-Antriebe nochmals deutlich zu reduzieren. Diese Aufgabe schien der Neckarsulmer Gruppe insofern wie auf den Leib geschneidert zu sein, als im Pkw-Antriebsbereich auf die Kultivierung dieser rauhen Dieselvariante bislang trotz des attraktiven Ziels verzichtet worden war. Man bewegte sich damit nun auf etabliertem und damit auch gesichertem Terrain, aber mit einem erneut recht ambitionierten Auftrag.[34] Als nach anfänglich "verdeckter" Arbeit schließlich ein erster Versuchsmotor der konzerninternen Öffentlichkeit vorgestellt wurde, blieb der große Krach natürlich nicht aus. Konzernentwicklungsvorstand Fiala reagierte "wütend" auf diese "schwarze" Entwicklung eines ganz neuen Aggregats. Insbesondere zwischen den Bereichsleitern van Basshuysen in Neckarsulm und Hofbauer in Wolfsburg sollten sich in den folgenden Jahren heftige und sehr persönliche Auseinandersetzungen zur Verteidigung der jeweils eingeschlagenen Konstruktionspfade abspielen. Gekämpft wurde in der folgenden Zeit mit "allen Ösen". Gegenseitig warfen sich Wolfsburg und Neckarsulm sogar Sabotage an wertvollen Prototypen vor.[35] Das schließlich im Jahre 1988 in einer ersten und 1989 auf der IAA in Frankfurt in einer zweiten Generation vorgestellte Aggregat, ein 5-Zylinder direkteinspritzender turboaufgeladener Dieselmotor mit Ladeluftkühlung, ließ tatsächlich eine nochmalige Verbrauchsreduzierung erwarten. Die ersten Motoren zeigten allerdings noch erhebliche Mängel in den Fahrleistungen sowie bei der Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte. Der Audi 100 TDI, so seine offizielle Typenbezeichnung, ließ damit aber

auch sehr interessante Parallelen zum 1967 erstmals vorgestellten Ro80 erkennen: Mit einem High-Tech-Antrieb ausgerüstet, der noch an Kinderkrankheiten litt, teuer und daher nur in sehr kleiner Stückzahl absetzbar war, blieb dieser Wagen im Gegensatz zum Ro80 nicht nur auf dem Markt, sondern durfte in einer zweiten, verbesserten Auflage angeboten werden, denn das darin eingebaute Aggregat stand - im Gegensatz zum Wankel - unter einem besonderen Protektorat von Entwicklungschef Piëch. Im Unterschied zum Kreiskolbenantrieb räumte die Audi-Entwicklungsleitung diesem Antriebskonzept eine Entwicklungsperspektive ein, obwohl der direkteinspritzende Diesel weder die sogenannte Töpfer-Norm noch die US-Norm für den Ausstoß der zwischenzeitlich in den USA und Europa limitierten Partikel erfüllte. Doch diesmal durfte kräftig und mit voller Unterstützung der Vorstandsleitung in Ingolstadt weiterentwickelt werden. In der Wolfsburger Zentrale wird die Direkteinspritzer-Linie bis zum heutigen Tage äußerst kritisch gesehen, auch wenn der mittlerweile zum Konzernchef aufgestiegene Piëch sein Kind inzwischen auch in der Wolfsburger Modellpalette etabliert hat. Der TDI "kuriert den Diesel da, wo er sowieso schon gut ist, im Verbrauch", kommentierte dazu die Wolfsburger Aggregate-Leitung.[36]

Wie wenig im Zweifelsfalle Kostenargumente entscheidend sind bzw. in welchem Maße Kostengesichtspunkte höchstens als taktische Begründungen bereits getroffener Entscheidungen taugen, zeigte sich an weiteren Projekten, mit denen Entwicklungsleiter Piëch ehrgeizige Technikprojekte durchsetzte. Die neue Zusammenarbeit mit der um Anerkennung im herrschenden Technikstandard ringenden Neckarsulmer Gruppe gebar schließlich noch ein weiteres teures Aggregat: den 8-zylindrigen konventionellen Hubkolben-Ottomotor, ein 3,6 L-Triebwerk mit damals beachtlichen 32 Ventilen ausgestattet. Auf Basis der Konzernstrategie, Audi NSU als Luxusmarke des Konzerns zu profilieren, erreichte Piëch - "ich muß Kanalarbeit machen"[37] - in Koalitionsverhandlungen die entsprechenden Freiräume, erhielt die gewünschten, ansonsten knappen Entwicklungsgelder und konnte selbst den eher prinzipiell skeptisch gestimmten Vertrieb zu optimistischen Absatzprognosen bewegen. Tatsächlich entwickelte das Neckarsulmer Team aus den Angeboten des Technikstandards ein äußerst kompaktes Aggregat mit weithin beachtlichen Laufleistungen, das 1988 der Öffentlichkeit erstmals vorgestellt wurde.[38] Angesichts der allerdings doch recht bescheidenen Absatzzahlen für diese technischen Projekte nehmen sich die Verkaufszahlen des Ro80 plötzlich gar nicht mehr so schlecht aus und belegen, daß auch die Definition von Erfolg eine Frage von genügend Macht ist.

Tabelle 2: Produktionszahlen ausgewählter Audi NSU-Typen in den ersten vier Jahren nach Serienstart

	1988	1989	1990	1991
Audi V8	2331	6918	4816	2183
Audi TDI	13	36	2825	7188
Zum Vergleich:				
	1967	1968	1969	1970
Ro80	354	6066	7811	7200

Quelle: VDA, Tatsachen und Zahlen, Frankfurt/M. 1992, S.37; Korp, D., NSU Ro80, Die Geschichte des Wankelmotors, Stuttgart 1993, S.260

Daß der in Leistung und Preis maßlos ausgefallene Audi V8 sowie der ebenfalls sehr teure Audi TDI dennoch im Konzerngefüge gehalten wurde, lag offiziell im Bemühen um Aufpolierung des biederen Audi-Images begründet. Möglicherweise hingen die Gründe aber vielmehr mit einem erneuten Personalwechsel an der Konzernspitze zusammen. Toni Schmücker, der dritte Nordhoff-Nachfolger, ging krankheitsbedingt im April 1982 in den vorzeitigen Ruhestand. Nachfolger wurde Carl Hahn, der aus seiner schon familienbedingten Affinität zur Tochter Audi NSU keinen Hehl machte. "Hahn liebt Audi" hieß es hierzu salopp und übereinstimmend aus Wolfsburg. Hahns Vater wirkte in den 30er Jahren als Vorstandsmitglied der Auto Union und zeichnete unter anderem für das populäre Zweitakt-Programm des Unternehmens verantwortlich. Hahn war es auch maßgeblich zu verdanken, daß aus der traditionsreichen Verbundenheit mit der Familie Porsche - Ferdinand Porsche feierte mit den ersten von ihm konstruierten Rennwagen der Auto Union eine Art Wiederauferstehung in der Fachwelt - der Enkel Ferdinand Piëch Anfang 1993 an die Spitze des VW-Konzerns gehievt werden konnte.

Hahn bewirkte eine noch deutlichere Protektion der teuren Ingolstädter-Neckarsulmer Eskapaden. Unter dem rationalen Deckmantel der getrennten Marken und der Profilgewinnung im oberen Marktsegment räumte der neue Vorstandschef der Ingolstädter Tochter breiten Entfaltungsspielraum ein, während die Wolfsburger Motorenbauer nicht so sehr hoch im Kurs standen. Der Liebe des Vorstandschefs zu seiner "Tochter" war auch nicht mit Hinweisen auf die schleppenden Verkaufszahlen beizukommen. Ein Argument, das beispielsweise immer gegen die Einführung des KKM 871 oder der Fortsetzung des Ro80 gezählt hatte. Als auf einer PSK-Sitzung Hahn den Wolfsburgern vorhielt,

daß nur bei Audi gute Motoren gebaut würden, denn das sehe man ja schließlich am V8, hielt der zuständige Vertriebsmann seinem Konzernchef entgegen: "Aber Herr Hahn, dieses Auto verkauft sich nicht". Hahn antwortete wütend: "Dann stimmen ihre Zahlen nicht", um im gleichen Atemzug anzuordnen, daß alle Führungskräfte nach Ingolstadt zu fahren hätten, um sich dort einmal anzusehen, wie richtige Autos gebaut würden. Ein Mitarbeiter mußte stehenden Fußes mit der Deutschen Bundesbahn die entsprechende Bahnverbindung arrangieren. Aus der Straffahrt wurde allerdings nichts, da die Wolfsburger Bereichsleiter ein gemeinsames Treffen aller Führungskräfte in Hannover als Kompromiß aushandeln konnten, worauf aber nun die Ingolstädter Entwickler überhaupt keine Lust verspürten.[39]

Das Kräftefeld im Konzern ließ Anfang der 80er Jahre somit teure und kaum verkaufbare Motorenentwicklungen wie den Direkteinspritzer-Diesel sowie den V8-Motor zu, Projekte, die zwar eher am Randbereich des herrschenden Technikstandards lagen, von der Motorenbau-Zunft - im Gegensatz zum Wankelmotor - gleichfalls als mögliche Konstruktionspfade akzeptiert und anerkannt wurden, die aber doch vor allem dem Profilstreben des ehrgeizigen Ferdinand Piëch dienten. Noch ein weiteres Beispiel sollte zeigen, daß die für die Aufgabe des Wankelprojektes so entschieden betonten ökonomischen Rahmenbedingungen schon Mitte der 70er Jahre nur ein Vorwand waren. Ob sich ein Motorenprojekt durchsetzt, hängt eben entscheidend von den machtpolitischen Voraussetzungen und Konstellationen ab, die um ein technisches Projekt herum aufgezogen werden müssen.

Mit der erfolgreichen Durchsetzung des Katalysators, der entsprechend moderaten Gesetzgebung und langsam wieder sinkenden Benzinpreisen schien die existentielle Bedrohung für das Automobil erst einmal gemeistert: Weder hatten die politisch-administrativen Akteure den Mut für eine rigide Grenzsetzung gefunden, noch waren die Automobilkäufer massenhaft auf andere Verkehrsträger umgestiegen. Allerdings blieben ihnen schon in den 70er Jahren durch eine konsequente Automobil-Politik kaum mehr Möglichkeiten dazu. Mit der Neuentwicklung von Dieselaggregaten, die moderate Abgaswerte und deutliche Verbrauchsreduzierungen mit akzeptablen Fahreigenschaften kombinierten, hatte die Branche ihre Reformfähigkeit angesichts veränderter Umweltbedingungen offenkundig genügend unter Beweis gestellt. Seit Mitte der 70er Jahre repräsentierten sich die Rahmenbedingungen für die Automobilindustrie daher wieder verläßlicher und strukturierter. Die Hersteller konnten durch die Arbeit der Forschungsabteilungen weiterhin das Interesse an der Suche nach neuen Antriebssystemen für die Öffentlichkeit wirksam dokumentieren, dies schuf auch für die Serienentwicklung Voraussetzungen zur Optimierung der bekannten Pfade. Zwar blieben die giftigen Abgase und die schlechte Auswer-

tung der flüssigen Kohlenwasserstoffe neben vielen anderen Problemen, die mit der extensiven Nutzung von Automobilen verbunden sind, weiterhin bestehen, doch mit der Re-Kultivierung des Dieselantriebes sowie der katalytischen Abgasentgiftung und mit den gleichzeitigen innermotorischen Verbesserungen konnten meßbare Verbesserungen auch ohne grundlegende Änderungen der Konstruktionsbasis mit Fortschreibung der bisherigen Produkt- und Produktionslinien nachgewiesen werden. Die Autoindustrie hatte damit nur erneut unter Beweis gestellt, daß sie selbst den staatlichen Regulierungsakteuren sowie der Öffentlichkeit die Räume zuweist, in denen Innovationen diskutiert werden können.

Es brach somit eine Zeit an, in der nach den Pflichtübungen wieder mehr Raum für die Kür in den Konstruktionsbüros der Serienentwicklung war. Im VW-Konzern hieß es schon 1976, man rechne damit, daß die Nachfrage nach kultivierteren und leistungsstärkeren Motoren bald wieder zunehmen werde. Eine weitere Reduzierung beispielsweise der giftigen Partikel der Dieselmotoren blieb nachrangig - da keine gesetzlichen Vorschriften in dieser Sache zu erwarten waren. Bei dem etwa zeitgleich abgeschobenen KKM 871 waren ja eventuell zu erwartende Grenzwerte für noch bislang gar nicht limitierte Schadstoffe mit ein Grund für die Verweigerung der Serienfreigabe gewesen. Argumente lassen sich eben auch im technischen Bereich konstruieren und je nach taktischen Kalkülen einsetzen. In Wolfsburg begannen daher nach Jahren der Entsagungen erste Überlegungen, nun auch für die Massenware des Konzern neue, stärkere, größere und repräsentativere Motoren zu entwickeln. Im Jahre 1978 wurden die Planungsarbeiten für ein 6-Zylinder-Hubkolben-Ottotriebwerk gestartet, in einer Zeit also, in der auch der KKM 871 immer noch in der Entwicklung gehalten wurde. Doch so sehr sich die beiden österreichischen Entwicklungsvorstände Fiala (VW) und Piëch (Audi) auch bekämpften, in der Ablehnung des quasi illegitimen Kreiskolbenmotors blieb die Einigkeit stabil. Da aber Audi NSU schon über ein 5-Zylinder-Aggregat im Produktprogramm verfügte, konnte Fiala das Projekt auf der PSK nicht durchsetzen, weil die Konzernspitze die Ingolstädter Motorenleute immer noch für die kompetenteren hielt. Im Wolfsburger Entwicklungszentrum ging man daraufhin zur Stärkung der konzerninternen Verhandlungsmacht an gemeinsame Planungsarbeiten mit dem schwedischen Volvo-Konzern sowie den französischen Automobilbauern Peugeot und Renault heran. Ziel der Kooperation sollte die Entwicklung eines gemeinsamen 6-Zylinder-Triebwerks sein. Diese Taktik zeigte Erfolg. Bei der Präsentation erster Ergebnisse der Zusammenarbeit auf einer PSK-Sitzung wurde gleich um die Freigabe dieser Entwicklungen nachgesucht. Die Konzernleitung reagierte allerdings auf die geplante Kooperation kategorisch ablehnend mit den Worten: "Wir können keinen Motor mit unseren ärgsten Konkurrenten"

bauen. Doch sah man sich nun unter Druck, den neuen Wolfsburger Planungen entgegenkommen zu müssen. Allerdings machten die Vertreter von Audi NSU umgehend und unmißverständlich klar, daß in Ingolstadt niemals ein 6-Zylinder-Aggregat aus Wolfsburg in eine Audi-Karosserie eingebaut werden würde. Der anschließend gefundene Kompromiß ruft auch heute oft noch Kopfschütteln hervor. Zu einem Zeitpunkt, als dem KKM 871, ein High-Tech-Antrieb mit allen technischen Raffinessen, aber mit ungeliebter Vergangenheit, aus Kostengründen die Serienfreigabe weiterhin verweigert wurde, vergab der Konzernvorstand den Entwicklungsauftrag für zwei unterschiedliche 6-Zylinder-Aggregate! Die Ingolstädter kündigten an, von ihrem bereits entwickelten V8 quasi zwei Zylinder "abzuschneiden", während in Wolfsburg für den dortigen Quereinbau ein besonders kompaktes Aggregat entwickelt werden sollte, den späteren VR6.

Was im Nachhinein nur als Strategie zur Profilgewinnung der beiden Marken Audi und VW legitimiert wurde, blieb ein weiterer unverzeihlicher Verstoß gegen das Gleichteile-Gebot. Selbst in den Augen beteiligter Entwickler war die Vergabe von zwei Parallel-Aufträgen "ein Zeichen von Schwäche", die aber auch nur wieder die große innerbetriebliche Definitionsmacht der Aggregatebauer im Konzerngefüge dokumentierte. Der VW-Konzern hätte sich diese Doppelentwicklungsarbeit zu keiner Zeit leisten können. Kostengesichtspunkte sind freilich in die bestehenden Machtkonfigurationen integriert und erreichen nur den Rang taktischer Argumente.[40] Der Audi 6-Zylinder-Motor erhielt 1990 seine Serienfreigabe, der VR6 aus Wolfsburg konnte erstmals 1991 in dem Golf III präsentiert werden. Die Entwicklungskosten blieben dabei selbstverständlich ein gut gehütetes Geheimnis. Es gibt aber verläßliche Schätzungen, die von jeweils 370 Millionen DM, also insgesamt von 740 Millionen DM Kosten ausgehen.[41] Zum Vergleich: Für die gesamte Wankelentwicklung in der Zeit zwischen 1969 und 1983 gibt die Audi AG etwa 175 Millionen DM an Entwicklungskosten an. Hierbei kamen dem Unternehmen noch über 40 Millionen DM an Lizenzgebühren zugute. Insgesamt wurden für Wankellizenzen etwa 250 Millionen DM gezahlt, durch die dilettantische Absicherungspolitik der NSU AG schon gegen Ende der 50er Jahre gingen davon allerdings wertvolle Anteile an Curtiss-Wright sowie an die Wankel GmbH. Nach der erfolgten Fusion mußte das Unternehmen weitere Anteile an die Genußscheinbesitzer abgeben, so daß zwischen 1969 und 1978 von 100 DM Lizenzeinnahmen der Audi NSU AG nur noch 16 DM verblieben. Mit einer intelligenten Innovationspolitik hätte sich also die gesamte Entwicklung des Kreiskolbenmotors selbst tragen können, es wäre sogar noch etwas übrig geblieben! Auf jeden Fall waren auch so die Kosten für das Wankel-Intermezzo erheblich niedriger ausgefallen als für die aufwendige Doppel-Entwicklung der zwei 6-Zylinder-Hubkolbenmo-

toren. Eine Zeche, die der Konzern nun offenbar zu zahlen hat. Dennoch wird diese Strategie offensichtlich auch in Zeiten akuter Krisenentwicklung weiter fortsetzt. Konnte der ehemalige Konzernchef Hahn in der Euphorie der Wiedervereinigung den Neubau einer Fabrikationsanlage unweit der Wirkungsstätte seines Vaters durchsetzen, scheint nun auch der für das Ressort Beschaffung und Produktionsoptimierung eingestellte Supermanager Ignacio López einen ebenso alten Traum von einer hochmodernen Produktionsstätte im spanischen Baskenland verwirklichen zu dürfen. Rationale Begründungen für diese teuren Spielwiesen fielen beiden Spitzenmanagern nicht schwer, auch wenn beide Anlagen in den nächsten Jahren das Kapazitätsproblem des Volkswagen-Konzerns weiter verschärfen dürften.[42]

Aus den permanenten Konflikten zwischen den Standorten Wolfsburg, Ingolstadt und Neckarsulm sollte zumindest Ferdinand Piëch als großer Gewinner hervorgehen. Dies ist um so erstaunlicher, als sich VW das Luxusprogramm Piëchs und seiner Kollegen zu einer Zeit leistete, als mit Leiding und Schmükker zwei ausgewiesene Sparkommissare als Vorstandsvorsitzende amtierten. Dennoch gelang es der unheiligen Allianz der Entwickler, selbst in dieser für das Überleben des Konzerns kritischen Phase ihre Programme durchzufechten. Nach außen hin schlugen diese Kapriolen männlicher Eitelkeiten nicht auf das Audi-Budget, sondern sahen sogar wie ein Beitrag zur Markenprofilierung aus. Während die beiden miteinander konkurrierenden Bereichsleiter Hofbauer (Wolfsburg) und van Basshuysen (Neckarsulm) ausgelaugt und entnervt 1987 bzw. 1989 das Handtuch warfen, konnte Piëch 1988 nicht nur zum Vorstandschef von Audi, sondern mit Beginn des Jahres 1993 sogar zum Konzernchef aufsteigen. Eine beachtliche Karriere, die von viel Feingefühl für "Kanalarbeit" sowie einem sicheren politischen Instinkt zeugt, die aber offensichtlich nur um den Preis der "verbrannten Erde" zu schaffen war. Jedenfalls scheint Piëch seinen Nachfolgern bei Audi doch erhebliche Altlasten zurückgelassen zu haben.[43] Die Beispiele direkteinspritzender Diesel, V8- oder V6- sowie VR6-Triebwerke dokumentieren jedenfalls, daß Kostenargumente gegen die Fortsetzung des Ro80 oder die Serieneinführung des KKM 871 nur die rationale Hülle eines im Grunde verlorenen Machtkampfes darstellen. Der konstruktive und fertigungstechnische Zustand des "zweiten Wankels" - dies hatten ja führende Fachvertreter bestätigt - konnte es jedenfalls nicht sein. Diesen Kampf hatte die Wankel-Entwicklungsgruppe aber nicht erst in den 70er Jahren verloren. Im naiven Glauben an die Überzeugungskraft neuer technischer Ideen verpaßte die NSU AG schon Ende der 50er Jahre den Zeitpunkt einer politischen Absicherung durch ein breit angelegtes industrielles Bündnis.

Die großen Bedrohungen für das seit hundert Jahren kultivierte Verständnis von Automobil mit dem Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentralem tech-

nischen Element hatten damit Anfang der 70er Jahre keineswegs zur Durchsetzung und Absicherung eines ausdifferenzierten Technikangebotes geführt und ein neues Verständnis von Mobilität etablieren können, sondern eher das Gegenteil bewirkt: Seit Mitte der 70er Jahre rüstete die Branche motorisch wieder auf, mehr PS, mehr Zylinder, höhere Endgeschwindigkeiten.[44] Der neu abgesicherten und vermachteten Hubkolbenära war aber nicht nur der KKM 871 zum Opfer gefallen, sondern beispielsweise auch die mit viel Vorschußlorbeeren bei VW in Wolfsburg begonnene Gasturbinen-Entwicklung. Es gehört zur "klugen Absicherungspolitik eines Motorenherstellers, immer wieder auch die Alternativen zu seinen Erzeugnissen zu analysieren", versuchte der damalige Projektleiter Walzer und Ex-Vorstandsmitglied der VW-Tochter SEAT, den Abschuß seines Vorhabens zu rationalisieren. "Die Modifizierung der konventionellen Motoren kostete natürlich weniger Geld und barg ein geringeres Risiko als die Umstellung und der Service auf eine völlig neuartige Turbinentechnik, so daß damals auf den Großeinsatz der Gasturbine verzichtet wurde."[45]

Beim großen branchenweit dominierenden Konsens zur Bestätigung der bestehenden Automobilkonzeption als weltweite gemeinsame Praxis konnten die in verschiedenen lokalen Entwicklungskontexten realisierten Kreiskolbenprojekte weder auf ein gemeinsam abgestimmtes Wissenspaket aufbauen, noch die im Kampf um die Bewertung der Entwicklungsergebnisse und Risikostudien notwendige Definitionsmacht einklagen. Denn während sich zwar die Vertreter der unterschiedlichen technischen Konzepte im VW-Konzern - Direkteinpritzer-Diesel bei Audi versus Wirbelkammer bei VW; Turbolader bei Audi versus G-Lader bei VW; Längseinbau des Motors bei Audi versus Quereinbau bei VW; V6-Motor bei Audi versus VR 6 bei VW - die erbittertsten Kämpfe untereinander lieferten, so blieb doch die gemeinsame Verankerung im anerkannten Bereich konstruktiver Möglichkeiten, wobei die Produktionstechnik als eine Art Klammer fungiert, denn - so der heutige Aggregatechef auf das Motorenwirrwarr angesprochen - "alle laufen über eine Fertigungsstraße."[46]

Ausklang

Nachzutragen bleibt die formale Einstellung der Entwicklungsarbeiten im Wankelbereich: General Motors verabschiedete sich bereits 1975 genauso schnell aus der Wankelentwicklung, wie ursprünglich einmal über die Aufnahme der Arbeiten entschieden worden war; bei Daimler-Benz gingen im Februar 1976 die Lichter aus.[47] Hier erlebte die Wankelei allerdings noch ein bezeichnendes Nachspiel. Felix Wankel hatte zwar seine gemeinsam mit Ernst Hutzenlaub gegründete und getragene Wankel GmbH verkauft, seine Technische Entwick-

lungsstelle Lindau (TES) bestand hingegen weiter. Durch gute finanzielle Ausstattung und seinen weltweit bekannten Namen konnte er, die unter Druck industrieller Interessen zustande gekommenen Schließungsentscheidungen zurückschreibend, zusammen mit ungefähr zwanzig Mitarbeitern an neuen Konstruktionen für Drehkolbenmaschinen, seiner eigentlichen Liebe, weiterarbeiten. Aber auch noch andere Vorhaben wie ein Drehkolbenlader, ein wasserstoffbetriebener Wankelmotor, ein Flugmotor mit Schichtladung sowie eine weitere alten Lieblingsidee, ein Schnellboot, wurden aufgegriffen. Die Projekte der TES fanden durchaus internationale Beachtung und die hier entwickelten Ideen und Konstruktionsvorschläge galten als interessante Optionen; dies bewies beispielsweise die Tatsache, daß sich nicht nur BMW und die Pierburg-Gruppe an dem Drehkolben-Lader sehr interessiert zeigten, sondern auch ein Unternehmen der Toyota-Gruppe, die japanische Aisin Seikin, im Oktober 1985 mit Wankel sogar über den Kauf der gesamten TES verhandelte. Dies führte dazu, daß bei Daimler-Benz die TES erneut auf die Tagesordnung gelangte und verschiedene Übernahmekonzepte ausgearbeitet wurden. Einer finanziellen Unterstützung "sollten wir jedenfalls dann näher treten", so war in einer Vorstandsvorlage zu lesen, "wenn wir eine gewisse Verpflichtung, das Wankelinstitut nicht in japanische Hände fallen zu lassen (sehen). Dabei sollten wir allerdings auch berücksichtigen, daß wir uns aus politischen Gründen nach Ablauf der zu vereinbarenden Finanzierungszeit möglicherweise nicht ohne weiteres zurückziehen können". Das nach der Umstrukturierung des Konzerns in der Holding zunächst zuständige Vorstandsmitglied Hörning zeigte sich persönlich an der Wankeltechnologie interessiert und ließ "einige ältere Herren", die in den 70er Jahren aktiv an dem Projekt gearbeitet hatten, Bericht erstatten. Ende 1986 kam es dann schließlich zu einem Vertrag zwischen dem beinahe 80jährigen Felix Wankel und der Daimler-Benz AG. Beide Vertragspartner "stimmen in dem Wunsch überein, das Lebenswerk von Herrn Dr. Wankel" - Wankel hatte 1969 die Ehrendoktorwürde der Technischen Universität München erhalten - "gegebenenfalls auch für die Zeit seiner aktiven Entwicklungszeit hinaus zu sichern". Vereinbart wurde, daß Daimler-Benz die Betriebskosten der TES bis zu einer jährlichen Höhe von 2 Millionen DM bis mindestens 1993 übernimmt, während "Herr Dr. Wankel Daimler-Benz ein Optionsrecht auf den Erwerb ausschließlicher Benutzungsrechte an allen Entwicklungsergebnissen, die bei der TES bereits entstanden sind oder während des Zeitraumes ... entstehen" einräumt. Hiervon war lediglich der Lader ausgeschlossen, für den Wankel bereits Rechte vergeben hatte. "Im Hinblick auf die Daimler-Benz eingeräumten Optionsrechte wird Herr Dr. Wankel das bei ihm und der TES bestehende Know-how unverzüglich offenlegen. Daimler-Benz verpflichtet sich zur vertraulichen Behandlung des offengelegten Know-hows, solange sie nicht das Optionsrecht aus-

geübt hat" - so die Bestimmungen im Vertragswerk.[48] Ähnlich wie beim gemeinsamen Projekt zwischen NSU und der Wankel GmbH legte Wankel sein Wissen einem Industrieunternehmen - diesmal aber seinem immer schon favorisierten - mit der Hoffnung auf den Tisch, daß hier seinen Ideen und Konstruktionen schon die richtige Pflege zukommen würde. Für die Daimler-Benz AG stellte die vertragliche Bindung mit der TES hingegen das Element einer klugen Absicherungspolitik dar. Japanischen und anderen Unternehmen konnte der Zugriff auf die Erkenntnisse verweigert werden, während das Unternehmen in der Verfolgung der Ideen völlig frei war und sich diese Freiheit in den folgenden Jahren auch tatsächlich nehmen sollte.

Der Audi AG blieb die Wankelangelegenheit auch noch nach der Entscheidung gegen die Serienfreigabe 1979 erhalten, da die Patentrechte ja noch liefen. Denn, "sie können schlechterdings Lizenzen eintreiben, wenn der Lizenzgeber die Entwicklung längst hat fallen gelassen."[49] Der im Frühjahr 1979 im Aufsichtsrat bestätigte Anti-Wankelkurs hatte bereits zu Verärgerung bei Mazda geführt, die gerade kurz vor der Vorstellung der zweiten Generation des wankelgetriebenen RX-7 in den USA standen.[50] Da aber erst zwischen 1980 und 1982 die Hauptpatente ausliefen und auch nach 1979 noch Lizenzeinnahmen zu verbuchen waren, betrieb die Audi AG die Fortsetzung der Entwicklung u.a. mit der Auslotung von Wasserstoff als möglichem Kraftstoff für Wankelmotoren. In der Tat bot die langgestreckte Form der Brennkammer völlig neue Möglichkeiten für den Einsatz von Wasserstoff, dessen Verbrennung vergleichsweise schadstoffarm zu bewerkstelligen war. Auch für dieses Vorhaben konnte das Unternehmen erneut die finanzielle Unterstützung des BMFT gewinnen, obwohl es sich im Verständnis der Vorstandsleitung der Audi NSU AG nur noch um eine Alibi-Veranstaltung handelte. Die Unternehmensleitung der Audi AG hatte jedenfalls kein Interesse an den weiteren Entwicklungsergebnissen im Wankelprojekt. Ende 1979 inszenierte sie die Zusammenstellung eines "internationalen Beraterteams" ehemaliger Wankelpromotoren der alten NSU AG, um die "Aktivitäten auf dem Gebiet des Kreiskolbenmotors zu unterstützen". Nach einigen Verzögerungen kam 1981 im sonnigen Cannes sogar nochmals eine Technische Round-Table-Konferenz zustande, auf der viele der ehemaligen Entwicklungsingenieure anwesend waren. "Die Veranstaltung bot Gelegenheit zu einer entwicklungs- und produktionstechnischen Bestandsaufnahme sowie zu einem Meinungsaustausch unter Lizenzgebern und Lizenznehmern" - wie es der Vorstand der Audi AG seinen Genußscheinbesitzern erklärte.[51] Im Dezember 1983 war der Spuk aber endgültig vorbei, als die letzten Mitteilungen für die Genußscheinbesitzer erschienen. "Enttäuschung über die Entwicklung des Kreiskolbenmotores und den Börsenkurs der Genußscheine sind nicht durch verpaßte Chancen beim Einsatz von Kreiskolbenmotoren, sondern die beiden

Energiekrisen in den 70er Jahren, durch eine spekulative Überhitzung des Börsenkurses und übersteigerte Erwartungen an die technische und wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit des Kreiskolbenmotors ausgelöst worden", so das Schlußresümee des Audi-Vorstandes. Nicht das Unternehmen, sondern die zu hohen Erwartungen der Genußscheinbesitzer waren demnach für die Enttäuschung verantwortlich! Im Zweifel setzte man doch lieber auf die etablierte technische Basis, richtete das eigene Fähnchen in den Wind des Mainstreams. Die Firma traute sich nicht zu, einen abseits vom herrschenden Stand liegenden, aber durchaus möglichen technischen Entwicklungspfad weiter zu betreten, eine daraufhin durchaus möglich gewesene Neudefinition automobiler Erwartungshaltungen hätte die gesamte Produktpolitik bedroht. Man suchte und fand vielmehr die Wärme des Schulterschlusses mit den Großen der Branche. Hier im warmen und gesicherten Terrain konnten dann durchaus teure Technikexperimente auf Kiel gelegt und tatsächlich bis zur Serienreife entwickelt werden. Ohne einen grundlegenden Wechsel dieser Produktpolitik wird Audi aber auch zukünftig das verkaufshemmende Hosenträger-Image nicht ablegen können. Der vorläufig letzte Versuch, endlich den technischen Quantensprung verkaufsfördernd nachzuweisen, soll mit der Einführung des neuen Audi A8 unternommen werden, dessen Rahmenkonstruktion weitgehend aus Aluminium besteht. Jedenfalls wieder einmal ein sehr teures Abenteuer.[52]

Damit könnte die Geschichte vom Aufstieg und Fall eines unkonventionellen Antriebssystems in einer konventionellen Umgebung zu Ende gehen, wenn da nicht der japanische Mazda-Konzern wäre. Als einziges Unternehmen der Automobilbranche läßt er diese Technologie nicht fallen, bietet mit dem RX-7 weiterhin einen mit Wankel angetriebenen Serienwagen an und beteiligt sich mit Wankelmotoren an internationalen Motorsportwettfahrten. Aber in dieser Hinsicht kann die Branche offenkundig dieses seit Jahren in einem sehr begrenzten Marktsegment angebotene Antriebssystem akzeptieren. Seit Ende der 80er Jahre wird aber der Weltautomobilbau von einem neuen Umweltproblem bedroht, für das es in den Arsenalen der Autokonstrukteure offenbar noch überhaupt keine technische Lösung gibt: das Kohlendioxid (CO_2)! Dieses Gas, das für die Entstehung des Treibhauseffektes mitverantwortlich gemacht wird, kann bislang mit keiner Filtertechnik absorbiert werden, ist aber fester Bestandteil der Verbrennung von flüssigen Kohlenwasserstoffen sowie fast allen anderen bekannten Energieträgern mit einer Ausnahme: Wasserstoff. Dieser verbrennt nahezu abgasfrei, lediglich mit vergleichsweise geringen Mengen an NOx. Große Probleme macht aber die Erzeugung sowie die Speicherung dieses Energieträgers. Dieses leicht entzündbare Gas kann zudem auch nur sehr schwierig und mit großem Aufwand an die konventionelle Hubkolben-Motorentechnik angepaßt werden. Der Kreiskolbenmotor mit seiner langgestreckten

Brennkammer scheint aber in geradezu idealer Weise für die Verwendung von Wasserstoff als Antriebsmittel geeignet. Wird der Ausstoß von NOx abgefiltert, dann könnte Wasserstoff eine weitere aussichtsreiche Option für zukünftige Zero-Emission-Vehicles sein. Allerdings wird dann nur noch Mazda die ökonomischen Vorteile genießen können, denn nur dieses Unternehmen verfügt mit dem HR-X über den Prototypen eines Antriebes, bei dem der Energieträger Wasserstoff mit einem geradezu auf den Leib geschneiderten Antriebssystem verbunden wird. Der japanische Hersteller ist das einzige Unternehmen, das den Wankelantrieb von der Forschung über die Entwicklung, von der Fertigungstechnik bis zur Vermarktung, in der gesamten Produktlinie beherrscht. Zudem scheint man in Hiroshima gelernt zu haben. Für diesen tatsächlichen Quantensprung hat man sich mit einem der größten Stahlhersteller der Welt, der Nippon Steel Corporation, diesmal einen mächtigen Bündnispartner gesucht.[53] Möglicherweise scheinen sich zum Ausklang des Jahrhunderts die von Felix Wankel so sehnsüchtig gewünschten Parallelen zum Dieselmotor endlich einzustellen: Nur M.A.N. glaubte nach der Jahrhundertwende noch an eine Zukunft dieses völlig neuen Antriebssystems, alle ursprünglichen Lizenznehmer hatten das Projekt bereits verabschiedet, die Ingenieurwissenschaften den Diesel schon abgeschrieben, als sich plötzlich neue Optionen für die Nutzung dieses Motors eröffneten und M.A.N. hiervon kräftig profitieren konnte.[54] Max Bentele, der einstmals bei Curtiss-Wright für eine positive Reaktion des renommierten Flugtriebwerkshersteller gesorgt hatte, glaubt ehedem, daß die Zukunft von Antriebssystemen mehr und mehr zu einer politischen Frage wird. "In summary, future powerplant developments will be determined less by the engineering professions, and more the representatives of the general public in the governments of the world. It will be fascination go watching the political, economic and financial ramifications of this quest for a clean environment and atmosphere..."[55]

3. California Dreaming: Neues Spiel, neues Glück?

Rückschau

Der Wankelmotor repräsentierte somit spätestens Ende der 70er Jahre keine Bedrohung mehr für die verschworene Gemeinschaft der Hubkolbeningenieure. Wegen der geringen Stückzahlen und des begrenzten Marktsegmentes konnte die Branche den Einsatz des Motors im Mazda Sportwagen RX-7 verschmerzen. Um die festverwobenen Produktionsnetzwerke des Weltautomobils aufzulösen, wäre für den Erfolg eines neuen automobilen Antriebsprojektes eine breite industrielle Trägerschaft, eingebunden in ein weit gespanntes Unterstützernetzwerk, Voraussetzung gewesen. Technische Projekte sind ganz offensichtlich auf solche sozialen Konfigurationen angewiesen: auf Menschen, die ohne Wenn und Aber hinter dem Projekt stehen und über genügend Macht verfügen, Vorhaben von strategischer Bedeutung durchzusetzen. Dem NSU/Wankelprojekt fehlten von Beginn an diese Voraussetzungen. In beinahe naiver Technikgläubigkeit hatten Felix Wankel und die leitenden Herren der NSU AG allein auf die Demonstration technischer Leistungsfähigkeit als Kriterium für Erfolg gesetzt. Zunächst in völliger Selbstüberschätzung gestartet, entwickelt sich der neue Motor von einem umstrittenen Projekt der Vorentwicklung zum Faustpfand des unternehmerischen Überlebens der spät ins Autogeschäft wieder eingestiegenen NSU AG, ohne daß bedacht wurde, daß die Bewertung von Leistungsdaten einer neuen Maschine auch von einem bereits vorgefaßten Standpunkt bestimmt wird. So gesehen, bestand eigentlich zu keiner Zeit ein Klima für vorsichtige Sondierungen zur industriellen und technik-wissenschaftlichen Absicherung des Projektes. Jedes neue Projekt muß beim Start mit Problemen der maschinellen Haltbarkeit rechnen. Ob diese als überwindbar angesehen oder aber als prinzipienbedingte Nachteile bewertet werden, hängt von der Unterstützergemeinde ab. Die beiden Abschlußgutachten zum Stand der Wankel-Entwicklungsarbeiten, von renommierten Fachleuten angefertigt, zeigten, wie die Bewertung einer vermeintlich so rationalen Angelegenheit, wie ein Motor sie darstellt, von der Existenz bestehender und strukturprägender Verständnisse und Konsense abhängt, und wieviel Spiel- und Ermessensraum auch in der scheinbar nüchternen Technikwelt besteht. Die Ergebnisse der beiden Professoren machten aber auch deutlich, daß beim NSU/Wankelprojekt dennoch in den wenigen Jahren intensiver Entwicklung und Erprobung ein beachtlicher Wissens- und Erfahrungsbestand erarbeitet werden konnte. Diesen gänzlich zu ignorieren, schien selbst im inneren Zirkel der ingenieurwissenschaftlichen Zunft Ende der 70er Jahren nicht mehr opportun. Zur Abwehr wurden daher insbesondere ökonomisch motivierte Überlegungen herangezogen, der Audi-Vorstand

skizzierte für den Fall des Einstieges in das Wankelabenteuer ein finanzielles Desaster. Nur wenige Jahre später zeigten die kostspieligen Kraftakte um das V8-Triebwerk, den direkteinspritzenden Diesel, die zwei unterschiedlichen 6-Zylinder-Aggregate, oder neuerdings wieder die Entwicklung eines vollkommen überdimensionierten 12-Zylinder-Triebwerkes[1], daß für technische Projekte mit weitaus weniger Kundenresonanz Geld plötzlich keine Rolle spielte, obwohl sich die finanzielle Lage des Volkswagen-Konzerns keineswegs substantiell verbessert hatte. Das Beispiel NSU/Wankel demonstriert daher, wie weit die Erfolgsbedingungen neuer technischer Innovationen eben auch von Vorlieben und Eitelkeiten weniger Schlüsselpersonen in ihrer industriellen Karriere geprägt werden und wie weit sich äußere Umstände, ökonomische oder politische Rahmenbedingungen in taktische Begründungsmuster einarbeiten lassen. Allerdings blieb der Aufstieg und Fall des NSU/Wankelprojektes groteskerweise für die Innovationsbereitschaft nicht folgenlos, da es den beteiligten Konstrukteuren den Mut für neue Starts in alternative Gefilde nahm und den Skeptikern des Projektes, die es immer schon gewußt hatten, daß es nicht gehen konnte, überaus wichtige Unterstützung vermittelte.[2]

Letztlich zeigt die Karriere des Wankelmotors in den 60er und 70er Jahren, wie stark das Beharrungsverhalten im Weltautomobilbau tatsächlich ausgeprägt ist und mit welchen offenen und subtilen Methoden die gemeinsam kultivierten technischen Lösungen als sinnstiftende Arenen gesichert und durch Einwirkungen auf die politischen Rahmenbedingungen auch als funktionale Komponenten erhalten werden. Das Hubkolbentriebwerk blieb nicht zuletzt tabu, weil dieses Aggregat integrales und zudem auch zentrales Element des seit vielen Jahrzehnten stabilen Verständnisses von Automobil ist. Es blieb nie dem Zufall überlassen, daß diese über viele Jahre gewahrte Verständigung zwischen Herstellern und Nutzern, zwischen Technikwissenschaft und organisiertem Gemeinwesen, ein "Automobil" mit einer ganz bestimmten technischen Konfiguration zu assoziieren, erhalten blieb: eine auf vier Rädern montierte Fahrgastzelle, mit Platz für mindestens vier Personen sowie Zuladungsmöglichkeiten, angetrieben von einem Hubkolben-Verbrennungsmotor, um hohe Geschwindigkeiten und große Reichweiten zu erzielen. Weder konnte ein Hersteller erfolgreich ein neues Verständnis von Automobil etablieren, noch schafften es größere Verbraucherorganisationen, das wachsende Bedürfnis nach Mobilität in nennenswertem Maße auf andere Verkehrsträger zu verlagern. Die Menschen wollten zur Jahrhundertwende zunächst genau solche Automobile als Zeichen der individuellen Freiheit, zur Sichtbarmachung gesellschaftlicher Statusunterschiede. Mit Hilfe politischer Koalitionen zur Etablierung der entsprechenden Infrastruktur für dieses großtechnische System müssen die Menschen zum Ende diese Jahrhunderts solche Automobile mittlerweile wollen, weil zumindest in den hochindustrialisier-

ten Nationen zum Automobil selbst weder funktionale Alternativen zur Verfügung stehen, noch überhaupt ein anderes Verständnis von Automobil Raum greifen konnte. Zu viele Jahre lang haben Industrie, Kunden und politisch-administrative Akteure zur Stabilität genau dieser technischen Konfiguration einer Rennreiselimousine beigetragen und deren Funktionsfähigkeit abgesichert.[3]

Selbst mit kleinsten Modifikationen an diesem Leitbild, beispielsweise einem neuem Antriebsaggregat mit Chancen zu einem kultivierteren, aggressionsfreien Fahrverhalten, konnte kein Bann gebrochen werden. Weder waren die Kunden, zumindest in Deutschland, entschieden genug bereit, die mit neuen Antriebslösungen verbundenen Probleme der maschinellen Haltbarkeit zu akzeptieren, noch sah sich die Autoindustrie zur Unterstützung dieser neuen Technik gewillt. In einer Zeit, in der sich im Weltautomobilbau nicht nur die Produkte, sondern auch die Produktionsweisen aneinander angepaßt haben und die weltweite Arbeitsteilung so weit getrieben wurde, daß mittlerweile zwischen den Herstellern ganze Systemgruppen und Plattformen ausgetauscht werden, bleibt für eine Produktinnovation gar kein Raum: Honda liefert Toyota Getriebe; Nissan liefert Kleintransporter an Mazda und Subaru. Im Gegenzug erhält Nissan von Mazda Vans und Trucks. Marken des japanischen Mitsubishi-Konzerns wie Colt, Lancer oder Space Runner laufen bei Chrysler als Plymouth oder Dodge. Der von Suzuki gebaute Geo wird in den USA von General Motors verkauft, während der Ford Probe eigentlich ein Mazda MX-6 ist. Porsche kauft Karosserieteile von BMW-Eisenach; Mercedes liefert an BMW Bremsscheiben und Ventile und an Porsche Automatikgetriebe usw. usf.[4] Es ist daher gar nicht verwunderlich, wenn BMW-Chef Pischetsrieder feststellt, daß von 6000 Teilen eines BMW nur noch 1000 tatsächlich markentypisch sind.[5] Abweichungen, Modifikationen, neue Produktprofile bedrohen diese Konvergenz und die sich daraus ergebenden Rationalisierungsvorteile des Global Sourcing. Denn diese können nur realisiert werden, wenn das Verständnis vom Produkt Automobil und seiner technischen Konfiguration in den zentralen Merkmalen weltweit bei allen relevanten Anbietern übereinstimmt.[6] Wie eng unter diesem Konvergenzdruck die Spielräume für Produktreformen sind, darüber wußte insbesondere der fidele und langjährige Chef der NSU AG Stieler von Heydekampf ein Lied zu singen. Seine Bilanz des Wankelabenteuers im Kontext der allgemeinen Branchenentwicklung fiel schon 1969 bemerkenswert weitsichtig aus: "Die Standardisierung des Automobils wird immer weiter fortschreiten, etwa wie bei Schuhen, nur, daß es eben ein rollender Schuh ist. Mit dem Wankelmotor hatten wir noch einmal einen ruckartigen Schritt. Aber ich glaube, es gibt nicht allzu viele Chancen, daß nochmals ein Einzelgänger zusammen mit einer kleinen Gruppe, daß also ein Mann wie Wankel und wir eine derart entscheidende Neuerung bei

einem wesentlichen Teil des Automobils bringen wird. Wir nähern uns immer mehr dem Zustand eines fertigen Produktes, bei dem sich die verschiedenen Typen nur durch modische oder Bequemlichkeitsdinge, durch keine zweckmäßigen Änderungen oder dem Preis unterscheiden."[7]

Ölkrise, Schadstoffwerte und Wachstumskrise konnten zwar kurzfristig in den 70er Jahren einige Irritationen in diesem Verbund auslösen. Neue Forschungsprojekte mußten gestartet werden, um vorsorglich auch einmal den Blick über den Tellerrand zu wagen. Aber schon wenig später, zu Beginn der 80er Jahre, konsolidierte sich die politische Umwelt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Einflußmöglichkeiten dieser neuen Forschungsabteilungen auf die grundlegenden Entscheidungen im innerbetrieblichen Hierarchiegefüge nur noch gering. Statt Wagnisse mit neuen Antriebs- und Fahrzeugkonzepten einzugehen, schaffte die Branche die Verständigung auf Katalysator und Dieselantrieb als Dokumente der industriellen Anpassungs- und Innovationsfähigkeit. Die Kunden nahmen der Industrie mehrheitlich diese Entscheidung ab, das Verständnis von Automobil geriet nicht ins Wanken. Eigentümlicherweise scheint die Wankelepisode diesen Schulterschluß einer Rückkehr zur reinen Lehre objektiv befördert zu haben.

Von den realen Entscheidungszentren des Unternehmens abgeschottet, bildeten lediglich Forschungsabteilungen in den späten 70er und 80er Jahren noch Orte des Zweifels. Zu intensiv hatte man nach Antriebsalternativen gesucht, zu sehr waren die Zweifel, ob der Verbrennungsmotor tatsächlich auch in einer gründlich veränderten Welt die allein selig machende Motortechnik sein konnte, virulent geblieben, als daß man hier schnell zum Routinegeschäft zurückfand. Ein bestimmendes Motiv für die Arbeit in Forschungseinrichtungen der Automobilindustrie ist durchaus die Reflektion öffentlicher Kritik insbesondere am Zustand der Antriebsaggregate. Auch Motorenbauer nehmen die Vorhaltungen zur Kenntnis, daß sich seit hundert Jahren in ihrer Branche nichts Grundlegendes getan hat, während in Nachbargebieten wie der Flugzeug- oder Rechnertechnik regelrechte technische Sprünge verzeichnet werden. Konstrukteure in solchen Abteilungen begeben sich daher des öfteren von Selbstzweifeln geplagt auf die Suche nach alternativen Antriebstechniken. Dies aber selbstverständlich vor dem Hintergrund einer beruflichen Sozialisation im Verbrennungsmotorenbau. Heraus kommt dabei zumeist, daß diese anderen Entwicklungen aus konstruktionsbedingten oder ökonomischen Problemen dem kultivierten Stand der Verbrennungsmotorentechnik unter der Annahme der Fortsetzung der bisherigen Nutzungsprofile im Automobil das Wasser nicht reichen können. Bei nahezu allen Vorstellungen alternativer Antriebstechniken durch etablierte Automobilbauer läßt sich dieses Doppelmotiv, die Selbstzweifel an den Grundlagen der eigenen Arbeit und die Suche nach dem Nachweis, daß es andere Antriebs-

formen aber auch nicht geben kann, erkennen.[8] Die Dominanz des Automobils, des weltweit verzweigten Netzes dieses großtechnischen Systems läßt auch hier keine Denkräume für funktionale Äquivalente. Es liegt auf der Hand, daß sich dieses Psychogramm aber hervorragend für eine intelligente unternehmerische Absicherungspolitik nutzen läßt - und noch dazu, ohne daß diese weltweit bestimmende Disposition initiiert, gesteuert oder kontrolliert werden müßte.

Daß dieses herrschende Konzept von Automobilität gerade durch seinen lang anhaltenden Erfolg gewisse Unverträglichkeiten im Ökosystem produziert hat, scheint mit Blick auf die lokalen und globalen Auswirkungen des Schadstoffausstosses sowie des enormen Flächenverbrauchs dieses Verkehrssystems wohl kaum eine Frage. Die bisherige Analyse läßt den Schluß zu, daß ein Hoffen auf endogene Innovationspotentiale der Autoindustrie nicht berechtigt ist. In verschiedenen Regionen der industrialisierten Welt beginnen daher erneut Versuche zur Etablierung einer neuen Regulierungspolitik, um das Automobil besser an die Erfordernisse der Umwelt anzupassen.[9] Und so deuten sich vor allen Dingen am kalifornischen Horizont im Rahmen politischer Initiativen zur Förderung industrieller Produktveränderungen für den schon längst vergessenen Wankelantrieb neue Perspektiven an. Todgesagte haben bekanntlich eine langes Leben. Allerdings scheint es zur Zeit eher fraglich, ob sich neue Chancen für eine Renaissance des Wankelantriebes tatsächlich eröffnen. Denn der kalifornischen Staat sieht sich beim Versuch, zentrale Elemente des bisherigen Automobilverständnisses langfristig zur Disposition zu stellen, erneut einem sehr starken Druck durch die Industrie ausgesetzt.

Neue kalifornische Regeln

Im Sommer 1992 erschienen in allen großen US-amerikanischen Tageszeitungen Anzeigen mit dem vieldeutigen Titel "California Dreaming?" Auftraggeber waren Firmen aus dem Ölgeschäft, die sich ziemlich erbost darüber zeigten, daß der Sonnenstaat Kalifornien mit Beginn des Jahres 1993 die Einführung neuer Benzinsorten vorgeschrieben hat. Dieses "reformulated Gasoline" mit einem höheren Anteil an Sauerstoff, dafür aber geringen Werten an Schwefel, Blei und anderen Substanzen, die bei der Verbrennung in den Motoren zur Schadstoffentwicklung beitragen, ist in der Herstellung erheblich teurer, ohne daß sich diese Mehrkosten am Markt wieder hereinholen lassen. Doch damit nicht genug. Der Zwang zur Einführung sauberen Benzins ist zusätzlich mit der Einführung alternativer Kraftstoffe wie Flüssiggas oder Alkohol verbunden, die in einer festgelegten Anzahl von Fahrzeugen Verwendung finden müssen. Dies alles erregte das Mißfallen der Ölindustrie aber auch deshalb, weil diese Maßnahmen

nur der erste Teil eines bereits langfristig angelegten Regulierungsprogramms zur Absenkung der drastisch gestiegenen Luftverschmutzung ist, das erneut von der kalifornischen Umweltbehörde, dem California Air Resources Board (CARB), im September 1990 beschlossen wurde. Aber erst mit der Erteilung der Genehmigung durch die Bundesbehörde EPA - Einzelstaaten müssen eigenständige Regelwerke, die unabhängig vom bundesweit gültigen Clean Air Act abgefaßt sind, von der Bundesregierung in Washington genehmigen lassen - konnte das umfassende Programmpaket Anfang 1993 eingeleitet werden.[10]

In einem Stufenplan wird bis zum Jahr 2003 neben einer schrittweisen Absenkung der bekannten Schadstoffklassen CO, HC und NOx sowie von Partikeln erstmals auch der Ausstoß von Formaldehyd limitiert. Darüber hinaus beinhaltet der Plan eine schrittweise Einführung verschärfter Schadstoffgrenzwerte in drei Fahrzeugkategorien, den Transitional Low-Emission Vehicles (TLEV), den Low-Emission-Vehicles (LEV) sowie den Ultra-Low-Emission-Vehicles (ULEV). Hierbei legt die Behörde lediglich einen Schadstoff-Mittelwert fest, in welcher Kombination mit wieviel Prozent TLEV-, LEVS- oder ULEV-Fahrzeugtypen die Hersteller diesen erreichen, bleibt ihnen überlassen. Bei einer Übererfüllung der Norm können sogar Bonuswerte ausgewiesen werden.

Tabelle 3: Kalifornische Abgasgesetzgebung im Überblick

CALIFORNIA CLEAN AIR REQUIREMENTS						
			Transitional low-emission vehicles	Low-emission vehicles	Ultra-Low emission vehicles	Zero emission vehicles
HC g/mile	0.39	0.25	0.125	0.075	0.040	0
CO g/mile	7.0	3.4	3.4	3.4	1.7	0
NOx g/mile	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0
2003				75	15	10
2002				85	10	5
2001				90	5	5
2000				96	2	2
1999		23		73	2	2
1998		48		48	2	2
1997		73		25	2	
1996		80	20			
1995		85	15			
1994	10	80	10			
1993	60	40				
1992	100					
1991	100					
Model Year	% of AUTOMAKERS' FLEETS					

Note: g/mile = grams per mile

Quelle: Ward's Communications, Electric Vehicle: Deadline 1998, Detroit 1993, S.18

Erreicht werden sollen diese Grenzwerte - so jedenfalls die Vorstellung der Behörde - neben der Verwendung "sauberer" bzw. alternativer Kraftstoffe vor allen Dingen weiterhin mit sogenannten innermotorischen Maßnahmen, dem Einbau neuer elektronischer Meß- und Regeltechniken, der Verwendung verbesserter End-of-Pipe-Techniken, hier vor allen Dingen mit einer nochmals optimierten katalytischen Abgasentgiftung. Darüber hinaus finden sich neuerdings eine Reihe von Vorschriften für Testzyklen und Haltbarkeitsnachweise der Filtertechniken durch Onboard-Diagnosetechniken, denn die bisherigen Katalysatoren hatten die in diese Technik investierten Hoffnungen auf drastische Reduzierungen der Schadstoffe eher enttäuscht. Zwar kann ein funktionstüchtiger Drei-Wege-Katalysator die Abgaswerte im Vergleich zu einem konventionellen Ottomotor bei CO um 32%, bei HC um 11% und bei NOx etwa um 18% reduzieren, in der abgasintensiven Warmlaufzeit des Motors bleibt die Wirkung allerdings gleich Null. Bei höheren Geschwindigkeiten verliert der Katalysator darüber hinaus zunehmend an Funktionsfähigkeit. Kat-Fahrzeuge emittieren bei einer Geschwindigkeit von 150 km/h fast viermal soviel Kohlenmonoxid, doppelt soviel Kohlenwasserstoffe und nahezu dreimal soviel Stickoxide wie bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h. Doch damit nicht genug: Nach neueren Untersuchungen werden die zur Zeit gültigen Grenzwerte der amerikanischen Bundesregierung bei CO schon nach 30.000 km Laufleistung überschritten, bei HC nach 45.000 km, und nach 100.000 km verliert der Katalysator auch bei NOx und damit vollständig seine Wirkung.[11] "Diese Tatsache war der Automobilindustrie und den Behörden praktisch von Anfang an bekannt, wurde aber viele Jahre lang nicht offen angesprochen", heißt es dazu heute in Industriekreisen.[12]

Die kalifornische Bundesregierung setzt bei dieser eher ernüchternden Bilanz hinsichtlich der tatsächlichen Reformfähigkeit konventioneller Verbrennungsmotoren erstmals nicht nur auf konventionelle Maßnahmen im Rahmen des eingeschlagenen Paradigmas. In diesem umfassenden Regelwerk findet sich ein echtes Novum in der Verkehrspolitik, das seit der Ankündigung Ende der 80er Jahre die Autoindustrie weltweit in Atem hält. Erstmals in der Automobilgeschichte schreibt eine staatliche Behörde die Einführung verbindlicher Quoten für schadstoffreie Fahrzeugtypen vor! Ab dem Jahre 1998 gilt für alle Hersteller, die im Bundesstaat Kalifornien mehr als 35.000 Einheiten verkaufen, daß 2% dieser Fahrzeuge als Zero-Emission-Vehicles (ZEV), also als Null-Emissions-Fahrzeuge ausgelegt sein müssen. Nach Auskunft der Behörden bedeutet dies, daß nach Lage der Dinge nur Fahrzeuge mit Elektroantrieb in Frage kommen, die in der Tat am Fahrzeug selbst keine Schadstoffe emittieren. Dieser Prozentsatz steigt bis zum Jahre 2003 sogar auf 10% an und ist dann auch für Hersteller verbindlich, die zwischen 5.000 und 35.000 Automobile in

Kalifornien verkaufen. Hierzu zählen beispielsweise die deutschen Firmen VW/ Audi, Mercedes-Benz und BMW. Die ZEV-Quoten können auch nicht durch Bonus-Punkte bei der Einführung schadstoffarmer Fahrzeugtypen aufgeschoben werden.

Es scheint, daß nach den naiv-optimistischen Ankündigungen zur vollständigen Abschaffung des Verbrennungsmotors Ende der 60er Jahre, spätestens zu Beginn der 80er Jahre in Kalifornien eine vorsichtigere, behutsamere und realistischere Politik zu greifen beginnt. In einer Umfrage von Ward's Communication, dem bedeutendsten amerikanischen Insider-Informationsdienst, bei fast 200 Fachleuten aus der Automobil- und Zulieferindustrie waren daher auch 78% der Befragten der Meinung, daß die Chancen zur Realisierung einer Elektroauto-Industrie heute günstiger sind als in den 60er oder 70er Jahren.[13] In der Tat spricht einiges dafür, daß Mitte der 90er Jahre die Initiative zur Förderung von Elektroautos wesentlich besser mit den strukturpolitischen Gegebenheiten Kaliforniens abgestimmt ist. Der größte amerikanische Bundesstaat ist zwar mit 11% Marktanteil das größte Absatzgebiet der USA, hier waren aber nie mehr als 2,8% der amerikanischen Automobilarbeiter beschäftigt. Im Jahre 1991 betrug der Anteil noch nicht einmal 2,2%![14] Dafür verfügt der Sonnenstaat bekanntlich über eine sehr dichte Infrastruktur an Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Luft- und Raumfahrtindustrie, eine Branche, die dringend neue Tätigkeits- und Geschäftsfelder sucht, um die seit einigen Jahren ausbleibenden Aufträge aus dem Verteidigungsministerium kompensieren zu können. Zusammen mit der Autoindustrie sind in der Luft- und Raumfahrtindustrie allein seit 1990 700.000 Jobs verloren gegangen, ein großer Teil davon in Kalifornien.[15] Damit bieten sich Möglichkeiten, für die Durchsetzung neuer Antriebs-, Fahrzeug- und Verkehrskonzepte industriell-technik-wissenschaftliche Allianzen und Unterstützernetzwerke zu gründen und einzubringen. Diese günstigen Voraussetzungen, die für den Bau und Vertrieb von Elektrofahrzeugen gerade in Kalifornien herrschen, spiegeln sich bereits in der Gründung einer ersten Initiative zum Start einer Elektroauto-Industrie, dem Konsortium Cal-Start, wider. Auf dem Gelände der Lockheed Corporation im südkalifornischen Burbank arbeiten aus der Automobil-Zulieferindustrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie und anderen High-Tech-Branchen so unterschiedliche Firmen wie die Aerojet, Hughes Aircraft, HUB Engineering, IBM, Intel oder Kaiser Aluminium, gesponsert vom Los Angeles Department of Water and Power sowie der Pacific Gas & Electric in einem Non-Profit-Verbund an der Entwicklung und Fertigung eines Elektro-Prototyps. Hier können zentrale Komponenten für Elektrofahrzeuge wie die Meß- und Regeltechnik, entsprechende Werkstoffe, Antriebs- und Batteriesysteme sowie Fertigungsverfahren ohne größere Probleme und in kurzer Zeit entwickelt und realisiert werden. Das Konsortium hofft

ganz optimistisch, bis zum Jahre 2000 etwa 55.000 neue Jobs schaffen zu können.[16] Insgesamt erwartet man in Kalifornien, daß durch die Entwicklung und Fertigung von Elektrofahrzeugen bis zum Jahre 2010 über 70.000 Arbeitsplätze entstehen.[17]

Neuer Wein in alten Schläuchen: Formierung der Widerstände

Dieser scheinbar so waghalsige Schritt der rührigen Luftreinhaltebehörde in Sacramento ist bei genauem Hinsehen so radikal nicht, denn er folgt nur konsequent der bisherigen Regulierungsphilosophie. Der Kerngedanke des Boards ist dabei so einfach wie genial. Die meist recht vollmundigen Verlautbarungen und Demonstrationsprojekte der Autohersteller über zukunftsorientierte Studien, deren Ergebnisse zumeist auf den jährlichen Automobilshows in Detroit, Tokyo, Genf oder Frankfurt in aufwendiger Weise gezeigt werden und die Innovationsfähigkeit der Unternehmen demonstrieren sollen, werden in Kalifornien allerdings sehr ernst genommen. Während in den Vorstandsetagen die Forschungsprojekte der unternehmerischen Vorsorge dienen und sich der Umgang mit den konkreten Vorhaben eher durch Unverbindlichkeit auszeichnet, leiten die Damen und Herren in Sacramento ganz andere Schlüsse aus solchen Präsentationen ab. Wenn die Autoindustrie mit solchen Concept Cars demonstriert, was technisch tatsächlich schon machbar ist, erlaubt es dies der kalifornischen Behörde, mit entsprechenden politischen Rahmenbedingungen die Produktrealisation solcher Demonstrationsprojekte zu beschleunigen bzw. überhaupt erst einzuleiten. Robert Stempel, bis zum Herbst 1992 Chef des Branchenführers GM erläuterte dies einmal so, "that GM wasn't going into the electric car business to cash in on the California zero-emissions rule. It was the other way round. The Air Resources Board dared to make the rule partly because it knew of GM's plans". Und in der Tat, erst als CARB die Projektpläne des GM-Impact, einem eigens für Elektroantrieb neu konstruierten Fahrzeugtyp, studiert und von GM die generelle Machbarkeit signalisiert bekommen hatte, wurde die Quotenbestimmung für die verbindliche Einführung von Null-Emissions-Fahrzeugen formuliert.[18]

Allerdings zeigt sich gerade auch an diesem Beispiel des Impacts, in welchem Maße auch im ausgehenden 20. Jahrhundert noch staatliche Behörden mit Widerstand rechnen müssen, wenn sie versuchen, in der zentralen Frage der Antriebssysteme von Automobilen technischen Modifikationen zum Durchbruch verhelfen zu wollen. Ende 1992, als die finanziellen Probleme des Industriegiganten GM immer größer wurden, kippte der im Rahmen eines groß angelegten Revirements zum neuen Chef ernannte Jack Smith kurzerhand das von seinen

Vorgängern Roger Smith und Robert Stempel geerbte und mit großen Vorschußlorbeeren bedachte Impact-Projekt - ein erstes prominentes Opfer des neuen Sanierungskurses. Nur noch wenige Prototypen sollten gebaut und von ausgewählten Kunden getestet werden. Plötzlich erschien GM die Fertigung des Elektrofahrzeuges - ursprünglich war die Produktion im früheren Reatta Craft Center in Lansing mit einer Jahresproduktion bis zu 50.000 Einheiten geplant - zu riskant, weil zu teuer. Mit der neuen Führungscrew kamen auch neue Bewertungsmaßstäbe zum Tragen. Es erschien den Herren der Detroiter Führungsetage nicht mehr sicher, ob bei einem Stückpreis, der etwa um 10.000 Dollar höher als der Preis eines Normalautos ausfallen würde, genügend Käufer zur Amortisation der Kosten gefunden werden können.[19]

Die Unsicherheit bei der Einschätzung des zukünftigen Käuferverhaltens scheint zur Zeit in der Tat ein Schlüsselproblem für die kalifornische Null-Emissions-Regelung zu sein. Der sonnenbeschienene Bundesstaat wurde Anfang der 90er Jahre von den Rezessionserscheinungen der amerikanischen Wirtschaft besonders hart getroffen. Die Arbeitslosenrate liegt mit fast 10% bereits jetzt schon um ein Drittel höher als der Bundesstandard, zugleich vermehren jedes Jahr etwa zwei Millionen Immigranten im südlichen Kalifornien das Heer der Arbeitssuchenden.[20] Bei einer solch unsicheren wirtschaftlichen Situation ist die Bereitschaft der Autokäufer erheblich eingeschränkt, für den Erwerb eines neuen Fahrzeugs deutlich mehr als bisher üblich auszugeben. Die Luftreinhaltebehörde selbst meint zwar, in Umfragen bei 65% der Kalifornier die Bereitschaft gefunden zu haben, durchschnittlich bis zu 500 Dollar mehr für ein Auto auszugeben, das keine schadstoffhaltigen Abgase mehr ausstößt. Andere Umfrageergebnisse zeigen allerdings deutlich andere Resultate. Die befragten Autokäufer würden ein Elektrofahrzeug kaufen, wenn es etwa 14.000 Dollar kosten würde und damit etwa 2.000 Dollar billiger wäre als ein normales Hubkolben-Automobil. Offenbar gehen die Verbraucher mehrheitlich davon aus, das ein aus viel weniger Teilen bestehender Elektromotor auch weniger kostet, insbesondere wenn damit eine Einschränkung der bisher gewohnten Fahrleistungen verbunden ist.[21] Helmut Werner, Chef von Mercedes-Benz, hat, wohl stellvertretend für alle anderen Hersteller, den "fatalen Eindruck, daß 1998, wenn in allen Händlerräumen solche Autos stehen, der Kunde sie nicht kaufen wird."[22] Ford-Chef Trotman sieht ebenfalls "a vehicle with no market."[23] Die Hersteller werden zwar elektrisch angetriebene, konventionell gebaute Fahrzeugtypen im Angebot haben, sie glauben aber selbst nicht an den Erfolg: "Ja, wir werden einen Elektro-Golf anbieten. Wir erwarten allerdings keine großen Stückzahlen", erläuterte der Entwicklungschef der Volkswagen AG, Herbert Schuster, diese groteske Haltung der Industrie. "Ein normaler Kunde wird ein solches Auto nicht kaufen, er kann es einfach nicht bezahlen."[24] Allerdings

zeigten sich in einer Untersuchung Ende 1993 immerhin 26% der Befragten bereit, einen Elektroantrieb in ihrem Automobil zu akzeptieren. Rund 34% der Befragten wollten lieber einen konventionellen Motor, während 29% sich durchaus einen Hybridantrieb in ihrem Auto vorstellen konnten.[25] Untersuchungen aus dem Frühjahr 1994 ergaben schließlich sogar, daß über 60% der Kalifornier die strenge ZEV-Regelung des CARB unterstützen.[26]

Es ist auch überhaupt kein Geheimnis, daß die Automobilhersteller an Elektromobilen kaum Interesse haben. "Nur schwer verständlich ist die Auffassung einiger führender Automobilmanager, die Elektrotraktion solle von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen finanziert werden, da diese Strom verkaufen wollten." So jedenfalls der bei VW entlassene Forschungschef Heiko Barske. "Es wäre unser eigener, allerdings nicht zum ersten Mal begangener Fehler", so Barske weiter, "wenn der absehbare Markt für fortschrittliche Elektrofahrzeuge und Traktionsbatterien wegen unserer eigenen Unfähigkeit, gemeinsames Handeln zu organisieren, für unsere Industrie nicht erschlossen würde."[27] Zwar wird der Kauf von solchen Fahrzeugen auch in den USA mit Steuerbefreiungen in einer Größenordnung von etwa 5.000 Dollar versehen. Diese finanziellen Anreize sind aber nicht geeignet, die erwarteten Mehrkosten von bis zu 10.000 Dollar gegenüber einem Fahrzeug mit konventionellem Antrieb auszugleichen.[28] Die kritischen Stimmen gegenüber der Luftreinhaltepolitik des CARB beziehen sich daher u.a. auf die Wahl der eingesetzten politischen Instrumente, nämlich mit einer "technology forcing"-Politik das Angebot an Elektrofahrzeugen praktisch zu erzwingen, ohne aber für eine entsprechende Abnahmegarantie zu sorgen. Solche restriktiven Rahmenbedingungen behagen den Industrievertretern natürlich nicht.

In der Automobil- und Ölbranche zeigt man sich weitestgehend den besonderen Problemen Kaliforniens gegenüber aufgeschlossen und ist bereit, zur Regulierung der im Los Angeles-Becken besonders hohen Schadstoffkonzentration die eine oder andere strenge gesetzliche Maßnahme zu akzeptieren. So lange alles, was in Kalifornien erdacht wird, auch in den Grenzen dieses Bundesstaates bleibt oder als Ausgeburt kalifornischer Lebensweise gekennzeichnet und in seinen Wirkungsdimensionen einigermaßen kalkulierbar ist, droht keine Gefahr. Die Industrievertreter beginnen allerdings dann aufzuhorchen, wenn dieser sehr strenge und auf die Eigenheiten Kaliforniens zugeschnittene Regulierungstyp auf andere Staaten übertragen werden soll.[29] Es scheint daher die groteske Situation einzutreten, daß Kalifornien vom eigenen Erfolg überrollt zu werden droht. Als im Jahr 1992 gleich mehrere US-Bundesstaaten im Nordosten der Vereinigten Staaten ankündigten, die kalifornischen Standards in zentralen Punkten zu übernehmen, weil nämlich nicht nur im Los Angeles-Becken die Luft infolge von Autoabgasen schlechter wird, drohte plötzlich für 37% des

Marktvolumens der USA die Einführung von Null-Emissions-Fahrzeugen. Für die amerikanische Autoindustrie war damit der Bogen überspannt. Dem Staat New York, der die administrative Umsetzung bereits am weitesten vorangetrieben hatte, wurde auf Antrag der American Automobile Manufactures Association (AAMA) gerichtlich die Übernahme der kalifornischen Regeln im Januar 1993 verwehrt. Der Herstellerverband argumentierte, daß dieser Ostküstenstaat mit ganz anderen topographischen und klimatischen Bedingungen auch nicht die Einführung besonders schwefelarmen Benzins verordnet habe, mit dessen Hilfe überhaupt nur die strengen Abgaswerte für konventionelle Fahrzeuge erreicht werden können.[30] Neuerdings versuchen diese Staaten in der Interessengemeinschaft "Ozone Transport Commission" neue Standards zu setzen, die sich als "OTC-LEV" an den kalifornischen Vorgaben orientieren, aber zunächst auf eine verbindliche Vorschrift zur Einführung von Elektrofahrzeugen verzichten.[31]

Die große Begeisterung der kalifornischen Umweltbehörde an Elektrofahrzeugen rührt neben den strukturpolitischen Überlegungen zum Aufbau eines neuen Industriesektors in der Tat aus den besonderen Möglichkeiten der Energieversorgung in diesem Bundesstaat. In Kalifornien sind die beiden, hinsichtlich der Umweltbilanz kritischen, weil schadstoffhaltigen Energieträger Kohle und Öl an der Versorgung nur etwa zu 16% beteiligt, während sie in den übrigen amerikanischen Bundesstaaten im Durchschnitt mit über zwei Dritteln den Löwenanteil der Energieversorgung ausmachen.[32] Vertreter des CARB selbst sind daher tatsächlich auch gar nicht so sehr am Export ihres Regelwerkes interessiert, sondern verweisen zur Begründung der ZEV-Regelung auf den hohen Anteil regenerativer Energieträger (33%) und auf die große Bedeutung des relativ sauberen Erdgases (33%) an der eigenen Stromversorgung. Nur vor diesem Hintergrund ist das Engagement der kalifornischen Umweltbehörde für Elektrofahrzeuge zur Reduzierung lokaler Schadstoffbelastungen, insbesondere in der Umgebung von Los Angeles, zu verstehen.[33]

Dennoch wird durch die erklärte Absicht von einigen Bundesstaaten, dieses Regelwerk trotzdem zu übernehmen, der politisch Druck auch auf Kalifornien größer. In Herstellerkreisen wird daher wieder davon ausgegangen, daß es auch dieses Mal gelingt, wie zu Beginn der 70er Jahre, die strengen kalifornischen Regelwerke abzumildern oder die Einführungstermine zeitlich zu verschieben. "When they speak with one voice" - so Verbraucheranwalt Ralph Nader - "they can bully any government - local, state or federal."[34] Zur Zeit versuchen die amerikanischen Autofirmen, genau wie Anfang 1972, die Wiedererlangung der Definitionsmacht zur Bestimmung des technisch Machbaren zu organisieren. Hierbei zeichnet sich ein ganz ähnliches Muster wie beim Wankel ab: Ford läßt 80 Ecostars, zum Elektroauto umgebaute Escorts, Chrysler 50

elektrifizierte Dodge Caravans durch die Lande fahren, während General Motors mit 30 Impacts in 12 Städten einen zweijährigen Test plant. Soweit lassen sich die Hersteller also wieder auf die von den politisch-administrativen Akteuren formulierten Vorgaben ein. Allerdings bleibt die Autoindustrie der einzige Akteur, der kompetent über die Akzeptanz von Elektroautos berichten kann und hieraus auch die entsprechenden politischen Schlußfolgerungen destillieren wird. "If consumer tests of 30 Impact Electric Vehicle next year shows marketability problems, California could be forced to drop its demand for 20.000 electric cars in the model year 1998 (for GM)", oder wie es Kenneth Baker, Vizepräsident von General Motors Research and Development Center ausdrückte, wenn Konsumenten nicht wollen oder der Preis zu hoch ist, "the California Air Resources Board would have to consider dropping its mandate".[35] Tatsächlich sah sich die Behörde bereits 1993 auf Druck der Industrie dazu genötigt, den Betrieb einer kraftstoffbefeuerten Heizung bei den zukünftigen Null-Emissions-Fahrzeugen zu erlauben, wenn die Außentemperatur unter 4°C absinkt. Ausbleibende Erfolge in der Batterieforschung haben darüber hinaus zu Gerüchten geführt, daß die ZEV-Regelung zugunsten eines Einsatzes von Hybrid-Fahrzeugen, also Automobilen, deren Antriebseinheit aus einer Kombination von Elektroantrieb und konventionellem Verbrennungsmotor besteht, aufgeweicht wird. Jedenfalls arbeiten in jüngster Zeit auffallend viele Hersteller an der Zukunftsformel Hybrid, die von Unternehmen zu Unternehmen jeweils noch sehr unterschiedlich interpretiert werden. Das Konzeptauto von VOLVO, der ECC, der eine dieselbetriebene Gasturbine mit einem Elektromotor kombiniert, hat hier bereits Maßstäbe gesetzt.[36]

CARB selbst gibt sich zwar nach außen hin nach wie vor demonstrativ optimistisch.[37] Hinter den Kulissen stellt sich die Situation allerdings anders dar. Insider geben zu, daß die technische Definition Null-Emission unglücklich ist, weil nur der Elektroantrieb in Frage kommt und hier durchaus große Probleme in der Bereitstellung der Energie eingeräumt werden. Auch die anderen Programmkomponenten, die ja das bisherige Verständnis von Automobil eher festschreiben, werden kritisch gesehen, da der enorme Aufwand an Filtertechniken auch die konventionellen Fahrzeuge etwa um 1500 Dollar verteuert. Angesichts der schwierigen wirtschaftlichen Situation im Lande bleibt es daher auch bei diesen Maßnahmen fraglich, wieviele Käufer sich selbst für die schadstoffreduzierten Normalfahrzeuge finden werden. Weiteren Optimierungsgeboten an bestehenden Automobilkonzepten sind daher offenbar selbst im Auto-Wunderland Kalifornien Grenzen gesetzt, zumal auch schon in diesem Punkt die Automobilindustrie die Muskeln hat spielen lassen. Wenn nämlich die erhöhten Preise für die Null-Emissions-Fahrzeuge nicht zu realisieren sind, diese aber dennoch vorgeschrieben bleiben, dann müssen - so der oben schon zitierte Ford-

Chef Trotman - eben alle Autokäufer in Kalifornien mehr zahlen. "We'll have to tack the costs of an electric vehicle onto the price tag of all the other vehicles we sell in California, everybody in the state will get to do their part for clean air."[38] Dies bringt wiederum die Autohändler, die große Absatzeinbrüche befürchten, in Opposition zur Behörde.[39] Damit sieht das Board selbst, das 1993 ein Budget von 105 Millionen Dollar verwaltete, wovon knapp 4 Millionen Dollar für Forschungszwecken verfügbar waren, angesichts der kritischen ökonomischen Lage schwierigen Zeiten entgegen. Das Absinken des durchschnittlichen Realeinkommens läßt die politische Unterstützung für ambitionierte Luftreinhaltegesetze, die immer mit Mehrkosten für die Autokäufer verbunden sind, in Zukunft fraglich erscheinen. Der Rücktritt der engagierten Vorsitzenden des Boards, Jananne Sharpless, gilt in der Branche als ein erstes Anzeichen in diese Richtung.[40] Zudem gibt es Schwierigkeiten, die beschlossenen und verkündeten Gesetze auch technisch entsprechend zu administrieren. Je mehr Auflagen erlassen werden, um so mehr muß auch gemessen, geprüft und überwacht werden. Hier fehlt es an geeigneten Geräten und entsprechend geschultem Personal. Entscheidender Grund für die intern nicht übermäßig optimistische Stimmung bei CARB dürfte aber der Umstand sein, daß mit den eingeleiteten oder noch in Planung befindlichen Gesetzesinitiativen zur Reduzierung des Schadstoffgehaltes der automobilen Verbrennungsmotoren kaum tatsächliche Verbesserungen in der Luftqualität erreicht werden können. Man ist froh, wenn bei der erwarteten weiteren Zunahme des Automobilverkehrs die Luft nicht noch schlechter wird.[41] Einzelnen Mitarbeitern des Air Resources Board ist dabei durchaus klar, daß mit Optimierungsarbeiten am bisher dominanten Automobilkonzept die politisch-administrativen Spielräume sehr begrenzt sind. Denn noch besteht aufgrund der in den letzten Jahrzehnten geformten Verkehrsinfrastruktur in Kalifornien zum Automobil kein funktionales Äquivalent. Infolge dessen bleiben Ablöse- und Aufkündigungstendenzen vom Automobil bei den Nutzern zwangsweise begrenzt. Von der Autoindustrie selbst wird unter der Bedingung, daß die politischen Rahmenbedingungen sich nach wie vor als manipulierbar erweisen, kein ökonomisch riskanter Produktwechsel zu erwarten sein. Im Gegenteil: So lange die Trägerkoalition für dieses Transportsystem, bestehend aus Nutzern, Staat und Industrie im Grundsatz weiter besteht, müssen die Hersteller auf den Erhalt der entsprechenden technischen Konfiguration beharren. Und das heißt, die Industrie wird in ihren strategischen Planungen auch weiterhin am Hubkolben-Verbrennungsmotor als technischem Kern des Automobil-Konzeptes festhalten und jeder gewünschten oder geforderten Initiative zum Wechsel der Antriebseinheit Widerstand entgegenstellen.[42] Die Festlegung der ZEV-Quoten, sollten sie überhaupt noch Ende der 90er Jahre Bestand haben, wird daher von Konsumenten und Herstellerseite

unterlaufen. Aus der deutschen Industrie ist beispielsweise zu hören, daß man notfalls die erforderlichen Absatzzahlen durch die Gründung einer eigens zur Abnahme von Elektrofahrzeugen gegründeten Tochterfirma erfüllen wird, die dann diese Fahrzeuge einfach "auf den Hof stellt."[43]

Eine Allianz der Regionen

Damit wird unter den augenblicklichen Umständen auch aus der Renaissance eines wasserstoffangetriebenen und fast schadstoffreien Wankelantrieb nichts werden. Es sei denn, zwischenzeitlich könnte die Bekämpfung des Ausstosses von CO_2 als Treibhausgas - ähnlich wie FCKW - eine strategische Bedeutung erlangen. Sollte die Industrie dann immer noch am Verbrennungsmotor festhalten, bliebe wohl tatsächlich nur der Rückgriff auf Wasserstoff als Energieträger. Rotationskolbenmotoren sind für den Einsatz dieses leicht entzündbaren Kraftstoffs nahezu prädestiniert, jedenfalls in dieser Hinsicht den Hubkolbenmotoren - selbst nach Meinung der Audi-Ingenieure - überlegen.[44] Es bleibt aber auch fraglich, ob Mazda tatsächlich noch die Früchte weitsichtiger Unternehmenspolitik ernten kann. Das Unternehmen, daß 1992 etwa über eine Million Fahrzeuge produzierte und rd. 31.000 Mitarbeiter beschäftigt, sieht offenbar großen finanziellen Problemen entgegen.[45] Eine zu schnelle und zu unübersichtliche Modellpolitik sowie aufwendige Entwicklungsprojekte haben die Sumitomo Bank, die seit Mitte der 70er Jahre das Unternehmen kontrolliert, obwohl nur im Besitz von 3,5% des Nominalkapitals, Gerüchten zufolge dazu bewogen, mit der Ford Motor Company, die bereits mit 24,5% an Mazda beteiligt ist, Verhandlungen zur Übernahme des gesamten Aktienpakets zu führen.[46] Sollte tatsächlich die Nummer Vier der japanischen Automobilindustrie unter die vollständigen Kontrolle der Ford-Zentrale in Dearborn kommen, werden ambitionierte Innovationsprojekte sicherlich neu berechnet werden. Mit welchen seriösen Methoden man dabei neue Bewertungen erreichen kann, hat die Volkswagen AG bei der Übernahme der NSU AG bereits gezeigt.

Eine tatsächliche und nachhaltige Veränderung in der Automobiltechnik, also auch in der zentralen Antriebsfrage, kann es aber in Kalifornien nur geben, wenn sich das bisher gültige Verständnis von Automobil - ein weitgehend unabhängiges, mit hoher Reichweite, guter Beschleunigung und hoher Endgeschwindigkeit sowie einem Raumangebot für mindestens vier Personen plus Zuladungsmöglichkeiten ausgestattetes Fahrzeugkonzept - verändert. Wirkliche Verbesserungen in der Umweltsituation sind nur realistisch - das sehen auch die Ingenieure des CARB -, wenn das bisherige Automobil im Rahmen einer geänderten Verkehrspolitik neu gedacht und eingeordnet wird. Neue Antriebslösun-

gen, ob Elektrotraktion oder ein mit Wasserstoff zu betreibender Wankelmotor, können als funktionstüchtige Alternativen nur dann erfolgreich etabliert werden, wenn sich die politischen Rahmenbedingungen verändern und dem bisherigen Automobil die zum Funktionieren dieses Mobilitätskonzeptes beigegebenen infrastrukturellen Vorleistungen genommen werden. Ohne eine massive Veränderung in den ordnungspolitischen Voraussetzungen des Automobilverkehrs, ohne Ablösungs- und Aufkündigungsprozesse von dominanten Akteuren im Trägerkreis des großtechnischen Systems wird es wohl auch zukünftig zu keiner grundlegenden Aufweichung und Verschiebung in der Produktpolitik der Autoindustrie kommen.[47] Dies geht sicherlich nicht zum Nulltarif und ist für die gewählten Interessenvertreter nicht ohne Risiko. Eine solche Politik "would have required the administration to tell (the people) that even the amount of clean air realistically attainable does not come for free; and that mobile-source pollution has much more to do with our personal habits than with inadequate technology or greedy 'corporate polluters'. Instead of facing these obstacles, the administration made do with the existing convoluted and inefficient regulatory scheme, tightened it at the margin, and superimposed upon it a superficially attractive technological 'fix'."[48]

Das bedeutet konkret: Die kalifornische Staatsregierung wird bei dem Versuch zur substantiellen Änderung zentraler Elemente der bisherigen Automobiltechnik erneut scheitern, wenn nicht gleichzeitig mit dem Aufbau funktionaler Äquivalente begonnen wird, deren Nutzung es erlaubt, die bisherige Leistungserbringung des Automobils ohne drastische Einbußen beim Komfort zu substituieren. Insofern könnten die oben zitierten Ölunternehmen tatsächlich und ohne es in dieser Weise beabsichtigt zu haben, bei ihrer Anzeigenkampagne mit dem Titel "California Dreaming" richtig liegen. Bei den traditionellen Politikansätzen - und seien sie auch noch so fortschrittlich wie das Zero-Emission-Konzept - wird das bisherige Automobil-Verständnis mit dem Verbrennungsmotor als seinem zentralen Kern festgeschrieben, die Verkehrsinfrastruktur bleibt auf die Funktionssicherheit abgestellt, und damit haben alle alternativen Antriebskonzepte, an diesem Maßstab gemessen, Schwierigkeiten, ihren gleichsam versteckten gesamtgesellschaftlichen Wert beweisen zu können. Solange das bestehende Automobilkonzept durch die gesellschaftliche Politik in seiner Funktionsfähigkeit festgeschrieben bleibt, wird auch der Hubkolben-Verbrennungsmotor bleiben, weil er durch die Verarbeitung von flüssigen Kohlenwasserstoffen die in diesem Automobilverständnis ausgedrückten Fahreigenschaften garantiert.

Obwohl dem Staat als Ausdruck des organisierten Gemeinwesens eine Schlüsselposition bei der Definition zukünftiger Verkehrssysteme zufällt, repräsentieren sich in den politischen Arenen aber sehr unterschiedliche Interessen-

lagen. Der Problemdruck und die hieraus resultierenden Handlungszwänge werden sehr stark vom jeweiligen Grad an Betroffenheit bestimmt, die in föderalen Systemen sehr unterschiedlich ausfallen. Der Staat Kalifornien kann mit seinen administrativen Möglichkeiten infrastrukturelle Stabilisatoren des Automobils, die in seinem wesentlichen Teil ja die Funktionsfähigkeit ausmachen, nicht aushebeln. Für ein neues kalifornisches Verkehrskonzept sind eine Neuformulierung der bundesweiten Eisenbahnpolitik sowie eine drastische Erhöhung der Benzinsteuer - der reale Preis für eine Gallone Sprit ist in den USA so billig wie im Jahre 1950[49] - sowie andere Maßnahmen zur Verteuerung des Autofahrens zwingend. Die Festlegung dieser für das Automobilkonzept so zentralen Elemente liegt aber in bundesstaatlicher Hoheit. Die Sicht der Dinge im fernen Washington ist eine andere, wodurch sich die Priorität der Probleme natürlich verschiebt, weil übergreifende Aspekte für die Justierung der Instrumente auf Bundesebene verantwortlich sind. Auf der strategischen staatlichen Ebene gilt die Dominanz des bisherigen Automobilverständnisses, weil den Bewertungskriterien und Bewertungsergebnissen eine andere Mischung von Kosten-Nutzen-Kriterien zugrunde liegt. Insofern wird der Aufwand für eine Neudefinition auf zentraler Ebene anders berechnet als in Verwaltungen mit lokaler oder regionaler Verantwortung. Es bleibt auf der zentralen Ebene staatlicher Politik offensichtlich auch im ausgehenden 20. Jahrhundert die Tatsache bestehen, daß die über viele Jahre gesammelten und kultivierten Wissens- und Erfahrungsbestände der Autoindustrie erhalten bleiben. Solange die Automobilindustrie bei der Definition verkehrspolitischer Rahmensetzungen immer in eigener Sache auftreten kann, bleibt das Mittel Automobil stabil und die Zwecksetzungen der staatlichen Politik werden sich in ihren Möglichkeiten danach auszurichten haben. Dies geschieht in einem Ausmaß, daß es selbst der Industrie manchmal unheimlich wird. "Es ist doch die groteske Situation eingetreten", formulierte der frühere Chef der Forschung des Volkswagenkonzerns, "daß die Automobilhersteller maßgeblich die Verkehrsplanung für die Städte beeinflussen. Wir sind hier mit unserem Fachwissen eingesprungen und versuchen, die Aufgaben der Politik mitzulösen."[50] Im Falle der Automobilentwicklung kann - um die Frage der Einleitung wieder aufzugreifen - tatsächlich von einer Umkehrung der Zweck-Mittel-Relation ausgegangen werden, so wie sie der umstrittene Sozialphilosoph Hans Freyer zur Beschreibung allgemeiner technischer Entwicklungstrends schon 1960 benannt hatte: "Das bedeutet eine Umkehrung der geistigen Grundsituation um hundertachtzig Grad. Es wird nicht mehr vom Zweck auf die notwendigen Mittel, sondern von den Mitteln, das heißt, von den verfügbar gewordenen Potenzen auf die möglichen Zwecke hin gedacht. Der Sinn der Technik ist nicht mehr der Nutzen (der immer ein Nutzen für oder zu etwas ist), sondern ist die Macht. Der technische Geist wird damit gleichsam absolut

gesetzt, er wird aus der Führung vorgegebener Zielsetzung entlassen."[51] Damit ist der Technokratie-Vordenker Freyer dem Bundesverkehrsminister immerhin weit voraus, denn dieser will gerade im bestehenden korporatistischen Gefüge zwischen Herstellern, Staat und Verbrauchern auf "ständige Irritationen" seitens des Staates, wie beispielsweise Einzelregelungen und Konstruktionsvorschriften, ganz verzichten, um in romantisch-verklärter Rückwärtsgewandtheit die Geister des 19. Jahrhunderts zu beschwören: "Ich vertraue auch in Zukunft auf den Tüftlergeist und den Erfindungsreichtum der Mitarbeiter in den großen deutschen und europäischen Autounternehmen und auf die Kraft der Unternehmensführung, aus der Krise herauszukommen."[52]

Aufgelöst werden könnte dieses Politikdilemma, bei dem das Ausmaß der Problembetroffenheit in den oberen politischen Hierarchiestufen weniger stark ausgeprägt ist, hingegen die Verfügungsmacht über Steuerungsinstrumente zur Milderung aber größer wird, durch eine - den politischen Willen vorausgesetzt - bessere Koordinierung der betroffenen lokalstaatlichen Ebenen untereinander. Die Politikwissenschaft zeigt zumindest die theoretisch möglichen Optionen: "Der Staat am Ende des 20. Jahrhunderts agiert in einem dichteren Geflecht innergesellschaftlicher und transnationaler Verhandlungsbeziehungen, die seine Fähigkeit zu einseitig hierarchischer Steuerung eng begrenzen." Diese ausdifferenzierten Subsysteme bilden selbst eigene Wohlfahrtspotentiale aus und bedürfen einer besonderen Legitimationsressource, da sie für dieses Teilsystem quasi staatliche Regulierungsfunktionen übernehmen.[53] Städte, Gemeinden, Bundesländer, Bundesstaaten, alle Akteure unterhalb der für die strategischen Entscheidungen verantwortlichen staatlichen Ebene, die von den vielfältigen ökologischen Folgen des Massenverkehrs betroffen sind, ohne aber über die zentralstaatlichen Regulierungselemente zu verfügen, könnten diese Räume nutzen und sich in einer weltweiten Allianz der Regionen koordinieren.[54] Mit der Mobilisierung dieser Akteure ließen sich Mittel zur Schadensbegrenzung einklagen, um für lokale und regionale Probleme zumindest entsprechende Schutzmechanismen schaffen zu können. Damit dürften zumindest für bestimmte Räume neue Regeln möglich werden, die die bisherige Attraktivität und Funktionalität des Automobils in herausgehobenen Teilmärkten einschränken und einer regional begrenzten Aufkündigung des Verständnisses von Automobil gleichkämen. Den Automobilherstellern wiederum droht damit eine Pluralisierung von Rahmenbedingungen, Standards und anderen Auflagen, die dem Homogenitätsbedürfnis der Industrie bei der Erhaltung des Universalfahrzeugkonzeptes widersprechen. Denn diese fordert schon seit Jahren immer wieder "nachdrücklich eine Harmonisierung der Vorschriften", damit "zumindestens europaweit eine einheitliche Optimierung der Automobile hinsichtlich Sicherheit, Verbrauch und Emissionen durchgeführt werden kann."[55] Jedenfalls könnte von der

Funktionsseite aus die Attraktivität des Automobils für urbane Zentren verloren gehen und in Los Angeles, Chicago, New York, Tokyo, Rom oder Berlin Räume für vielfältige technische Lösungen zur Befriedigung der Transport- und Mobilitätsbedürfnisse geschaffen werden.[56] Im Rahmen von neuen, mit eingegrenztem Bedeutungsradius versehenen Fahrzeugkonzepten wären dann tatsächlich auch die Bedingungen für neue Antriebskonzepte geschaffen. Dynamiken, die vielleicht auch einer Rückstufung der bisherigen herausgehobenen symbolischen Bedeutung des Automobils Vorschub leisten können.

4. Nachweis über Absichten, Annahmen und Befunde: Die Automobilentwicklung als Institutionen-Genese

Der Unterschied zwischen Hexerei und Wissenschaft liegt unter anderem in der Transparenz der Ergebnisproduktion. Die Resultate und Erklärungsmuster können nicht aus dem Hut gezaubert, sondern müssen auf intersubjektive und überprüfbare Weise entwickelt werden. Wissenschaftliches Arbeiten steht damit unter einem Nachweiszwang über Absicht und Methode. Dies wird in den einzelnen Disziplinen und Disziplinbereichen durchaus in verschiedener Weise gehandhabt. Der Unterschied zwischen der Geschichtswissenschaft und den sozialwissenschaftlichen Fächern beispielsweise liegt in der Regel im Grad der Explikation des methodisch-konzeptionellen Handwerkszeuges. Sozialwissenschaftliche Forschung ist im allgemeinen durch einen engen wissenschaftsinternen Bezug charakterisiert. Die Theorie-Debatten, Paradigmen und Schulen der Referenzgemeinde sind Maßstab sowie Orientierungsrahmen und bestimmen die Methodenwahl und die Erkenntnisabsichten. Häufig dienen die empirischen Ergebnisse der Illustration für die Theoriearbeit. Obwohl sich die Sozialwissenschaften konkreten Problemen sozialer Gebilde widmen, bleiben die Ergebnisse in dieser theoretischen Perspektive sehr stark vom Bemühen zur Erarbeitung allgemeiner Erklärungsmuster geprägt. Die Analysearbeit wird damit notwendigerweise in abstrakte Formeln übersetzt und bleibt oftmals nur für die enge wissenschaftliche Referenzgemeinde decodierbar.

Die Geschichtswissenschaft ist dagegen sehr um die Rekonstruktion konkreter Entwicklungen bemüht, um die Darstellung von Ereignissen, Prozessen und übergreifenden Trends. Diese häufig als "storytellers" diffamierten Ansätze haben oft genug die empirische Basisarbeit für interpretierende Sozialwissenschaften geliefert. Allerdings üben sich die Arbeiten häufig in einem eher naiven Umgang mit den erkenntnistheoretischen Grundlagen. Geschichte wird nicht einfach nur aufgeschrieben oder erzählt. Dieser Prozeß des Sammelns, Sichtens und Bewertens findet natürlich auch auf der Basis von Vorannahmen statt, die aber häufig nicht transparent gemacht werden. Was als harte Fakten erscheint, ist häufig eine geschickt konstruierte Indizienkette, die aber einer kritische Erörterung entzogen wird und die Bewertung der Ergebnisse daher sehr häufig erschwert.[1]

Wenn also die Darstellung von Empirie im Vordergrund steht, dann sollte über die Umstände der Zusammenstellung Rechenschaft abgegeben werden. Mit welcher Absicht wurden die Ergebnisse erarbeitet und für welchen theoretischen Bezugsrahmen präpariert? Im Vorangegangenen wurde eine solche Geschichte vom Anfang und Ende eines alternativen Antriebssystems erzählt, um die Frage nach der endogenen Innovationsfähigkeit der Autohersteller bei der

Reform des bestehenden Automobil-Konzeptes, insbesondere im Zusammenspiel mit staatlichen Rahmenplanungen auszuloten. Auf den ersten Blick ist dabei kein Bezug auf einen methodisch-theoretischen Orientierungsrahmen erkennbar. Freilich ist auch eine solche Konstruktion der Zusammenhänge, Ordnungen und Aussagen von einem implizit wirkenden konzeptionellen Verständnis geleitet worden. Diese erkenntnistheoretischen Absichten, die für diese Justierung des Blicks verantwortlich sind, werden im folgenden dargestellt.

Prämissen

Die Untersuchung basiert auf dem in den letzten Jahren in der sozialwissenschaftlichen Forschung etablierten Technikgenese-Ansatz.[2] Mit der Einführung dieses neuen Begriffs Mitte der 80er Jahre in die akademische und forschungspolitische Landschaft wurde die Hypothese verbunden, daß die Auswahl technischer Lösungswege und deren konstruktive Qualitäten bereits in sehr frühen Stadien des Lebenszyklus erfolgt und daß dieser Prägeprozeß in späteren Entwicklungsetappen und Nutzungskontexten nicht mehr oder nur rudimentär zurückgeschrieben werden kann. Diese Annahme war mit einer methodisch-konzeptionellen Neuorientierung in der sozialwissenschaftlichen Technikforschung verbunden. Der Einfluß ökonomischer, rechtlicher, politischer und kultureller Trends auf die Entstehung, Entwicklung und Gestaltung von Techniken war keineswegs umstritten, allerdings schienen diese gesellschaftlichen Prägeinstanzen in ihrer konkreten Bedeutung für die Durchsetzung und qualitative Ausgestaltung von Geräten zu wenig bestimmt zu sein und konnten in den Wirkungen nicht an den Geräten und großtechnischen Netzen dokumentiert werden. Hieraus wurde der Schluß gezogen, technische Gegenstände als versachlichte soziale Realitäten in den Mittelpunkt der Untersuchung zu rücken und den unmittelbaren konstruktiven Erzeugungsprozeß nach sozialen Anteilen der Technik abzusuchen.

Das aus diesem Zusammenhang entwickelte Forschungsprojekt "Technikgenese in organisatorischen Kontexten"[3] hatte somit als Erkenntnisziel, die Prozesse der Entstehung und Entwicklung von ausgewählten Techniklinien unter dem Blickwinkel der Bedeutung von organisatorischen und institutionellen Strukturen des Wahrnehmens, Bewertens, Wissens und Handelns für die Entstehung und konkrete Ausprägung von technischen Erzeugnissen zu untersuchen. Vermutet wurde, daß hierbei Organisationen mit ihrer jeweiligen Binnenkultur sowie überbetrieblichen Wissens-, Erfahrungs- und Regelungsbestände als institutionelle Kontexte eine besondere Bedeutung zukommt. Für diese eher allgemein gehaltenen Annahmen ist zum Zwecke der Operationalisierung der

komplexen Wirkungsgefüge ein Untersuchungsansatz mit klassischen Gerätetypen ausgewählt worden, die durch triviale, also fest definierte Programme gekennzeichnet sind. Neben der Rekonstruktion und analytischen Deutung der Gerätelinie zur maschinellen Schreibtechnik standen ausgewählte Beispiele im Verbrennungsmotorenbau im Mittelpunkt der empirischen Arbeit. Der Blick richtete sich dabei insbesondere auf die Entstehungsumstände des dieselmotorischen Antriebs, der kurz nach der Jahrhundertwende im Markt für stationäre Kraftanlagen sowie als Antriebsaggregat für U-Boote und andere Schiffe etabliert werden konnte, sowie auf die vorliegende Rekonstruktion des NSU/Wankelprojektes. Mit der Gewinner-Technik Diesel sowie der Verlierer-Technik Wankel sollten sich gerade auch die Bedingungen, Voraussetzungen und Konsequenzen für eine erfolgreiche technische Innovation in einer tradierten und vermachteten Branchenstruktur erkunden lassen.

An diese erkenntnistheoretischen Prämissen des Technikgeneseansatzes zu erinnern scheint insofern wichtig, als sich mittlerweile in den Geschichtswissenschaften Unbehagen und Widerstand gegenüber dieser sozialwissenschaftlichen Landnahme regt. Von prominenter Seite wird dem Ansatz bisweilen ein "reduktionistisches Verständnis" durch eine einseitige Orientierung auf "Macht" als Erklärungsfaktor für die Entstehung und Entwicklung von Techniken vorgeworfen und eine Vernachlässigung naturwissenschaftlich-technischer Sachgesetzlichkeiten sowie die fehlende Bedeutung von Märkten bemängelt.[4] Diese Hinweise, verbunden mit Vorschlägen zu einer differenzierten und umfassenden, die Akteure sowie die Strukturen gleichermaßen berücksichtigenden Betrachtung ist aber zumeist oft von einem positivistischen Geschichtsverständnis geleitet: die Dinge, wie sie sind betrachten, und nicht wie sie sein könnten, um die gegebenen Umstände und Kontexte als sachgerechte Notwendigkeiten zu erkennen. Demgegenüber ist der Technikgeneseansatz, so wie er hier verstanden wird, ja gerade davon geleitet, die Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung im Rahmen sozialer Praxis auszuloten, um Hinweise für eine präventive Technologiepolitik zu liefern. Hieraus ergibt sich bisweilen eine etwas voluntaristisch anmutende Rhetorik. Der ausgewählte Analyserahmen nimmt deshalb mit der Untersuchung zur Entwicklung und Stabilisierung ausgewählter Motorenlinien auch Themen auf, die geeignet sind, aktuelle Probleme der Industrie-, Forschungs- und Technologiepolitik zu thematisieren: Denn die Automobilhersteller nutzen weltweit bekanntermaßen Antriebskonzepte, deren elementare konstruktive Grundlagen noch aus dem Ende des 19. Jahrhunderts stammen und insofern die Annahme von einer Prägephase während der Technikgenese durchaus plausibel erscheinen lassen. Obwohl Aufstieg und Fall des NSU/Wankelmotors zu den beinahe liebevoll gepflegten Mythen der deutschen Nachkriegs-Industriegeschichte gehört, fehlt es bislang an systematischen Untersuchungen

über die Ursache des mangelnden Erfolgs. Dabei fällt insbesondere im deutschsprachigen Raum ein Mangel an Kenntnissen zu Aushandlungs- und Entscheidungsprozessen in Unternehmen auf. Während die auf diesem Gebiet dominierenden Wirtschaftswissenschaften eher an der Erarbeitung abstrakter Theoriemodelle interessiert sind, schotten sich die Unternehmen gegenüber sozialwissenschaftlichen Analysen zu den binnenkulturellen Dispositionen weitgehend ab. Untersuchungen, wie sie David Halberstam "In The Reckoning" oder Tracy Kidder "The Soul of a New Machine"[5] vorgelegt haben, sind für den deutschsprachigen Raum noch unvorstellbar.

Die vorliegende Arbeit ruht im wesentlichen auf drei empirischen Säulen: einer Sekundäranalyse, der Sichtung unveröffentlichter Arbeiten sowie qualitativen Interviews mit Beteiligten und Schlüsselpersonen. Neben einer eher nur rudimentären Beschäftigung mit dem Wankelmotor durch die ehemalige West-Berliner Akademie der Wissenschaften[6] sind insbesondere von Korp, Faith und Bentele Daten und Fakten im Rahmen zeitgeschichtlicher, journalistischer oder biographischer Abhandlungen Interpretationen geliefert worden, die sich in den Grundthesen nicht wesentlich von der hier entwickelten Darstellung unterscheiden.[7] Der Geschäftsleitung der NSU AG werden Mängel in der industriellen und technikwissenschaftlichen Absicherung des Projektes angekreidet, während bei den Automobilherstellern fehlendes Interesse und bisweilen subtile Sabotagepolitik unterstellt werden. Die vorliegende Arbeit erweitert insbesondere durch die Auswertung bislang nicht berücksichtigter Unterlagen sowie durch die Interviewaussagen den empirischen Kenntnisstand zur industriellen Karriere des NSU/Wankelprojektes und verknüpft die gewonnenen Ergebnisse mit der Analyse endogener Innovationspotentiale der Automobilindustrie auf der Basis des Technikgeneseansatzes.

Im folgenden werden auf der Grundlage der vorangegangenen Empirie-Kapitel einige theoretische Elemente zur Deutung technischer Entstehungs- und Verlaufsmuster vorgestellt, deren Reichweite allerdings auf die Automobilindustrie begrenzt sein dürfte.[8]

Prägung und Stabilität

Noch im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts konnten die unterschiedlichsten technischen Konzepte zur Realisierung selbstfahrender Wagen beobachtet werden, mit denen in den hochentwickelten kapitalistischen Staaten Einzelpersonen oder bereits kleine Betriebe operierten. Die vorgelegten Konstruktionen divergierten dabei ähnlich den unternehmerischen Strategien, die mit dem Bau und Vertrieb solcher Fahrzeuge verbunden waren. Schon wenige Jahre nach der

Jahrhundertwende formierten sich bereits Branchenkontexte, und es bildete sich eine überbetriebliche Technikstruktur als formelles und informelles Regelwerk heraus. Mit den Rennerfolgen der Mercedes-Wagen setzte bei Fahrzeug- und Antriebskonzepten ein Schließungsprozeß ein, konstruktive und fertigungstechnische Korridore wurden gebildet, die Orientierung am gewonnenen Bestand der gemeinsam genutzten Technikkonfiguration zu einer opportunen unternehmerischen Strategie. Schließlich erlaubte die Nutzung von anerkannten und erprobten Konstruktionen, eingebettet in eine politische Strategie zur Sicherung infrastruktureller Vorleistungen, den Aufbau einer Großserienproduktion. Allerdings ist der Prozeß der Technikgenese nicht nur als ein rein technischer Vorgang zu verstehen. Damit aus einer Konstruktion auch ein marktfähiges Produkt wird, müssen die Vorgaben der Hersteller bei den Nutzern Resonanz finden. Denn ganz gleich, welche Interessen und Umstände zu welcher konkreten Materialität von Technik führen, allein deren Verwendung läßt aus einer bestimmten Konstruktionsform ein Automobil werden. Erst durch den Gebrauch wird den Gerätschaften über die damit einhergehende gesellschaftliche Aneignung auch tatsächlich ein Sinn vermittelt. Mit dieser Bedeutungszuweisung ist allerdings eine weitere Prägung verbunden. Denn aus den für Renn- und Repräsentationszwecke umgebauten Kutschen, aus einer von vier Rädern getragenen Fahrgastzelle für mindestens vier Personen, ausgelegt für hohe Endgeschwindigkeiten und große Reichweiten wurde als übereinstimmendes Ergebnis konstruktiver Überlegungen über diesen Prozeß der gesellschaftlichen Aneignung schon wenige Jahre nach der Jahrhundertwende im allgemeinen Verständnis ein "Automobil". Der Begriff Automobil war fortan exakt mit diesem technischen Ensemble, bei dem der Hubkolben-Verbrennungsmotor das zentrale konstruktive Element darstellt, belegt und sozusagen kognitiv fixiert. Für andere Fortbewegungsmittel müssen seitdem andere Bezeichnungen gefunden werden. Dieser technischen Konfiguration droht im Umkehrverfahren sofort der Verlust der Bedeutung Automobil, wenn charakteristische Elemente fehlen.[9] Auf Herstellerseite würden abweichende technische Projekte mit Skepsis betracht werden, weil damit der sorgsam zusammengefügte Wissenskanon in seinem für die Aufgabenerfüllung exklusiven Charakter bedroht wäre; auf Kundenseite könnten neue Fahrzeugkonzepte als abweichende Projekte Irritationen hervorrufen. Denn mit der kollektiven Bedeutungszuschreibung ermöglicht die Verwendung von Automobilen die Befriedigung gesellschaftlicher Statusbedürfnisse, nur das Fahren mit genau dieser Konstruktion verleiht soziales Prestige.[10] Darüber hinaus werden auch die technischen Eigenschaften von Automobilen erst durch die tatsächliche Nutzung realisiert. Erst im konkreten Alltagsbetrieb entscheidet sich, ob die von den Ingenieuren und Konstrukteuren entwickelten, in die Automobile eingebauten Features tatsächlich auch zu produktspezifischen Eigen-

schaften werden. Zudem ist die Verwendung von Automobilen in ein großtechnisches Infrastruktursystem eingelassen, die Bedienungsmerkmale sind in einem sicherlich ungewöhnlich hohen Grade geregelt und in vielfältiger Weise in Form von Nutzungsroutinen integriert.

Über die Bedeutung von Verwendungskontexten für den Prozeß der Technikgenese wird in der sozialwissenschaftlichen Forschung gestritten.[11] Die gesellschaftliche Aneignung von Produkten, die Zuweisung von Sinn ist sicherlich in den bisherigen Genese-Ansätzen unterschätzt worden. Die Bedeutung von Nutzungsroutinen wirkt sich insbesondere nach der Schließungsphase stabilisierend auf die Produkt-Karriere aus. Verkehrssysteme, Anzeigen und Bedienungselemente sind im Weltautomobil seit vielen Jahren standardisiert. Sieht man einmal von der Frage des Rechts- oder Linksverkehrs ab, ist der Grad der Konvergenz in der Bedieneroberfläche und der funktionssichernden Regelumwelt so groß, daß es für die Nutzung eines Automobils keinen großen Unterschied macht, ob man in Frankfurt, New York, Nairobi, Melbourne, Rio oder Tokio einsteigt. Diesen Gewinn an Komfort möchten Autokunden offenbar nicht so schnell aufgeben. Automobile, die mit modifizierten Antriebskonzepten zur Entfaltung der innovativen Potentiale ein verändertes Fahrverhalten verlangen, scheinen sich in der Tat nur äußerst schwierig am Markt zu etablieren. Beim Chrysler Turbinen-Auto zeigten sich die Testfahrer vom Turbinen-Loch, dem im Vergleich zum konventionellen Motor etwas verzögerten Anspringen des Antriebsaggregats, irritiert. Beim neuen Golf Ecomatik reagierten die Versuchsfahrer zunächst fast panisch, als sich der Motor während der Fahrt, wenn keine Vortriebsarbeit nötig war, von selbst abschaltete.[12] Der neue Ro80 mit Kreiskolbenmotor provozierte die Hubkolben-gewöhnte Fahrergemeinschaft offenbar zu einem für den Motor schädlichen Überdrehen des Antriebsaggregats.[13] Die Hersteller trauen allerdings im sorgsamen Bemühen um Sicherung und Stabilisierung von Märkten den Kunden keine große Neigung und Fähigkeit zum Umlernen zu. Akzeptanz- und Anpassungsprobleme werden oftmals auch ohne empirische Testgrundlage antizipiert und dienen als Barriere auf dem Weg zur Serienfreigabe. Jedenfalls geben diese vermeintlichen oder tatsächlichen Beharrungen der Autokunden in einem so hochgradig verrechtlichten und routinierten Nutzungsumfeld den Herstellern eine zusätzliche Legitimation zur Stabilisierung des bestehenden Automobilverständnisses.

Marktwirtschaftliche Regulierungsmechanismen werden als qualitäts- und allokationssichernde Instanzen der Technikentwicklung dagegen offensichtlich leicht überschätzt. Konkurrenzverhältnisse zwischen den einzelnen Herstellern konstituierten sich in der Autoindustrie auf der Basis und im Rahmen vorwettbewerblicher, branchenweiter, korporatistischer Abstimmungs- und Aushandlungsergebnisse über konstruktive Grundlagen und Eckdaten des Wettbewerbs-

produktes.[14] Spätestens mit der Erfindung des jährlichen Modellwechsels durch General Motors wurde deutlich, daß nicht mehr um das grundsätzliche Automobil-Konzept, sondern nur noch hinsichtlich Fahreigenschaften, Design, Service und Preis um Marktanteile gerungen wurde. Die ordnungspolitische Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Produktes Automobil im Kampf um alternative Transporttechniken band darüber hinaus nicht nur in Amerika die Hersteller früh in eine Interessengemeinschaft zur Bildung von Allianzen mit politisch-administrativen Akteuren zusammen. Das gemeinsam gepflegte Verständnis von Automobil braucht zur Sicherung der alternativlosen Funktionsfähigkeit Unterstützungsleistungen der politischen Ordnungsmächte. Die Externalisierung wichtiger Kostenmerkmale ist genauso wichtig wie eine infrastrukturelle Vorleistung, die das Automobil erst zu einem konkurrenzlosen Mobilitätssystem werden läßt. Mit dieser großtechnischen Ausweitung werden Dynamiken produziert, die funktionale Alternativen begrenzen.[15] So lange diese Allianz zwischen Herstellern, politisch-administrativen Akteuren und Kunden nicht aufgebrochen wird, bleibt die Orientierung am bestehenden Produkt für die Hersteller, die den aktiven Part in diesem Gefüge spielen, ein ökonomischer Zwang. In diesem sich bald weltweit ausbreitenden Interessenkartell wurden Korridore markiert, innerhalb derer sich eine Optimierungspolitik betriebswirtschaftlich kalkulieren ließ. Ein Herausspringen hingegen bedeutete für Unternehmen nicht nur den Verlust der konstruktiven und fertigungstechnischen Wissens- und Erkenntnisbasis, sondern auch die Resonanzlosigkeit bei den automobil-einsozialisierten Kunden.

Ein kennzeichnendes Element für die vertikal und horizontal vielfach integrierte Weltautomobilindustrie ist somit die große Bedeutung von Übereinkünften und langfristigen Verabredungen. Dies dokumentierte sich einmal in der frühen Verständigung zwischen Herstellern und Nutzern in der gemeinsamen Bedeutungsprägung des Automobils wie auch zwischen den Herstellern selbst in den vorgenommenen Schließungs-Entscheidungen, die ja ebenfalls eine Anerkennung von Randbedingungen für die betriebliche Konstruktionsarbeit darstellten. Schließlich erweiterte sich die Allianz zur Sicherung der funktionalen Voraussetzungen, ausgehend von den USA, auch auf die Integration der politisch-administrativen Akteure anderer Industriestaaten. Diese Einlassungen auf gemeinsame Denk- und Handlungsmuster verliefen freilich nicht in einem herrschaftsfreien Diskurs, sondern konstituierten sich unter der für die industriellen Akteure strategischen Frage: Wieviel Kooperation muß ich eingehen, damit ich wettbewerbsfähig bleibe? Bei fest definierten Rahmenbedingungen sind diese Verständigungen eher als korporatistische Arrangements zu bezeichnen, weil daran Akteure mit unterschiedlich ausgestatteter Macht in einem streng hierarchisch geordneten Binnenverhältnis beteiligt sind. Diese automobile Zwangsge-

meinschaft drückt sich beispielsweise in den weltweit konvergenten Rationalisierungsmustern aus. Das Stichwort lean-production mit den charakteristischen Merkmalen des Out-Sourcing zur Optimierung der Wertschöpfungskette beschreibt einen vorherrschenden Trend zur Kostensenkung durch den Abbau der Fertigungstiefe, den alle Hersteller verfolgen. Diese hohe Übereinstimmung hat mittlerweile dazu geführt, daß ganze Systeme, Baugruppen und Bauelemente zwischen den Herstellern ausgetauscht werden. Das Verschwimmen formaler Unternehmensgrenzen und die international ausgeweitete Strategie der Gleichteileverwendung ist mittlerweile so weit fortgeschritten[16], daß bildhaft von einer weltweit operierenden Mega-Maschine gesprochen werden kann. Voraussetzung und integraler Bestandteil ist freilich ein global einheitliches Verständnis vom Produkt Automobil.

Destabilisierung und Abwehr: Taktisches und strategisches Interesse

Angesichts der sichtbaren ökologischen Unverträglichkeiten des großtechnischen Systems Automobil stellt sich die Frage nach den internen produktinnovativen Kräften, Chancen und Möglichkeiten. Angetriebenen von der Vorstellung, mit einem besonderen Produktprofil in bestehenden Märkten neue Segmente zu gewinnen, sind immer wieder Versuche von Unternehmen dokumentiert, als einzelnes Rädchen mit dem Algorithmus der Mega-Maschine zu brechen. Am konkreten Fall des Projektes um die Etablierung des NSU/Wankelmotors sind dabei nicht nur die - gemessen an der Erfolgsstory Automobilindustrie - Mängel bei der Projektorganisation erkennbar. Ein solcher Versuch zur Neuinterpretation zentraler Elemente des Automobilkonzeptes zeigt auch die Widerstände bei einer so auf Homogenität getrimmten Branche, Produktinnovationen tatsächlich zuzulassen. Denn jede Neuinterpretation droht ja das innere Gefüge der Megamaschine, die enge Kopplung einzelner Teilbereiche, durcheinander zu bringen. Was ist, wenn Kunden Gefallen an dem neuen Antriebskonzept finden, das Automobilverständnis sich verändert und die etablierten Hersteller plötzlich massenhaft ein falsches Produkt anbieten?

Durch die branchenweite Anerkennung und Nutzung technik-wissenschaftlicher Theoriegebäude sind die Korridore bereits so weit abgedichtet, daß der Spielraum für solche neuen Ideen und Projekte übersichtlich strukturiert ist. Konstruktive Ideen, veränderte Eigenschaften von Werkstoffen, neue Fertigungsverfahren, verschärfte staatliche Auflagen bilden für alle Akteure den Pool, aus dem heraus neue Projekte entstehen. Dieses Wissen steht prinzipiell jedem Insider zur Verfügung. Ohne industrielle Korrespondenz wiederum können in einer so kapitalträchtigen Branche keine Innovationsprojekte gestartet

werden - Umstände, die dazu führen, daß "nichts geheim bleibt."[17] Somit sind die Horchposten der Hersteller, die sich zumeist in Stabsabteilungen, in der Vor-Entwicklung oder der Forschung befinden, bereits zu einem frühen Zeitpunkt über heranreifende Projekte informiert. In die Forschungs- und Vor-Entwicklungsabteilungen werden solche noch unkonventionellen Projekte allerdings nur aufgenommen, wenn diese mit den Eigeninteressen dieser Abteilungen kompatibel sind und für taktische Manöver zur Sicherung der innerbetrieblichen Stellung dienen können. Träger von Projekten können versuchen, in diese Diskurse der Vor-Entwicklungen hineinzukommen, indem sie das neue Vorhaben als eine besonders intellektuell reizvolle Aufgabe darstellen, vorhandene persönliche Kontakte zum Aufbau von Allianzen nutzen oder eine besondere gesellschafts-, industrie- oder regulierungspolitische Relevanz einklagen können, vorausgesetzt, die Rahmenbedingungen haben sich verändert und die initiierten Projekte scheinen den neuen Vorgaben besser entsprechen zu können. Allerdings droht diesen Vorhaben damit immer noch das Schicksal, lediglich taktischen Inszenierungszwecken der Vorstände zu dienen. Damit genießen sie im Forschungsstadium zwar eine großzügige materielle Förderung, sie rücken aber bestenfalls bis zur Vor-Entwicklung auf und überschreiten nicht die für eine Realisierung unbedingt notwendige Barriere zur Serien-Entwicklung.

Unkonventionelle Projekte müssen sich daher - wenn Aussicht auf eine industrielle Realisierung bestehen soll - mit einem strategischen Unternehmensinteresse verbinden. Dies kann von den Betrieben, die im korporatistischen Gefüge das Verständnis von Automobil definieren und die Funktionsfähigkeit über Allianzen sicherstellen - wie oben bereits dargestellt - kaum erwartet werden. Vorstellbar ist die Aufnahme von unkonventionellen Projekten mit strategischem Projektinteresse, wenn auf Branchenebene beispielsweise durch einen Schub an Unternehmenskonzentrationen eine Phase der Neuformierung einsetzt, wie dies für Deutschland in den späten 50er Jahren beobachtet werden konnte. In Frage kommen daher solche Betriebe, für die das bestehende korporatistische Gefüge keine ausreichende bzw. erreichbare Verwertungsperspektive bietet: die viel zitierten Außenseiter. Aber auch hierzu müssen die Projektträger die oben schon erwähnten Relevanzkriterien besitzen sowie eine Kommunikationsbrücke zwischen Projektträgerschaft und Industrieunternehmen entwickeln, um die zwischen Erfinder und Serienfabrikation unterschiedlichen Denkverhältnisse zu synchronisieren. Denn selbst bei Unternehmen wie Mazda oder NSU, bei denen die Stellung im Branchengefüge objektiv günstige Voraussetzungen zur Aufnahme unkonventioneller Ideen zum Zwecke einer Produktprofilierung bildeten, mußten erst die Binnenstabilisatoren aufgelöst werden. Denn Unternehmen sind Einrichtungen zur Erfüllung einmal definierter Aufgaben. Sie sind zweckgerichtete und dementsprechend strukturierte Gebilde. Gerade große Unterneh-

men verfügen deshalb über ein hochgradig funktional und kulturell ausdifferenziertes Gefüge, dessen Kommunikation über die festgeschriebene Zwecksetzung, im Falle der Autoindustrie, die Herstellung und der Vertrieb eines Produktes, als sinnstiftender Kern erreicht wird.[18] Zur internen Stabilisierung und Festigung bilden diese Einrichtungen eine Vielzahl von Routinen aus, die als eine Art erste Kommunikationsebene quasi die formellen oder offiziellen Verhandlungswege darstellen. Zur internen Stabilität und Funktionalität dieser ersten Kommunikationsebene gehört es, daß sich die unterschiedlichen Einheiten in ihren Interessenlagen auspendeln und eine Art Kraftfeld ausbilden. Auf dieser ersten Kommunikationsebene ist daher kaum mit einer substantiellen Erweiterung oder Modifikation der unternehmerischen Zwecksetzung zu rechnen, denn es ist nicht plausibel, daß alle Unternehmensmitarbeiter über die gleiche Menge an Informationen zur Situation des Betriebes verfügen, um hieraus eine identische Handlungsstrategie abzuleiten. Vielmehr ist davon auszugehen, daß Veränderungen im Umfeld des Unternehmens im betriebsinternen Gefüge sehr unterschiedlich interpretiert werden. Zur Sicherung des internen Machtgefüges, zur Fortschreibung der betrieblichen Binnenverhältnisse muß daher auf der ersten, der offiziellen Kommunikationsebene mit Widerstand gegen eine fundamentale Änderung der Aufgabenstellung gerechnet werden. Denn gerade, wenn durch Veränderungen im Umfeld des Unternehmens Gefahr droht, kann häufig die Sicherung des sinnstiftenden Kerns mit den darin verankerten stabilisierenden Routinen beobachtet werden.[19]

Damit also dieses interne Gefüge des ausgebildeten unternehmerischen Kraftfeldes in seiner binnenstabilisierenden Wirkung zumindest in Teilgebieten aufgelöst werden kann, brauchen neue Projekte die Aktivierung einer zweiten Kommunikationsebene. Diese informelle Verbindung zwischen Projektträgern und Unternehmensmitgliedern hat ihre sinnstiftende Verankerung in anderen, außerhalb des unternehmerischen Kraftfeldes entstandenen, aber aktivierbaren Bedeutungszusammenhängen. Hierbei können Projektträger und Unternehmensvertreter zunächst einmal auf eine ersatzweise funktionierende Gemeinsamkeit zurückgreifen, die dazu dient, jenseits der ersten Kommunikationsebene eine Verständigung zu erzielen. Diese verläuft zumeist so, daß externe Projektträger mit Vertretern relevanter unternehmensinterner Funktionsbereiche eine Art Interessenallianz schließen, die einerseits der Realisierung des Projektes sowie andererseits den innerbetrieblichen Eigeninteressen der Unternehmensvertreter dienen. Nur auf diesem Wege scheinen die in Routinen erstarrten innerbetrieblichen Verhandlungssysteme in ihrer gegenüber grundlegenden Reformen resistenten Haltung aufzubrechen zu sein.

Wenn es tatsächlich einmal gelungen ist, daß ein Hersteller aus strategischen Interessen ein neues, bislang nicht realisiertes Antriebsprojekt aufgreift

und damit die technische Basis des herrschenden korporatistischen Arrangements bedroht, lassen sich die Reaktionsmuster bei den Verteidigern der bisherigen Produktpolitik als ein Schauspiel in drei Akten beschreiben. Oberstes Gebot ist dabei die Erhaltung bzw. Rückgewinnung des bisherigen Verständnisses von Automobil, denn dies gewährleistet ja die bisherige Paßgenauigkeit des Produktes zur Nachfrage. Es dürfen zum Automobil keine funktionalen Äquivalente entstehen, das Automobil darf in seiner bestehenden, zentralen Grundkonfiguration nicht neu definiert werden, da sonst unkalkulierbare Auswirkungen auf den bislang gültigen politischen Kompromiß drohen:

1. Ignoranz: Ein Unternehmen mit strategischem Interesse an einem neuen Projekt zur grundlegenden Reform der bestehenden Antriebs- und Fahrzeugkonzepte wird, um dem productivity dilemma zu entgehen, nicht aus dem Branchen-Kern kommen. Wenn erstmals über relevante Ergebnisse eines neuen, noch dazu als revolutionär angekündigten Antriebskonzeptes eines Branchenaußenseiters in der Öffentlichkeit berichtet wird, droht die Gefahr, daß nicht nur innerhalb der Öffentlichkeit Sympathie für das neue Projekt entsteht und plötzlich eine Neubewertung des bestehenden Automobilkonzeptes einsetzt. Die Branchenführer werden daher die Ergebnisse ignorieren und das Potential des neuen Projektes herunterspielen. Die Volkswagen AG übernahm diese Rolle nach der ersten öffentlichen Präsentation des NSU/Wankelprojektes. Für alle anderen Unternehmen ist dies das Signal, ebenfalls keine strategischen Planungen mit diesem Projekt zu verbinden. Damit ist für die Vorstände der übrigen Träger des bisherigen korporatistischen Arrangements klar, daß aus dem Kartell die für den unternehmerischen Wettbewerb notwendige gemeinsame technische Basis nicht verlassen wird.

2. Aneignung: Sollten die Projektträger des alternativen Projektes aber dennoch über genügend Mut verfügen, das Projekt auch gegen die herrschende Branchenmeinung realisieren zu wollen, und sollte sich die strategische Verbindung mit dem Unternehmen bestätigen, droht erneut Gefahr. NSU, mittlerweile mit Haut und Haaren an den Erfolg des Projektes gebunden, erreichte immerhin, das neue Antriebskonzept in einem optisch ansprechenden Produkt am Markt anzubieten. Hinzu kam noch eine drohende Destabilisierung der bisherigen politischen Allianz, als der amerikanische Kongreß so strenge Abgasnormen verkündete, daß die Funktionsfähigkeit des bisherigen Automobils ernsthaft gefährdet schien und ausgerechnet das neue Antriebskonzept als technisches Referenzprojekt dienen konnte. Damit war gleichfalls auch die bisherige Definitionsmacht der im korporatistischen Gefüge zusammengeschweißten Hersteller gefährdet. Denn diese hatte in vielen Jahren so eingesetzt werden können, daß beim staatli-

chen Gesetzgebungsverfahren die Frage nach den technischen Spielräumen von der Industrie entschieden wurde. In einer solchen Situation ist das Branchenkartell beim Versuch zur Wiedererlangung dieser Macht zur Definition des Machbaren darauf angewiesen, die Kontrolle über das neue Projekt zu gewinnen. In diesem Fall kam das Signal vom Branchenführer General Motors selbst, der damit den anderen Mitgliedern der Zwangsgemeinschaft den Beginn der Auseinandersetzung auf strategischer Ebene anzeigte. Inwieweit es sich im folgenden aber um ein strategisches Interesse an der neuen Technik handelt, vielleicht sogar mit dem Ziel der baldigen Markteinführung, oder die Aneignung des neuen Wissens doch taktischen Kalkülen zur Sicherung der Definitionsmacht entspringt, müssen die übrigen Mitglieder der Branche anhand der ausgesendeten Signale decodieren. Neben den offiziellen Verlautbarungen der Unternehmensspitze bilden beispielsweise die Prämissensetzungen bei der Darstellung des Projektes auf gemeinsamen Konferenzen Indizien über den Grad der Beschäftigung. Die Art und Weise, wie General Motors mit dem Wankelprojekt betriebsintern umging, insbesondere die Isolierung des Projekts von den Machtbereichen der Devisions, zeigte den übrigen Branchenmitgliedern recht schnell, daß offenbar kein strategisches Interesse an dem Projekt vorlag.

3. Ablehnung: Wenn für die übrigen Mitglieder des korporatistischen Gefüges klar ist, daß sich der Branchenführer nicht aus strategischem Interesse mit dem Projekt beschäftigt, können diese Firmen auf ihrer ablehnenden Haltung dem Projekt gegenüber beharren, auch wenn der Branchenführer in der Öffentlichkeit noch an dem Projekt festhält. Dies erhöht weiterhin den Druck auf die politischen Ordnungsmächte, bei der Abänderung der politischen Rahmenbedingung nicht auf das abweichende Antriebssystem als technisches Referenzprojekt zu setzen. Die Konzernspitze des Branchenführers General Motors konnte nun die konzerninternen Bedingungen zur Ausreifung des Projektes so frei von externen Eingriffen gestalten, daß in absehbarer Zeit kein akzeptables Ergebnis zustande gebracht wurde. Der Fall Daimler-Benz illustriert, wie elegant man ein Projekt beispielsweise durch permanente Veränderung des Lasten- und Pflichtenheftes und einer sehr variablen Ressourcenzuteilung totentwickeln kann. General Motors verschaffte sich die Möglichkeit, dem Projekt Wankel interne Bedingungen zu diktieren, die Bewertung der Entwicklungsarbeit nach eigenen Kriterien vorzubereiten und die dann erzielten Ergebnisse der Fachöffentlichkeit extern als harte Fakten zu präsentieren. Die daraufhin tatsächlich verkündeten Zweifel brachten nun die politisch-administrativen Akteure in den USA unter Zugzwang. Eine einseitige Aufkündigung des bisherigen politischen Kompromisses, mit nur einem Hersteller, zumal einem ausländischen, noch dazu einem japanischen Unternehmen als Referenz, konnte aus Eigeninteresse kaum gewagt

werden. Gegen die geballte industrielle Macht zur Definition des technisch Machbaren kann auch kein amerikanischer Kongreß auf Dauer politische Regelwerke verabschieden. Der politische Kompromiß wurde neu ausgehandelt und die Grenzwerte so abgefaßt, daß diese auch mit konventionellen Antriebssystemen, freilich mit erhöhter Entwicklungsanstrengung, erreicht werden konnten. Die politischen Rahmenbedingungen waren daher erneut so gestaltet, daß die Optimierung der bestehenden Techniklinie aus unternehmerischer Sicht auch weiterhin eine ökonomische Notwendigkeit blieb.

Das Automobil als Institution

Die empirischen Ergebnisse der historischen Längsschnittuntersuchungen zur Entstehung und Entwicklung des Fahrzeugantriebes haben gezeigt, daß eine grundlegende Reform der Produktpolitik im Weltautomobilbau seit der Schließungsperiode in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts nicht mehr organisiert werden konnte. Die Hersteller formten rasch kartellähnliche Strukturen in korporatistischen Gefügen und sicherten durch Allianzen mit den staatlichen Ordnungsmächten die infrastrukturellen Vorgaben zur Sicherung der Funktionsfähigkeit des Produktes ab. Dies geschah nicht überall zur gleichen Zeit, bildet aber wohl seit Mitte der 50er Jahre ein weltweit gültiges Muster. Innerhalb des entwicklungsbestimmenden Korridors sind durchaus produktionsbezogene sowie fabrikorganisatorisch sehr beachtliche Optimierungsleistungen realisiert worden. Damit stellt sich natürlich die Frage, welche denkbaren Möglichkeiten denn dann überhaupt noch für eine Produktinnovation bestehen. In den vorangegangenen Kapiteln war ja insbesondere auf den sozialen Charakter technischer Wissensproduktion abgestellt worden. Es wurde argumentiert, daß scheinbar so unbestechliche Kriterien wie ökonomische oder naturwissenschaftliche Rationalitäten an die Existenz von Referenzgemeinden gebunden sind, neue Projekte sich dementsprechend erst über die Bildung von Gegengemeinschaften legitime Denk- und Handlungsräume erschließen müssen. Das Scheitern des NSU/Wankelprojektes konnte unter anderem auch mit den mangelnden Koalitions- und Absicherungsleistungen seitens der NSU-Geschäftsleitung erklärt werden. Möglicherweise muß die Gleichung sozialer Prozeß gleich gestaltbarer Prozeß aber neu überdacht, das politische Instrumentarium der Produktinnovation neu justiert werden.

Vielleicht eröffnet eine andere Blickrichtung neue Perspektiven. Das Automobil in seiner technischen Konfiguration und seinen dominanten Nutzungsmerkmalen ist zu einem so feststehenden, weltumspannenden Regelwerk geworden, daß im Sinne Gehlens von einer stabilisierenden Gewalt ausgegangen

werden kann.[20] Der Grad der Härtung der vielfach integrierten Mega-Maschine Automobil hat so gesehen den Status einer eigenen Institution erreicht. Institutionen können als auf Dauer gestellte, verfestigte Verhaltensmuster und Sinnorientierungen mit regulierender sozialer Funktion bezeichnet werden. Sie sind soweit verinnerlicht, daß die Adressaten ihre Erwartungshaltung, bewußt oder unbewußt, auf den ihnen innewohnenden Sinn ausrichten.[21] Dies ist für den politischen Gestaltungsprozeß freilich nicht folgenlos. Denn Reformen an Institutionen sind im politischen Tagesgeschäft kaum verhandelbar. Sicherlich bleiben auch solche stabilisierenden Gewalten, zu denen beispielsweise die Thermodynamik als wissenschaftlich-technische Grundordnung oder die kapitalistische Marktwirtschaft als ökonomisches Regulativsystem gehören, Ergebnisse von Verständigungen und keineswegs eine vom Himmel gefallene Logik. Die Grundregeln des Denkens und Handelns und damit auch der Wahrnehmung sind Ergebnisse gesellschaftlicher Aushandlungen, sie sind sozial konstruierte und gesicherte Ordnungssysteme. Die charakteristischen Eigenschaften dieser Basisannahmen liegen in ihrer Funktion als stabilisierende Größe. Sie sind in ihren Funktionen so weit verzweigt und so vielfältig mit anderen Systemen verkoppelt, daß eine kurz- oder mittelfristige Aufkündigung oder substantielle Reform wegen der großen Opportunitätskosten nicht möglich ist. Solche Institutionen gehen als unhinterfragte - und daher kaum politisierbare - Prämissensetzungen in die Kalküle der Handelnden ein, ja sie sind sogar ein wesentlicher Markierungsposten zur Entwicklung von Handlungsstrategien. Die Einhaltung und Achtung dieser Grundregelsysteme senkt meßbar die Kommunikations- und Aushandlungskosten, markierten aber eben auch als Koordinatensysteme die Korridore der Strategieentscheidungen. Weder können die Grundregeln der Newton'schen Physik noch die Grammatik beispielsweise der deutschen oder englischen Sprache kurzfristig verändert werden. Ergebnisse sozialer Aushandlungsprozesse bleiben sie dabei allemal, nur eben im Zustand weit fortgeschrittener Versteinerung.[22] Das Verständnis von Automobil ist über viele Jahre so stabil geworden, daß die mit diesem Konzept assoziierten Teilelemente, insbesondere aber der Hubkolben-Verbrennungsmotor, als unhinterfragte, nicht mehr reflektierte Basisannahme in die Definition der Lasten- und Pflichtenhefte mit eingeflossen sind. Der Grad der internationalen Verständigung ist so hoch und so weitverzweigt, die darauf bauende verkehrspolitische Infrastruktur so umfassend entwickelt, das gesellschaftliche Wertesystem so automobilfixiert, daß die Bedeutung Automobil für dieses technische Ensemble eine technische Stabilität erreicht hat, die einem physikalischen Gesetz oder einer grammatikalischen Grundregel vergleichbar ist.

Institutionen, und das ist ein weiteres charakteristisches Merkmal, sind daher zur Relevanzsicherung nicht mehr auf eine aktive Hilfestellung von Refe-

renzgemeinden angewiesen, sie gelten, ohne daß dies erst durch soziale Verständigungen und Abmachungen organisiert und eingeklagt werden müßte. Die frühen Entwicklungsetappen des Automobils zeigen zunächst die Geschichte der Auswahl und Optimierung einer bestimmten technischen Konfiguration, schließlich den Prozeß der Bedeutungszuschreibung dieser Auswahl als Automobil. Insbesondere das Überführen des "flüssigen" Wissens in ein fest verkoppeltes maschinelles Gefüge bedurfte zunächst noch einer Referenzgemeinde, um die bei diesem Transferprozeß vorkommenden Komplikationen, die etwa in einer noch nicht einwandfreien Reproduzierbarkeit der Maschine zum Ausdruck kommen, nicht als prinzipiellen Fehler, sondern als lösbare Probleme zu definieren. Mit dem Grad der Übernahme bzw. der Anerkennung dieses maschinellen Gefüges durch andere Träger festigte sich das gewählte Maschinengefüge. Je mehr Hersteller sich auf die vorgefundene Konfiguration einließen und auch Kooperations- und Allianzpartner zur verkehrspolitischen, fertigungs- und auch verkaufstechnischen Absicherung des maschinellen Gefüges Automobil gewonnen wurden, um so mehr stabilisierte sich das allgemeine Verständnis von Automobil als offenkundig nicht mehr zur Disposition stehendes gerätetechnisches Ensemble.

Wie stabil das Verständnis von einem Automobil bereits in den 60er Jahren war, dokumentierte der vorerst letzte erfolgreiche Versuch einer begrenzten Neudefinition dieser Konfiguration. Bei solchen Projekten, die ohne diese nicht mehr reflektierten Basisannahmen operieren, müssen die Grundgrößen erst neu ausgehandelt und einstweilen über eine starke Trägergemeinde ersatzweise sozial gesichert werden. Für Vorhaben wie dem NSU/Wankelantrieb brauchen die Vertreter den Mut zur Grenzüberschreitung, denn für die anstehenden Entwicklungsarbeiten steht ja nicht der allgemein geltende Vorrat an feststehenden und anerkannten Grundregeln parat. Deshalb sind solche neue Vorhaben auf eine stabile Referenzgemeinde angewiesen, die dem Projekt den für die Ausreifung notwendigen Schutzraum garantiert. Wie schon die Verständigung auf technische und wissenschaftliche Basisannahmen ein tiefgefrorenes, dennoch soziales Ergebnis ist, wird auch die scheinbar so genuine technische Erzeugungsarbeit zu einem sozialen Ereignis. Mit der Bereitstellung von materiellen und ideellen Fördermitteln kann die Möglichkeit zur Ausreifung gegeben werden, die aber erst bei entsprechender Gewährung die Chance dafür bietet, daß die Ergebnisse einen Grad an Stabilität erreichen, der dann die Voraussetzung für die Suche nach neuen Kooperationspartnern darstellt. Auf konkreter Arbeitsebene müssen Fahnenträger gefunden werden, Konstrukteure und Ingenieure, die sich ganz und gar dem Projekt verschreiben, sowie Promotoren, die auf den strategischen Entscheidungsebenen das Projekt verteidigen.[23] Allerdings sind solche Fahnenträger und Promotoren auf unternehmerischen sowie auf Bran-

chenebenen zur Durchsetzung solcher ja illegitimen Projekte auf eine gewisse Macht zur Definition der Interpretationsvorgaben der technischen Resultate angewiesen und müssen darüber hinaus auch über eine solche Reputation verfügen, die Aussichten auf eine Ausweitung der Referenzgemeinde bietet. Denn für die Entstehung solcher Unterstützergruppen, die für neue Projekte eine Art Paten- oder Schutzfunktion wahrnehmen, muß ja erst geworben werden. Die Träger des NSU/Wankelprojektes haben dies wohl auch versucht. Aber offenbar sind solche Projekte, die diesen unhinterfragten Bestand an Regeln und Grundannahmen antasten, auf eine besonders stabile Referenzgemeinde angewiesen, weil diese Wissensbestände erst expliziert und dann modifiziert werden müssen, um später wieder als Institution abgelegt zu werden. Die Tatsache, daß die Automobiltechnik ein soziales Produkt ist, sagt allein noch nichts über den Grad der Gestaltbarkeit des Ergebnisses aus. Offenbar stellen kognitive Fixierungen über soziale Absicherungen in internationalen, korporatistisch strukturierten Gefügen ein so basales Fundament dar, daß Reformarbeiten hier nicht mehr greifen können, ohne daß damit die gesamte Strukturierungsleistung aufgegeben werden muß. Die Entwicklungen im Volkswagenkonzern ab Mitte der 70er Jahre legten ein beredtes Zeugnis davon ab, wie man Referenzgemeinden zerstört, wie man aber auch neue aufbaut. Ein scheinbar guter Techniker, wie es beispielsweise Ferdinand Piëch nachgesagt wird, ist - genauer betrachtet - meist vielmehr ein guter Machtpolitiker, der weiß, wie man solche Sinngemeinschaften[24] durch die Auslotung von Eigeninteressen bildet und im unternehmerischen Gefüge durch die Anpassung an die strategische Grundlinie absichert. Die Chance zur Erzeugung von Resonanz ist dabei freilich um so größer, je mehr bei solchen Reformen auf den undiskutierten, gemeinsamen Bestand an Grundannahmen, verkörpert in der Institution Automobil, zurückgegriffen werden kann. Ein Audi Avus mit 12 Zylindern, und sei er als Dinosaurier ein noch so bizarres Ereignis, bietet da allemal eine bessere Aussicht auf Absicherung als ein Kreiskolbenmotor oder ein mit Elektroantrieb ausgestatteter Chico. Auch technische Ergebnisse sprechen keinesfalls für sich, sondern werden vor dem Hintergrund vorgefaßter Perzeptionen betrachtet, die wiederum von taktischen oder strategischen Interessenlagen bestimmt sind und somit von der Macht der resonanzschaffenden Unterstützergruppe bestimmt werden. Insofern ist die Technikentwicklung in der Automobilindustrie ein inkremental sozialer Prozeß, der um so mehr zu einem Abenteuer wird, je weiter weg sich diese Projekte vom herrschenden Verständnis bewegen. Das NSU/Wankelprojekt scheint wiederum gerade durch das Scheitern erheblich zur Stabilisierung der institutionellen Grundlagen beigetragen zu haben. Ob die günstigen Umstände der 50er Jahre vielleicht die letzte Möglichkeit im Geflecht der weltweiten Mega-Maschine noch Lücken zur Etablierung konkurrierender Muster geboten hätten, wenn tat-

sächlich die Bildung einer strategischen Allianz zum Rückbau verfestigter Denkstrukturen gelungen wäre, darüber kann ex-post nur noch spekuliert werden. Vielleicht gewinnt aber in diesem Kontext der Ausspruch des langjährigen NSU-Chefs Stieler von Heydekampf erst seinen richtigen Sinn: "Wer uns allzu ernst nimmt, ist selbst dran schuld."[25] Jedenfalls ist durch das Ende des Wankelabenteuers die Fixierung auf das bisherige Verständnis von Automobil noch ausgeprägter, da nunmehr die Verständigungen durch die kollektive Erfahrung des Scheiterns der prominentesten Antriebsalternative noch engmaschiger geworden sind und damit der Institutionencharakter des Automobils fester denn je ausgebildet erscheint.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind somit äußerst zwiespältig. Zur Kennzeichnung wesentlicher, konstitutiver Elemente der Autoindustrie scheint der sozialwissenschaftliche Technikgeneseansatz durchaus geeignet zu sein. Die Prägung um die Jahrhunderte kann rekonstruiert und die damals gültigen und bestimmenden Umstände können herausgearbeitet werden. Zudem ist es möglich, die Durchsetzung einer bestimmten technischen Linie als ein Produkt baldiger sozialer Verständigungen mit weit verzweigten und politisch breit angelegten Allianzen zu beschreiben. Die Annahme einer frühen Festschreibung charakteristischer konstruktiver Merkmale fand sich dabei ebenfalls bestätigt. Doch die mit dem Genese-Ansatz auch verbundenen forschungspolitischen Hoffnungen auf die Generierung von steuerungs- oder regulierungsrelevantem Grundlagenwissen kann im Falle des Automobils nicht in gewünschter Weise erfüllt werden. Es fehlt an operativem Wissen, das zur Durchsetzung alternativer Antriebs- und Fahrzeugkonzepte eingesetzt werden könnte. Es mag ein Wesenszug wissenschaftlicher Arbeit sein, doch mehr die Analyse, die Zergliederungsarbeit zu betreiben, als Bausteine für eine neue, eine freilich noch zu synthetisierende Realität zusammenzutragen.[26] Das Verständnis von einem Automobil scheint jedenfalls als genau definierte technische Konfiguration mit einem Hubkolben-Verbrennungsmotor als zentralem technischem Element industriell, politisch und kulturell so mächtig verankert zu sein, daß eine grundlegende Reform dieser Institution, beispielsweise in der hier im Mittelpunkt stehenden Frage des Antriebssystems, ohne eruptive politische Änderungen, verbunden mit einem grundlegenden Bedeutungswandel, nicht möglich ist. Das forschungspolitisch relevante Ergebnis der Arbeit ist die Erkenntnis, daß von kurzfristig angelegten Instrumenten, insbesondere bei prominenten Teilbereichen, keine Reform an basalen, weltweit gültigen Grundregeln erwartet werden darf. Noch so intelligent eingefädelte Lösungen einer Produktreform stoßen einstweilen an die Grenzen unhinterfragter, aber stabilisierender Basisgrößen einer weltweit agierenden Community, die im Zweifelsfall auch zur Verteidi-

gung bereit ist und deren Fundamente und Referenzbereich daher erst noch erschüttert werden müssen.

Das Automobil in seinem technischen Gefüge und der dominanten Nutzungsform als Rennreiselimousine ist durchaus das Ergebnis eines sozialen Prozesses. Doch ist dieses Resultat mehrfach mit anderen Systemen verkoppelt, vielfach integriert und tief gestaffelt zu einer eigenen Institution geworden und damit auch nicht in elementaren Teilfragen mit einfachen, konventionellen Mustern und Rezepten zu repolitisieren. Eine Lösung der kommenden Mobilitätsprobleme scheint daher nur noch in einer Rücknahme der Bedeutung des Automobils vom Universalkonzept zu einem Transportgerät für ausgewählte Teilbereiche zu liegen.

Anmerkungen und Quellen

Kapitel 1.1

1 Duden, das große Wörterbuch der deutschen Sprache, Bd.3, Mannheim 1977, S.1362
2 Canzler, W., Das Auto von morgen: Haben alternative Konzepte eine Chance? In: Wechselwirkung, 15, 1993, S.23-27
3 Wieland, B., Kopf-Gucker. Umfrage Elektroautos, in: Auto-Motor und Sport, 7/1992, S.242-244
4 VDI-Nachrichten, Nr. 14, 3. April 1992, S.l, S.26-30
5 König, W., Auto-Zukunft, Alternative Antriebe, in: Auto-Motor und Sport, 11/1991, S.44
6 zit. nach Jamison, A., The Steam-Power Automobile. An Answer to Air Pollution, Bloomington/London 1970, S.136
7 Bentele, M., Engine Revolutions, Warrendale 1991, S.321
8 Kawamoto, N., Das Weltauto ist ein Irrweg, in: Auto-Motor und Sport, 22/1991, S.102f
9 König, W., Portrait: Kurt Obländer, in: Auto-Motor und Sport, 14/1991, S.74
10 Deutsche Shell AG, Auto und Umwelt (Shell Briefing Service), 2/1992, S.12
11 Die Presse, 21./22. Oktober 1991, S.3; Der Spiegel, 37/1991, S.259
12 Gross, K., The Electric Car Question, in: Automotive Industries, 172, April 1992, S.17
13 Gore, A., Earth in the Balance, Boston 1992, S.325
14 New York Times, 26. August 1992, S.A18
15 Gerken, G., Der Spaß am Auto kommt wieder, Interview, in: Auto-Motor und Sport, 2/1992, S.102f.
16 Goeudevert, D., In den Fußstapfen des Käfers, in: Industriemagazin, Der neue Golf, 1/1991, S.122
17 Interviewaussage
18 Wall Street Journal, 14. Dezember 1992, S.A3
19 Handelsblatt, 21. März 1993, S.2
20 vgl. Auto-Motor und Sport, 3/1994, S.6
21 Frankfurter Rundschau, "Auto", Beilage zur 54. Internationalen Automobilausstellung, 11. Oktober 1991, S.2
22 Automotive Industries: Propulsion Technology, Automotive Industries, 100, Juli 1992, S.33
23 Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hg.): Hundert Jahre Automobil, Düsseldorf 1986, Vorwort
24 Auto-Motor und Sport, 9/1992, S.3
25 Richter, M.C., Bayerischer MX-5, in: Auto-Zeitung 9/1992, S.20f
26 Luckner, H./B. Ostermann, Die Maxi-Minis, in: Auto-Motor und Sport, 14/1992, S.14-20/20; sowie Appel, H., Stadtfahrzeug-Konzepte, in: VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik, Neue Konzepte für den fließenden und ruhenden Verkehr, VDI-Berichte 817, Düsseldorf 1990, S.339-374
27 Melfi, T., Weniger ist schwer, in: Auto-Motor und Sport, 3/1992, S.104-108

28 Busch, F.B., In die Sackgasse manövriert, in: Auto-Motor und Sport, 2/1992; S.108
29 Förster, H.J., Technik für den Menschen. Aus den Erfahrungen eines Ingenieurs, o.J., o.O., S.133
30 Kruse, K., Süchtig nach Super, in: Die Zeit, Nr.38, 12. Oktober 1991, S.13-16/16
31 Melfi, T., a.a.O., S.108; Canzler, W./A. Knie, Das Ende des Automobils. Fakten und Trends zum Umbau der Autogesellschaft, Karlsruhe 1994, S.56ff.
32 Rothschild, E., Paradise Lost. The Decline of the Auto-Industrial Age, New York 1974 (1973), S.249
33 National Research Council (NRC): Automotive Fuel Economy: How Far Should We Go? Washington 1992, S.13ff.
34 Busch, F.B., a.a.O., S.108
35 vgl. Blüthmann, H., Überholt und abgehängt, Die Zeit, 27. März 1992, S.21
36 Goeudevert, D., Interview, in: Der Spiegel, 6/1989, S.99
37 Handelsblatt, 20. Oktober 1993, S.23
38 vgl. Automotive News, 11. Januar 1993, S.2
39 Interviewaussage; Cackette, T., Engineering Clean Air Solutions through Technology, in: 4. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Oktober 1993, Aachen 1993, S.21-24
40 vgl. Deutscher Bundestag, Elektrofahrzeuge, Antwort der Bundesregierung auf eine Große Anfrage, BT-Drucksache 12/2247, S.5; California Air Resources Board (CARB), California Air Quality, A Status Report, Sacramento 1991
41 Wald, M.W.L., California's Pied Piper for Clean Air, in: New York Times, 13. September 1992, S.3; sowie Berger, R./H.G. Servatius, Die Zukunft des Automobils hat erst begonnen. Ökologisches Umsteuern als Chance, München 1994, S.75
42 Interviewaussage
43 Vester, F., Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen, München 1990, S.83
44 Orr, L.D., zit. nach Jamison, A., a.a.O., S.123
45 vgl. Sachs, W., Die Liebe zum Automobil, Ein Rückblick in die Geschichte unserer Wünsche, Reinbek 1984; Neue Zürcher Zeitung, 31. März 1993, S.33: Ruppert, W. (Hg.): Fahrrad, Auto, Fernsehschrank. Zur Kulturgeschichte der Alltagsdinge, Frankfurt 1993; vgl. Knie, A./M. Hård, Die Dinge gegen den Strich bürsten. Dekonstruktionsübungen am Automobil, in: Technikgeschichte, 60, 1993, S.224-242; Burkart, G., Individuelle Mobilität und soziale Integration, in: Soziale Welt, 45, 1994, S.218-241
46 Commoner, B., The Failure of the Enviromental Effort, in: Current History, 91, 1992, S.176-181, S.180
47 Roth, K.H., Der Weg zum guten Stern des "Dritten Reiches": Schlaglichter auf die Geschichte der Daimler Benz AG und ihrer Vorläufer, in: Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts (Hg.): Das Daimler-Benz-Buch, Nördlingen 1987, S.28-389
48 Wolf, W., Eisenbahn und Autowahn, Hamburg 1987, S.91ff.; Radkau, J., Technik in Deutschland, Frankfurt 1989, S.299ff.
49 Jerome, J., The Death of the Automobile: The Fatal Effect of the Golden Area, New York 1972, S.1
50 vgl. Flink, J.J., The Automobile Age, Cambridge 1990 (1988), S.377

51 Lewis, D.L./L.Goldstein (Hg.): The Automobile and American Culture, Ann Arbor 1991
52 zit. nach Jerome, J., a.a.O., S.222
53 zit. nach Jamison, A., a.a.O., S.143-145
54 Verband der Automobilindustrie (VDA), Tatsachen und Zahlen, 55. Folge 1991, S.32f
55 Hoppe, H.C., Ein Stern für die Welt, München 1991, S.264
56 BMFT (Hg.): Auf dem Weg zum Auto von morgen, Köln 1973, S.10
57 Nordhoff, H., Reden und Aufsätze, Düsseldorf 1992, S.374
58 zit. nach Hoppe, H.C., a.a.0., S.259
59 Förster, H.J., Zukunft des Automobils (1971), in: Förster, H.J., a.a.O., S.17
60 vgl. Rothschild, E., a.a.O., S.54ff.
61 Folgende Firmen erwarben direkt oder indirekt Lizenzen: Curtiss-Wright Corp., USA (1958); Fichtel & Sachs AG, BRD (1960); Yanmar Diesel Co. Ltd., Japan (1961); Mazda Co. Ltd., Japan (1961); F. Perkins Ltd., England (1961); Klöckner-Humboldt-Deutz AG, BRD (1961); Daimler-Benz AG, BRD (1961); MAN Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, BRD (1961); Friedr. Krupp, BRD (1961); Rheinstahl-Hanomag AG, BRD (1963); Daimler-Benz AG, BRD (1964); S.p.A. Alfa Romeo, Italien (1964); Rolls-Royce Motors Ltd., England (1965); Vereinigung Volkseigener Betriebe Automobilbau, DDR (1965); Porsche AG, BRD (1965); Outboard Marine Corp., USA (1966); Comotor S.A., Luxemburg (1967); Johannes Graupner, BRD (1967); Savkel Ltd., Israel (1969); Nissan Motor Co. Ltd., Japan (1970); General Motors Corp., USA (1970); Suzuki Motor Co. Ltd., Japan (1970); Toyota Motor Co. Ltd., Japan (1971); Ford-Werke AG, BRD (1971); Birmingham Small Arms Co. Ltd., England (1972); Yamaha Motor Co. Ltd., Japan (1972); Kawasaki Heavy Industries Ltd., Japan (1972)
62 Sörensen, E., Motor und Turbine, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 23, 1955, S.16-17
63 Reitzle, W., Automobilantriebe im Spannungsfeld zwischen Mobilitätsanforderungen, Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit, in: 4. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, a.a.O., S.1-20
64 Berthold, O., Aufarbeitung und Analyse der in Lasten- und Pflichtenheften zur Serienentwicklung moderner Pkw-Motoren formulierten Anforderungsprofile in Hinsicht auf die reale Nutzungserwartungen der Autofahrer, Manuskript 1993, S.43
65 Interviewaussage
66 Jürgens, U./Th. Malsch/K. Dose, Moderne Zeiten in der Automobilindustrie, Berlin 1989, S.1ff.

Kapitel 1.2

1 Hagen, H., Hundert Jahre Mobilität durch den Verbrennungsmotor, in: Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hg.): Hundert Jahre Automobil, Düsseldorf 1986
2 zit. nach Kutscher, J., Warum Goethe Mercedes-Benz fahren würde, in: Frankfurter Rundschau, 24. April 1993, S. ZB 6
3 Interviewaussage
4 Interviewaussage
5 Halberstam, D., The Reckoning, New York 1987 (1986), S.544
6 Interviewaussage
7 Interviewaussagen
8 Deutsche Shell AG, Auto und Umwelt (Shell Briefing Service) 2/1992, S.3
9 mot-Spezial: Alles über Motoren, Stuttgart 1989, S.105
10 Linser, J., Unser Auto - eine geplante Fehlkonstruktion, Frankfurt 1977, S.97
11 Bensinger, W.-D., Rotationskolben-Verbrennungsmotoren, Berlin 1973, S.11
12 Canzler, W./A. Knie/O. Berthold, Das Leitbild Automobil vor seiner Auflösung? Zum Widerspruch von motorischer Aufrüstung und realem Nutzungsverhalten, in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, 16, 1993, S.407ff.
13 vgl. Hütten, H., Motoren. Technik, Praxis, Geschichte, Stuttgart 1988
14 zit. nach Vester, F., Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von Morgen, München 1990, S.355
15 Schildberger, F., Die Entstehung des industriellen Automobilbaues, in: Automobil-Industrie, 14, 1969, S.60/55-62
16 Cummins, C.L., Internal Fire, Warrendale 1989 (1976)
17 Eugen Diesel, zit. nach Neubauer, H.O., Autos aus Berlin: Protos und NAG, Stuttgart 1983, S.99
18 zit. nach Volti, R., Why Internal Combustion?, in: Invention & Technology, Fall 1990, S.42-47/S.42
19 zit. nach Neubauer, H.-0., a.a.O., S.12
20 Die Technik, 3, 1899, Beilage: "Die Automobilien-Industrie", S.143; Wren, J., Pick Your Power, in: America at the Wheel, 100 Years Of The Automobile, in: Automotive News, 21. Oktober 1993, S.48
21 Ricardo, H., Memories and Machines: The Pattern of my Life (The Ricardo Story), Warrendale 1992 (1968), S.139
22 zit. nach Sass, F., Geschichte des deutschen Verbrennungsmotorenbaues, Berlin 1962, S.79, 216f
23 Bierbaum, O.J., Eine empfindsame Reise im Automobil (1902), in: Automobilia. Reiseskizzen und Betrachtungen aus den Kindertagen des Automobils, (hg. von M. Krause), Bonn 1988, S.18
24 Bierbaum, O.J., Ein Gespräch über das Automobil (1906), in: Automobilia, a.a.O., S.136
25 vgl. Klapper, E., Die Entwicklung der deutschen Automobilindustrie, Berlin 1910, S.5f
26 Hütten, H., a.a.O., S.59ff.
27 Schwerdtfeger, W., Die Brennstoffrage der Automobilmotoren, in: Zeitschrift des Mitteleuropäischen Motorwagenvereins, 10, 1911, S.387

28 Seidel, G.H., Die Erdölprodukte, in: Fersen, O.v. (Hg.): Ein Jahrhundert Automobiltechnik. Personenwagen, Düsseldorf 1986, S.546-575

29 vgl. Beasley, D., The Suppression of the Automobile, New York 1988, S.93ff.; sowie Yergin, D., The Prize; The Epic Quest for Oil, Money and Power, New York 1991

30 zit. nach Zeitschrift des mitteleuropäischen Motorwagenvereins, 1, 1902, S.7

31 Seidel, G.H., a.a.O., S.540ff.

32 zit. nach Schildberger, Mercedes-Benz. 75 Jahre Nutzfahrzeug-Entwicklung, Stuttgart 1971, S.40; vgl. Horras, G., Die Entwicklung des deutschen Automobilmarktes bis 1914, München 1982, S.183; Roth, K.H., Der Weg zum guten Stern des "Dritten Reiches": Schlaglichter auf die Geschichte der Daimler Benz AG und ihrer Vorläufer, in: Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts (Hg.): Das Daimler-Benz-Buch, Nördlingen 1987, S.41

33 Die Woche von Nizza, in: Der Motorwagen, 1900, Heft VII, S.100ff.; 1901, Heft IX, S.118ff.; 1901 Heft X; S.132

34 Fersen, H.-H. v., Autos in Deutschland 1885-1920, Stuttgart 1982, S.125

35 vgl. Newcomb, T.P./R.T. Spurr, A Technical History of the Motor Car, Bristol/New York 1989, S.27ff.

36 Hanf, R., Im Spannungsfeld zwischen Technik und Markt, in: Zeitschrift für Unternehmensgeschichte, Beiheft 17, Wiesbaden 1980, S.46

37 E. Berge, zit. nach Bingmann, H., Mensch-Politik-Kultur. Einflüsse auf die technische Entwicklung bei Daimler Benz, Diss. FU Berlin 1989, S.57

38 Klapper, E., a.a.O., S.17

39 Ford, H., Mein Leben und Werk, Leipzig 1923, S.41f

40 Lutz, A., Einfluß des sportlichen und technischen Automobilismus auf Verkehr und Fabrikation, in: Der Motorwagen, 1903, Heft II, S.20-24, Heft III, S.38-43

41 Mander, H., Automobilindustrie und Automobilsport, Frankfurt 1978, S.62

42 Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 55, 1994, S.133

43 vgl. Diez, W., Markteintritt und Innovation in der deutschen Automobilindustrie, in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik, 204/6, 1988, S.492

44 Kruk, M./G. Lingnau, Daimler Benz. Das Unternehmen, Mainz 1986, S.43ff.

45 Klapper, E., a.a.O., S.13

46 "Agricola", Neue Ziele in der Automobilindustrie, in: Der Motorwagen, 1907, Heft 28, S.857-859; Heft 29, S.872-878; Heft 30, S.911-921

47 Köppen, Th., Die Bedeutung elektromotorischer Antriebsverfahren für den Automobilbereich im Spiegel der Automobilzeitschriften, Manuskript WZB 1992, S.12

48 Sass, F., a.a.O., S.351ff.

49 zit. nach Neubauer, H.-O., a.a.O., S.38

50 Steinitz, E.W., Das Ende von NAG-Protos, in: Motor-Kritik, 6, 1931, S.26-31

51 "Agricola", a.a.O., S.92

52 Heller, A., Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff, Berlin 1912, S.36

53 zit. nach Clausberg, K., Zeppelin. Geschichte eines unwahrscheinlichen Erfolges, München 1989, S.5, S.74ff.

54 vgl. Hütten, H., a.a.O., S.101

55 Weger, W., Sprecher der Automobilindustrie (1986), in: Fersen, H.-H., a.a.O., S.708

56 Ricardo, H., a.a.O., S.142; Gersdorff, K. v./K. Grasmann, Flugmotoren und Strahltriebwerke, Koblenz 1985, S.34
57 Braess, H.H., Das Auto ist unersetzbar, in: Fersen, H.-H., a.a.O., S.68
58 Flink, J.J., The Automobile Age, Cambridge 1990 (1988), S.24
59 Rae, J.B., Why Michigan? In: Lewis, D.L./L.Goldstein (Hg.): The Automobile and the American Culture, Ann Arbor 1991(1983), S.6
60 Jamison, A., The Steam-Power Automobile in Answer to Air Pollution, Bloomington/London 1970, S.43
61 Flink, J.J., a.a.O., S.10
62 Heller, A., a.a.O., S.310
63 zit. nach Volti, R., Alternative Internal Combustion Engines, 1900-1915, in: Hård, M. (Hg.): Automobile Engineering in a Death End: Mainstream and Alternative Development in the 20th Century, Publication in Human Technology, Gothenburg University 1992, S.21
64 Schirz, O., Personenkraftwagen, in: Allmers, R.A.H. u.a. (Hg.): Das deutsche Automobilwesen der Gegenwart, Berlin 1928, S.7ff.
65 Klapper, E., a.a.O., S.14
66 Kirchberg, P., Erfahrungen und Erkenntnisse bei der Konstruktion von Kraftwagen zwischen 1902 und 1929 und ihr Niederschlag in der Zeitschrift "Der Motorwagen", in: Kirchberg, P. (Hg.): Das beste aus "Der Motorwagen", Teil 1, 1902 bis 1922, Solingen 1988, S.9ff.
67 Riedler, A., Untersuchung eines Mercedes-Elektromobils, in: Wissenschaftliche Automobil-Wertung, Bericht VI, Berlin und München 1912, S.35
68 Lutz, A., a.a.O., S.661
69 Förster, H.J., Technik für den Menschen. Aus den Erfahrungen eines Ingenieurs, o.J., o.O., S.132ff.
70 Sloan, A.P., My Years with General Motors, New York 1963, S.219
71 Newcomb, T.P./R.T. Spurr, a.a.O., S.75
72 Interviewaussage
73 zit. nach Hütten, H., a.a.O., S.209
74 Diesel, R., zit. nach Schnauffer, F., Frühe Versuche mit dem Diesel-Gasverfahren, in: MTZ, 2, 1940, S.392
75 Diesel, R., Die Entstehung des Dieselmotors, Berlin 1984 (1913), S.126
76 vgl. auch: Hård, M., Technology in Flux: Local Practices and Global Patterns in the Development of the Diesel Engine, WZB discussion paper FS II 92-103, Berlin 1992
77 Hemmerlein, N. u.a., Untersuchungen zum Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff für Dieselmotoren, in: TÜV Rheinland (Hg.): Entwicklungslinien in Kraftfahrzeugen und Straßenverkehr, Forschungsbilanz 1991 (14. Statusseminar des BMFT), Köln 1991, S.113-127; sowie Goeudevert, D., Die Zukunft ruft. Manager, Märkte und Motoren, Herford 1990, S.168ff.
78 Flink, J.J., a.a.O., S.136
79 Hughes, T.P., American Genesis. A Century of Invention and Technological Enthusiasm, New York 1989, S.208
80 vgl. Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ), 49, 1946, S.48
81 zit. nach Flink, J.J., a.a.O., S.71

82 Environmental Policy Division of the Congressional Research Service: History and Future of Spark Ignition Engines, Washington 1973, S.2
83 Abernathy, W., The Productivity Dilemma, Baltimore 1978, S.20
84 Abernathy, W., a.a.O., S.34
85 Sloan, A.P., zit. nach Rothschild, E., Paradise Lost, New York 1974 (1973), S.38
86 zit. nach Halberstam, D., a.a.O., S.14
87 Abernathy, W., a.a.O., S.47
88 vgl. Versical, D., Inside the Beltway, in: Automotive News, America at the Wheel, 21.9.1993, S.144
89 vgl. Keller, M., Collision, GM, Toyota, Volkswagen and the race to own the 21th Century, New York 1993
90 vgl. Kunze, Th./R. Stommer, Geschichte der Reichsautobahn, in: Stommer, R. (Hg.): Reichsautobahn. Pyramiden des Dritten Reichs, Marburg 1982, S.22-48
91 Ricardo, H., a.a.O., S.54
92 Nallinger, F., zit. nach Hütten, H., a.a.O., S.208
93 Interviewaussage
94 Interviewaussage
95 vgl. hierzu auch Dienel, H.-L., Industrie und Hochschule, Wechselwirkung zwischen technischer Thermodynamik und industrieller Kältetechnik, Diss. München 1992, S.14ff.
96 Hütten, H., a.a.O., S.61
97 Drechsel, E., Motorenentwicklung 1991 - Motoren im Jahre 2001, in: MTZ, 52, 1991, S.397-399
98 Sloan, S., a.a.O., S.249; vgl. Newcomb, T.P./R.T. Spurr, a.a.O., S.50f; vgl. Finch, Ch., Highways to Heaven, New York 1992, S.73f
99 Interviewaussagen
100 Motor-Kritik, 4, 1929, S.85
101 Müller, J., Die Freuden des Konstrukteurs, Prien, 1990 (Eigenverlag), S.19
102 Fischer, J., Handbuch vom Lastauto, Berlin 1927, S.8
103 Friedmann, P., Der Elektromobilbetrieb in der Großstadt. Probleme der Automobilindustrie V, in: Der deutsche Volkswirt, 1927, S.1164
104 Schmidt, F./L. Thomas, Über Sonderaufgaben des Motorenbaues im Verkehrswesen, in: MTZ, 5, 1943, S.304
105 Ricardo, H., Schnellaufende Verbrennungsmotoren, Berlin 1932, S.3
106 Ricardo, H., The Ricardo Story, a.a.O., S.209
107 vgl. bspw. Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, 18, 1937
108 Ostwald, W., Gegenwärtige und zukünftige Entwicklung der motorischen Verbrennung, in: ATZ, 38, 1935, S.214
109 MTZ, 4, 1942, S.279
110 zit. nach Jerome, J., The Death of the Automobile: The Fatal Effect of the Golden Area, New York 1992, S.273
111 vgl. Eichmann, O., Dampfgetriebene Kraftfahrzeuge, in: ATZ, 48, 1946, S.21-24
112 MTZ, 1, 1939, S.1
113 Buschmann, H., Nachkriegs-Kraftfahrwesen in Deutschland, in: ATZ, 48, 1946, S.1-2
114 ATZ, 49, 1947, S.95

115 Köhlmann, H., Der gegenwärtige Stand und die weitere Entwicklung des Elektrofahrzeugbaus, Teil 1, in: ATZ, 48, 1946, S.19

116 ebenda, S.20

117 Lefnaer, O., Entwicklungsstand und -aussichten des Kohlenstaubmotors und der Kohlenstaubturbine, in: MTZ, 7, 1946, S.9-11

118 Dorrer, W. v., Entwicklungsmöglichkeiten von Kolbenmotoren, in: MTZ, 8, 1947, S.65-69

119 Koeßler, P., Vorsitzender der ATG: Kraftfahrzeugtechnik, Empirie und Forschung, in: ATZ, 52, 1950, S.2

120 Buschmann, H., Der "1. Internationale Verbrennungsmotoren-Kongreß", MTZ, 12, 1951, S.89-91

121 vgl. Köppen, Th., Qualitative und quantitative Analysen des deutschen Elektromobil-Baues zwischen 1898 und 1990, Manuskript, Berlin 1992

122 Förster, H.J., Alternative Antriebskonzepte Elektro-, Hybrid- und Wasserstoffantrieb, in: VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik, Neue Konzepte für den fließenden und ruhenden Verkehr, VDI-Berichte 817, Düsseldorf 1990, S.437

123 In: Spektrum, April/1993, S.100

124 Eckermann, E., Vom Dampfwagen zum Auto. Motorisierung des Verkehrs, Reinbek 1981, S.17

125 vgl. Jamison, A., a.a.O., S.139; sowie Braun, H.J., Chrysler Gas Turbine Engine, in: Social Studies of Science, 22, 1992, S.339-351; MacDonald, D., Detroit 1985, New York 1980, S.106ff.

126 vgl. Radkau, J., Technik in Deutschland, Frankfurt 1989, S.299ff. und 326ff.

Kapitel 2.1

1 Wille, H.H., PS auf allen Straßen, Das Buch zum Auto, Leipzig 1980, S.294
2 vgl. Volti, R., Alternative Internal Combustion Engine, 1900-1915, in: Hård, M. (Hg.): Automobil Engineering in a Death End: Mainstream and Alternative Development in the 20th Century, Publication in Human Technology, Gothenburg University 1992, S.11-24
3 Korp, D., Der Kongress schwieg, in: Motor-Revue, 33/1960, S.36
4 Audi NSU Auto Union AG, Mitteilungen für Audi NSU-Genuß-Schein-Inhaber, Nr.20, Neckarsulm, Dezember 1982
5 zit. nach Korp, D., NSU Ro80, Die Geschichte des Wankelmotors, Stuttgart 1993, S.186ff.
6 Jerome, J., The Death of the Automobile, New York, 1972, S.232
7 vgl. Remberg, R., Sex auf Rädern. Autos: Verführung und Gelegenheit, Stuttgart 1970
8 Burkhardt, E.-M., Guten Morgen, liebe Sorgen. 24-Stunden-Rennen von Le Mans, in: Auto-Motor und Sport, 14/1991, S.196-203
9 Reuss, I., Wankel-Motor konsumiert Wasserstoff, in: VDI-Nachrichten, 19. Juni 1992, S.27
10 Dahlern, I.v., Der Motor des 21. Jahrhunderts, in: Der Tagesspiegel, 13. Juni 1992, S. 25; Griffith, J., Hydrogen can moves on to the Horizon, in: Financial Times, 8. Juli 1992, S.3
11 VDI-Nachrichten, 26. November 1993, S.25
12 Car and Driver, 9/1992, S.33
13 Automotive News, 13. September 1993, S.14
14 Automotive News, 9. März 1992, S.17/18
15 Automotive News, 4. Oktober 1993, S.34i
16 Yamamoto, K., The Rotary Engine: Two Decades of Innovation, Paper, World Automotive Congress, August 1982, Detroit, S.1-2
17 Langenstein, G., Luftfahrtmedizin - Außenstelle Dachau, in: Buddensieg, T. u.a. (Hg.): Wissenschaft in Berlin, Bd. Objekte, Berlin 1987, S.238f
18 Froede, W., Probleme der Vor-Entwicklung im Fahrzeugmotorenbau, in: Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ), 56, 1954, S. 141
19 ebenda
20 Interviewaussage
21 zit. nach Bingmann, H., Mensch-Politik-Kultur. Einflüsse auf die technische Entwicklung bei Daimler Benz, Diss. FU Berlin 1989, S.137
22 Interviewaussage
23 Stieler von Heydekampf, G., zit. nach Berthold, W., Die mobilen Manager. Glanz und Größe der deutschen Autoindustrie, München 1966, S.233
24 Kamm, W./G. Leunig, Auswirkung der Kriegserfahrungen auf die Weiterentwicklung des Kraftwagenmotors, in: Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 5, 1943, S.8-10/S. 10
25 vgl. Bingmann, H., a.a.O., S.165ff.
26 Interviewaussage
27 Interviewaussage

28 Interviewaussage
29 Bensinger, W.-D., Die Steuerung des Gaswechsels in schnellaufenden Verbrennungsmotoren, Berlin 1955, S.88
30 vgl. Bentele, M., Engine Revolutions, Warrendale 1991, S.87ff.
31 Meurer, S., Die Aussichten von Strömungsmaschine und Kolbenmotor als Antriebsquelle von Lastkraftwagen, in: ATZ, 54, 1952, S.169-176
32 Korp, D., Protokoll einer Erfindung, Stuttgart 1975, S.14
33 vgl. Sabrow, M., "Dieser Feind steht rechts", in: Wilderotter, H. (Hg.): Walther Rathenau, 1867-1922, Berlin, o.J. (1993), S.424
34 zit. nach Korp, D., Felix Wankel. Sein 30jähriger Krieg um eine geniale Idee, Manuskript, Weil im Schönbuch 1972, S.200ff.
35 vgl. Holzer, M., Technik und Kapitalismus, Jena 1931
36 zit. nach Korp, D. (1972), a.a.O., S.415
37 vgl. Faith, N., Wankel. The Curious Story behind the Revolutionary Rotary Engine, New York 1975, S.26
38 vgl. Damolin, M., Der Eros der Motoren, in: Die Zeit, 7. Juli 1989, S. 40; Fleck, M., Menschen, Mächte und Motoren, Brilon 1993, S.239-255; Schaier, J., Felix Wankel - Schattenriß eines Erfinders unserer Tage, in: LTA-Forschung, Reihe des Landesmuseums für Technik und Arbeit in Mannheim, 5/1992, S.3-18
39 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1975), S.24
40 Korp, D., a.a.O. (1972), S.466
41 Bensinger, W.-D., a.a.O. (1955), S.1
42 vgl. Hütten, H., Technik, Praxis, Geschichte, Stuttgart 1988, S.25ff.
43 vgl. Roth, K.H., Der Weg zum guten Stern des "Dritten Reiches": Schlaglichter auf die Geschichte der Daimler-Benz AG und ihrer Vorläufer, in: Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts (Hg.): Das Daimler-Benz-Buch, Nördlingen 1988 (1987), S.71ff.
44 Müller, J., Die Freuden des Konstrukteurs, Prien 1991 (Eigenverlag) S. 35ff.; Interviewaussage
45 Korp, D., a.a.O. (1972), S.500ff.
46 Korp, D., a.a.O. (1972), S.507ff.
47 vgl. Heinkel, E., Stürmisches Leben, Preetz 1966, S.204
48 Interviewaussage
49 Faith, N., a.a.O., S.29
50 Korp, D., a.a.O. (1972), S.536
51 Ludwig, K.-H., Technik und Ingenieure im Dritten Reich, Königstein 1979 (1974), S.473ff.; vgl. auch Renneberg, M./M. Walker (Hg.): Science Technology and National Socialism, Cambridge 1993, S.1-29
52 vgl. Schneider, P., NSU 1873-1984. Vom Hochrad zum Automobil, Stuttgart 1985, S.190ff.
53 vgl. Schneider, P., a.a.O., S.57ff.
54 Froede, W., a.a.O., S.142
55 Korp, D., a.a.O. (1975), S.40
56 Chronik der Entwicklung des Kreiskolbenmotors in Neckarsulm, hg. von der Audi NSU Auto Union AG, Neckarsulm 1979 (unveröff.), S.3ff.
57 Chronik, a.a.O., S.4

58 zit. nach Chronik, a.a.O., S.5
59 Korp, D., a.a.O. (1975), S.41ff.
60 Korp, D., a.a.O. (1975), S.45ff.
61 Chronik, a.a.O.,S.5ff.
62 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1975), S.43
63 Froede, W., a.a.O., S.21f
64 Stieler von Heydekampf, G., zit. nach Korp, D., a.a.O., (1975), S.44
65 vgl. Bentele, M., a.a.O., S.87ff.
66 Schneider, P., a.a.O., Anhang
67 Korp, D., a.a.O. (1975), S.156
68 Faith, N., a.a.O., S.35
69 Chronik, a.a.O., S.9
70 Chronik, a.a.O., S.31ff.
71 vgl. Hallgarten, G.W.F./J. Radkau, Deutsche Industrie und Politik, Frankfurt 1986, S.290f, 356ff.
72 Korp, D., a.a.O. (1975), S.61
73 Chronik, a.a.O., S.14
74 vgl. Schneider, P., a.a.O., S.247ff.
75 Klenke, D., Bundesdeutsche Verkehrspolitik und Motorisierung, Stuttgart 1993, S.111ff., S.329
76 Stieler von Heydekampf, G., zit. nach Ziegler, J., Betriebswirtschaftliche Aspekte der Entstehung und der Entwicklung der Audi NSU Auto Union AG, Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Diplombetriebswirtes (FH) im Fachbereich Fertigungsbetriebswirtschaft der Fachhochschule Heilbronn, Heilbronn 1983, S.70
77 vgl. Schneider, P., a.a.O., S.185
78 Schneider, P., a.a.O., S.191ff.
79 Faith, N., a.a.O., S.42
80 zit. nach Krauss-Weysser, F., Die großen Krisen der Auto-Krisen, 2. Folge: NSU - Zum Überleben im VW-Konzern, in: Auto-Motor und Sport, 6/1980, S.196-211
81 Chronik, a.a.O., S.26ff.
82 vgl. Bensinger, W.-D., Historie der Wankel-Motoren-Entwicklung bei DB, Stuttgart 1974, S.3, Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv) (unveröffentlicht)
83 Interviewaussage
84 Faith, N., a.a.O., S.58
85 Korp, D., a.a.O. (1975), S.79; Chronik, a.a.O., S.29f
86 NSU-Pressedienst: NSU-Wankel-Engine: Revolution, Meilenstein in der Geschichte der Verbrennungsmaschine, Neckarsulm 1961, Max Bentele-Collection, The National Automotive History Collection (NAHC), Detroit Public Library
87 Korp, D., a.a.O. (1993), S.17ff.
88 Interviewaussage
89 zit. nach: Die Trochoide, Verein für Kreiskolbentechnik - Ro80 Club Deutschland e.V., 28/1990, S.10f
90 Chronik, a.a.O., S.20
91 Korp, D., a.a.O. (1975), S.84
92 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1975), S.164

93 Interviewaussage; Faith, N., a.a.O, S.57
94 Korp, D., a.a.O. (1975), S.27, 90
95 Stieler von Heydekampf, G., zit. nach Berthold, W., a.a.O., S.242
96 Schneider, P., a.a.O., S.247ff.
97 Der Spiegel, 52/1963, S.101
98 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.141
99 Faith, N., a.a.O., S.60
100 Faith, N., a.a.O., S.62
101 Bentele, M., Results of my Investigations on the NSU Engine, 1958, in: Max Bentele Collection, a.a.O.
102 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.154
103 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1993), S.199
104 vgl. Korp, D., a.a.O. (1975), S.117
105 Interviewaussage
106 Der Spiegel, 31/1961, S.22ff.
107 Chronik, a.a.O., S.41
108 Faith, N., a.a.O., S.64
109 zit. nach Ziegler, J., a.a.O., S.71
110 Faith, N., a.a.O., S.74
111 Korp, D., a.a.O. (1975), S.204
112 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.158
113 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.159
114 Chronik, a.a.O., S.44
115 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.182
116 vgl. Chronik, a.a.O., S.102
117 Güldner, H., Entwerfen und Berechnen von Verbrennungskraftmaschinen, Berlin 1914, 2. Auflage
118 Huber, E.W., Thermodynamische Untersuchungen an der Kreiskolbenmaschine, in: VDI-Berichte, Nr. 45, 1960, S.13ff.
119 Der Spiegel, 31/1961, S.22ff.
120 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1975), S.160
121 Interviewaussage
122 Interviewaussage
123 Korp, D., a.a.O. (1993), S.186ff.
124 Interviewaussage
125 Der Spiegel, 36/1965, S.101
126 Chronik, a.a.O., S.54
127 Faith, N., a.a.O., S.74ff.
128 Korp, D., a.a.O. (1975), S.171
129 Edelmann, H., Die Reden Heinrich Nordhoffs - Zeugnisse einer Ära, in: Nordhoff, H., Reden und Aufsätze - Zeugen einer Ära, Düsseldorf 1992, S.33
130 Lotz, K., Lebenserfahrungen, Düsseldorf 1978, S.97
131 Krauss-Weysser, F., a.a.O., 1980, S.195/196
132 Interviewaussage
133 vgl. Vorwig, W.R., Die deutsche Automobilindustrie und ihre Verbände, Frankfurt 1970, S.14

134 Faith, N., a.a.O., S.33; vgl. Edelmann, H., a.a.O., S.115ff.
135 Lotz, K., a.a.O., S.121
136 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.204
137 Ward's Wankel Report (WWR), 29. Dezember 1972, S.8
138 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1975), S.178
139 vgl. Kubisch, U./V. Jansen, Borgward, Ein Blick zurück, Berlin 1984, S.112
140 vgl. Juninger, W., Das BMW-Mercedes-Duell, Düsseldorf 1991
141 Eglau, H.O., Edzard Reuter, Düsseldorf 1992, S.47
142 Müller, J., a.a.O., S.64
143 Vorstandsprotokoll der Daimler-Benz AG, zit. nach Bingmann, H., a.a.O., S.238
144 vgl. auch Müller, J., a.a.O., S.62
145 Interviewaussage
146 Springer, W., Die Entwicklung des Pkw-Wankelmotors im Hause Daimler-Benz von 1960-1975, in: Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Kap. 2, S.6 (unveröffentlicht)
147 Interviewaussage
148 Interviewaussage
149 Bensinger, W.-D., a.a.O. (1974), S.1
150 Interviewaussagen
151 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.4
152 Bensinger, W.-D., a.a.O. (1974), S.9
153 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.12
154 Interviewaussagen
155 vgl. Frère, P., Mercedes Benz C111, Lausanne 1981, S.9
156 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.19
157 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.19, 31
158 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.33
159 Springer, W., a.a.O., Kap. 2, S.16
160 Interviewaussage
161 Müller, J., a.a.O., S.86
162 Interviewaussage
163 Faith, N., a.a.O., S.96
164 Chronik, a.a.O., S.39
165 Interviewaussage
166 Korp, D., a.a.O. (1975), S.107
167 Korp, D., a.a.O. (1975), S.104
168 Interviewaussage; Faith, N., a.a.O., S.93
169 vgl. WWR, 1. Dezember 1972, S.1
170 Interviewaussage
171 Faith, N., a.a.O., S.128ff.
172 Yamamoto, K., a.a.O. (1982), S.3
173 vgl. Automotive News, 22. Februar 1993, S.32; zit. nach: Die Trochoide, a.a.O., S.10f
174 zit. nach: Diem, W., Mazda readies hydrogen-powered rotary, in: Automotive News, 20. Januar 1992, S.24
175 Der Spiegel, 34/1963, S.48

176 Interviewaussage
177 vgl. Korp, D., a.a.O. (1975), S.99
178 Korp, D., a.a.O. (1993), S.17ff.
179 zit. nach Kruse, J., Meilensteine der Automobiltechnik: NSU Ro80, in: mot 5/1984, S.106
180 Chronik, a.a.O., S.56
181 Scott, D., Frankfurt Autoshow, in: Automotive Industries, 1. November 1967, S.69
182 Krauss-Weysser, F.,a.a.O., S.202
183 Interviewaussagen
184 Lotz, K., a.a.O. (1978), S.73
185 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.204
186 Ziegler, J., a.a.O., S.58ff.
187 zit. nach Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.200
188 Automotive Industries, 15. Juli 1967, S.67
189 Buschmann, A., Einleitung zu: Das Auto - mein Leben, von August Horch bis heute, Stuttgart 1982, S.285
190 Knie, A., Diesel - Karriere einer Technik. Genese und Formierungsprozesse im Motorenbau, Berlin 1991, S.182ff.
191 Der Spiegel, 29/1970, S.43; 10/1970, S.60ff.; 43/1970, S.104ff., 40/1971, S.79ff.; 42/1971, S.79ff., 42/1972, S.74ff.
192 Interviewaussagen
193 vgl. mot 1/1970, S. 9-15
194 Auto-Motor und Sport, 13 + 14/1986, S.17
195 Kruse, J., a.a.O., S. 105
196 vgl. Korp, D., a.a.O. (1993), 158ff.
197 Interviewaussagen
198 mot-Spezial, Alles über Motoren, Stuttgart 1989, S.104
199 Faith, N., a.a.O., S.141
200 Interviewaussagen
201 Interviewaussage
202 Bentele, M., a.a.O. (1991), S.165ff.; Interviewaussage
203 Faith, N., a.a.O., S.145
204 Ziegler, J., a.a.O., S.58f; Korp, D., a.a.O. (1993), S.128ff.; Ziegler, J., a.a.O., S.58f
205 Lotz, K., a.a.O., S.120/21f
206 zit. nach Ziegler, J., a.a.O., S.121
207 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.195
208 Faith, N., a.a.O., S.106
209 Faith, N., a.a.O., S.108f
210 Faith, N., a.a.O., S.117ff.

Kapitel 2.2

1 DeLorean, J./P. Wright, On a Clear Day You can see General Motors, Grosse Pointe 1979, S.49ff.
2 ebenda, S.42
3 Halberstam, D., The Reckoning, New York 1986, S.497ff.
4 Jamison, A., The Steam-Power Automobile. An Answer to Air Pollution, Bloomington/London 1970, S.18
5 White, L.J., Automobile Emissions Control Policy: Success Story or Wrong Headed on Regulation?, in: Ginsburg, D.H./W.J. Abernathy (Hg.): Government Technology, and the Future of the Automobile, New York 1980, S.406f
6 vgl. Rechtin, M., Preathing easy, in: Automotive News, America at the Wheel, 21. September 1993, S.152
7 Jamison, A., a.a.O., S.101
8 zit. nach Jamison, A., a.a.O., S.117
9 Wald, M.W.L., California's Pied Piper fo Clean Air, in: New York Times, 13. September 1992, S.3; sowie Jamison, A., a.a.O., S.98ff.; National Research Council (NRC): Automotive Fuel Economy: How Far Should We Go?, Washington 1992, S.71ff.; Wolf, S. (Hg.): Pollution Law Handbook, New York 1988, S.47ff.
10 vgl. Wald, M.W.L., a.a.O., S.3
11 vgl. Automotive News, America at the Wheel, 21. September 1993, S.212ff.
12 vgl. Oil and Gas "X"-Journal, 90, September 1992, S.28
13 Finch, Ch., Highways to Heaven, The Autobiography of America, New York 1992, S.311
14 Automotive News, America at the Wheel, 21. September 1993, S.212ff.
15 zit. nach Halberstam, D., a.a.O., S.518
16 zit. nach Jamison, A., a.a.O., S.31
17 White, L.J., a.a.O., S.403
18 Bentele, M., Engine Revolutions, Warrendale 1991, S.216
19 Jamison, A., a.a.O., S.84ff.; 129ff.
20 Vorwig, W.R., Die Deutsche Automobilindustrie und ihre Verbände, Frankfurt 1970, S.16
21 Eglau, H.O., Edzard Reuter, Düsseldorf 1992, S.125f
22 Interviewaussage
23 Interviewaussage
24 Krauss-Weysser, F., Die großen Krisen der Auto-Krisen, 2. Folge: NSU - Zum Überleben im VW-Konzern, in: Auto-Motor und Sport, 6/1980, S.197
25 zit. nach Barthel, M./G. Lingnau, Daimler Benz: Die Technik, Mainz 1986, S.305
26 ebenda, S.305
27 Interviewaussage
28 Interviewaussage
29 Interviewaussage
30 Förster, H.J., Die Zukunft des Automobils (1971), in: Förster, H.J., Technik für den Menschen. Aus den Erfahrungen eines Ingenieurs, o.O., o.J., S.18; vgl. auch Förster, H.J./K. Pattas, Fahrzeugantriebe der Zukunft, Teil 1, in: Automobilindustrie, 17, 3/1972, S.37-56; Teil 2, in Automobilindustrie, 18, 1/1973, S.27-48

31 Interviewaussage
32 zit. nach BMFT (Hg.): Auf dem Weg zum Auto von Morgen, Köln 1973, S.10
33 Interviewaussage
34 Interviewaussagen
35 Interviewaussage
36 Chronik der Entwicklung des Kreiskolbenmotors in Neckarsulm, hg. von der Audi NSU Auto Union AG, Neckarsulm 1979 (unveröff.), S.62; Audi NSU Auto Union AG, Der Wankelmotor heute, Neckarsulm/Ingolstadt 1977, S.2 und 17
37 vgl. Faith, N., Wankel. The Curious Story behind the Revolutionary Rotary Engine, New York 175, S.172ff.
38 Motor-Trend, 24, 12/1972, S.62ff.
39 Nelson, H., Another Emission Approach, in: Automotive Industries, 15. Juni 1970, S.109-115
40 Yamamoto, K./T. Muroki/T. Kobayakawa, Combustion Characteristics on Rotary Engine, SAE-Papers 720357, 1972, S.8
41 New York Times, 2. Juni 1970, S.1
42 Lotz, K., Lebenserfahrungen, Düsseldorf 1978, S.72
43 Ziegler, J., Betriebswirtschaftliche Aspekte der Entstehung und der Entwicklung der Audi NSU Auto Union AG, Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Diplombetriebswirtes (FH) im Fachbereich Fertigungsbetriebswirtschaft der Fachhochschule Heilbronn, Heilbronn 1983, S.83
44 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.205
45 Interviewaussage
46 Interviewaussage
47 Ziegler, J., a.a.O., S.107
48 Ziegler, J., a.a.O., S.111
49 Lotz, K., a.a.O., S.106
50 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.200
51 vgl. Lotz, K., a.a.O., S.102
52 Interviewaussage
53 Interviewaussage
54 Schneider, P., NSU 1873-1984. Vom Hochrad zum Automobil, Stuttgart 1985, S.242
55 Interviewaussage
56 nach Ziegler, J., a.a.O., S.141
57 vgl. Audi NSU Auto Union AG, Mitteilungen für Audi-NSU-Genuß-Schein-Inhaber, Nr. 1-24, Neckarsulm 1972-1983, Nr. 1, S.1
58 Ziegler, J., a.a.O.,S.129
59 zit. nach Ziegler, J., a.a.O., S.142
60 Ziegler, J., a.a.O., S.275
61 Ziegler, J., a.a.O., S.203
62 vgl. Ziegler, J., a.a.O., S.83
63 vgl. Audi NSU Auto Union AG, Der Wankelmotor heute, a.a.O., S.37ff.
64 Wankel, F., Alte Lügen gegen neue Motoren (1975), in: Die Trochoide, Mitteilungen des Ro80-Club Deutschlands e.V., Heft 4/5, 1981, S. 8
65 vgl. Chronik, a.a.O., S.89ff.

66 Interviewaussage
67 Interviewaussage
68 Interviewaussage
69 Buschmann, A., Einleitung zu: Das Auto - mein Leben, von August Horch bis heute, Stuttgart 1982, S.287
70 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.211
71 Interviewaussage
72 Korp, D., NSU Ro80, Die Geschichte des Wankelmotors, Stuttgart 1993, S.128ff.
73 vgl. Hofbauer, P./B. Wiedemann, Advanced Automotive Power Systems, SAE-Papers 760591, 1976
74 Interviewaussage
75 Chronik, a.a.O., S.87
76 Chronik, a.a.O., S.78ff.
77 Interviewaussage
78 zit. nach Chronik, a.a.O., S.68
79 vgl. Der Spiegel, 23/1971, S.33; 38/1971, S.30ff.
80 Krauss-Weysser, F., a.a.O., S.198; sowie Doleschal, R., Geschichtliche Entwicklung des Volkswagen-Konzerns, in: Doleschal, R./R. Dombois (Hg.): Wohin läuft VW? Die Automobilproduktion in der Wirtschaftskrise, Reinbek 1982, S.52f
81 Korp, D., a.a.O. (1993), S. 128ff.
82 Der Spiegel, 48/1971, S.92
83 Interviewaussage; vgl. Seidler, E., Volkswagen, in: Motor-Trend, 24, 2/1972, S.86-91
84 vgl. MacDonald, D., Detroit 1985, New York 1980, S.67
85 General Motors: Progress of Power, Warren 1969
86 zit. nach Halberstam, D., a.a.O., S.13
87 vgl. Grad, F. u.a., The Automobile and the Regulation of its Impact on the Environment, Oklahoma 1975, S.328ff.
88 Crandall, R./H. Gruenspecht/Th. Keeler/C. Canve, Regulating the Automobile, Brookings-Institution Washington 1986, S.115
89 Rosenbaum, W., Environmental Politics and Policy, Washington 1991, S.180
90 zit. nach Automotive News, 2. Oktober 1972, S.34
91 zit. nach Bryner, G.C., Blue Skies, Green Politics. The Clean Air Act of 1990, Washington 1993, S.82
92 ebenda, S.135
93 White, L.J., a.a.O., S.404
94 zit. nach General Motor: Progress in Areas of Public Concern, Milford 1971, S.13
95 Faith, N., a.a.O., S.198
96 Faith, N., a.a.O., S.165
97 Wyss, W., The Engine Detroit could't ignore, in: Motor-Trend, 24, 11/1972, S.137
98 Automotive News, America at the Wheel, 21. September 1992, S.211ff.
99 New York Times, 6. November 1992, S.DI
100 GM Chefentwickler Jordan, zit. nach New York Times, 24. Oktober 1992, S.L36
101 Halberstam, D., a.a.O., S.538
102 zit. nach New York Times, 26. Oktober 1992, S.D5
103 Delorean, J./P. Wright, a.a.O., S.212

104 vgl. auch Hård, M., Black-boxing as a Stabilization Measure, in: Hård, M. (Hg.): Automobile Engineering in a Dead End, Gothenburg University 1992, S.25-44
105 Sloan, A.P., My Years with General Motors, New York 1963, S.89, 71-94
106 Hård, M., Technology in Flux, Local Practices and Global Patterns in the Development of the Diesel Engine, WZB discussion paper FS II, 1992-103, Berlin 1992; sowie Lesley, S.W., Boss Kettering, New York 1983
107 De Lorean, J./P. Wright, a.a.O., S.215
108 Tatsächlich zahlte der Konzern insgesamt 35 Millionen Dollar: Faith, N., a.a.O., S.175
109 Faith, N., a.a.O., S.178
110 Ward's Wankel Report (WWR), 6. Oktober 1972
111 WWR, 5. Juli 1972, S.3
112 Automotive News, 18. September 1972, S.50
113 Wall Street Journal, 12. November 1970
114 Interviewaussage
115 Faith, N., a.a.O., S.181
116 Automotive News, 4. September 1972, S.2
117 Sharp & Co, Wankel, The Next Ten Years, Birmingham 1973, S.33
118 Faith, N., a.a.O., S.217 u. 219
119 Automotive News, 30. Oktober 1972, S.2, 14. August 1973, S.2
120 WWR, 7. September 1973, S.1
121 zit. nach Faith, N., a.a.O., S.230
122 WWR, 3. November 1973, S.8
123 Automotive News, 7. August 1972, S.7
124 Faith, N., a.a.O., S.211
125 Automotive News, 27. März 1972, S.34, 3. April 1972, S.1f
126 zit. nach Grad, F. u.a., S.351
127 Automotive News, 1. Mai 1972, S.26
128 WWR, 9. März 1973, S.1
129 WWR, 9. Februar 1973, S.1
130 WWR, 15. Juni 1973, S.1
131 Grad, F. u.a., a.a.O., S.359
132 Zinner, K., Über die attraktiven Forschungsprobleme des Verbrennungsmotors, in: Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 33, 1972, S.96-99
133 Grad, F. u.a., a.a.O., S.356
134 Interviewaussage
135 Chronik, a.a.O., S.65
136 zit. nach WWR, 18. Mai 1973, S.2
137 vgl. Shimokawa, K., Honda's Entry into the Worldwide Automobile Industry, in: Ginsburg, D.H./W.J. Abernathy, a.a.O., S.305-316; Grad, F., a.a.O., S.298ff.; Maruo, K., The Three-way Catalyst: How the Three-Way Catalyst Became the Ruling Technical Solution to the Automobile Emission Problem, in: Hård, M. (Hg.): a.a.O. (1992), S.45-62
138 Flink, J.J., a.a.O., S.387
139 Quellen: National Research Council (NRC), a.a.O., S.73ff.; White, L.J., a.a.O., S.404; Crandall, R., a.a.O., S.85ff.;Grad, F., a.a.O., S.338ff.; The California Air

Resources Board (CARB), Mobile source emission standards summars, Sacramento 1992, S.1; Environmental Protection Agency (EPA), Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol.II, Mobile Sources, 4. Edition, Ann Arbor, September 1985, Appendix A, S.A2; Bryner, G.C., a.a.O., S.133

140 Interviewaussagen

141 White, L.J., a.a.O., S.406

142 De Lorean, J./P. Wright, a.a.O., S.210

143 WWR, 28. Dezember 1973, S.1

144 Faith, N., a.a.O., S.220

145 WWR, 4. Oktober 1974, S.1

146 Halberstam, D., a.a.O., S.9ff.

147 vgl. Finch, Ch., a.a.O., S.291ff.

148 vgl. John, R.R./P.S. Coonley/R.C. Ricci/B. Rubinger, Mandated Fuel Economy Standards as a Strategy for improving Motor Vehicle Fuel Economy, in: Ginsburg, D.H./W.J. Abernathy, a.a.O., S.118-143

149 WWR, 5. April 1974, S.1

150 vgl. die Testergebnisse in Kapitel 2.1, Der Ritt auf dem Tiger, S.128

151 Automotive News, a.a.O., 21. September 1993, S.212

152 Faith, N., a.a.O., S.230

153 WWR, 1. November 1974, S.1

154 WWR, 21. Februar 1975, S.1

155 vgl. Nahum, A., Still Going Round in Circles, in: Fast Lane, 1/1986, S.22-24

156 zit. nach Mandel, L., Future movers and shakers look ahead, in: CAR and Driver Yearbook 1970, New York 1970, S.7-11

157 Yamamato, K., Rotary Engine, Tokio 1981, S.3

158 Müller, J., Die Freuden des Konstrukteurs, Prien 1991 (Eigenverlag), S.86

159 Springer, W., Die Entwicklung des Pkw-Wankelmotors im Hause Daimler-Benz von 1960-1975, in: Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Kap. 2, S.45 (unveröffentlicht)

160 Interviewaussage

161 Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Schriftwechsel intern, August 1972 bis Januar 1973

162 ebenda

163 ebenda

164 ebenda, Januar 1972 bis Juli 1973

165 Interviewaussagen

166 vgl. Finch, Ch., a.a.O., S.312ff.

167 Interviewaussage

168 Audi NSU Auto Union AG, Mitteilungen für Audi NSU-Genuß-Schein-Inhaber, Nr. 7, April 1975, S.2

169 Technische Sitzung Nr. 62, in: Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Schriftwechsel intern, August 1972 bis Januar 1973

170 Interviewaussage

171 Interviewaussage

172 Interviewaussagen

173 Hofbauer, P./B. Wiedemann, in: BMFT (Hg.): Auf dem Weg zum Au
Morgen, Köln 1973, S.137ff.; Interviewaussagen

174 Interviewaussagen

175 Interviewaussagen

Kapitel 2.3

1 vgl. Ziegler, J., Betriebswirtschaftliche Aspekte der Entstehung und der Entwicklung der Audi NSU Auto Union AG, Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Diplombetriebswirtes (FH) im Fachbereich Fertigungsbetriebswirtschaft der Fachhochschule Heilbronn, Heilbronn 1983, S.156
2 Chronik der Entwicklung des Kreiskolbenmotors in Neckarsulm, hg. von der Audi NSU Auto Union AG, Neckarsulm 1979 (unveröff.), S.72
3 Korp, D., NSU Ro80, Die Geschichte des Wankelmotors, Stuttgart 1993, S.158ff.
4 Krauss-Weysser, F., Die großen Krisen der Auto-Krisen, 2. Folge: NSU - Zum Überleben im VW-Konzern, in: Auto-Motor und Sport, 6/1990, S.204
5 vgl. Der Spiegel, 41/1974, S.99f
6 Interviewaussage
7 vgl. Der Spiegel, 11/1975, S.68f
8 Ziegler, J., a.a.O., S.164, 241, 258
9 Interviewaussage
10 Der Spiegel, 5/1977, S.137
11 Interviewaussage
12 Interviewaussage
13 Interviewaussage
14 Interviewaussage
15 Korp, D., Das Protokoll einer Erfindung, Stuttgart 1975, S.220
16 Interviewaussage
17 Korp, D., a.a.O. (1993), S.177ff.
18 Chronik, a.a.O., S.112
19 Ziegler, J., a.a.O., S.89
20 zit. nach Korp, D., a.a.O. (1993), S.185, S.10
21 Audi NSU Auto Union AG, Mitteilungen für Audi NSU-Genuß-Schein-Inhaber Nr. 14, Dezember 1978, S.1
22 Korp, D., a.a.O. (1993), S.186ff.; Interviewaussage
23 Automotive News, 7. September 1992, S.44
24 Interviewaussage
25 Pischinger, F., Beurteilung des Kreiskolbenmotors der Audi NSU AG, Gutachten (unveröffentlicht) Juni 1977, S.1-2, 6, 15, 25
26 May, H., Gutachten über den gegenwärtigen Entwicklungsstand und die zukünftige Entwicklungsfähigkeit des Kreiskolbenmotors im Vergleich zum Hubkolbenmotor unter besonderer Berücksichtigung des neu entwickelten KKM 871 der Audi NSU Auto Union, Gutachten (unveröffentlicht) Juni 1977, S.3
27 Chronik, a.a.O., S.117
28 Pischinger, F., Forschung am Verbrennungsmotor - Basis einer weltbewegenden Technik, in: Gerwin, R. (Hg.): Wie die Zukunft Wurzeln schlug. Aus der Forschung der Bundesrepublik, Berlin 1989, S.295
29 Pischinger, F., a.a.O. (1977), S.29
30 May, H., a.a.O., S.5
31 Interviewaussage, vgl. auch Pischinger, F., a.a.O. (1989), S.288-295
32 Schmücker, T., zit. nach Korp, D.,a.a.O. (1993), S.92

33 Interviewaussage
34 vgl. Basshuysen, R.v./D. Stock/R. Bauder, Audi Turbodiesel mit Direkteinspritzung, Teil 1, in: Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 50, 1989, S.89, S.458-464; Teil 2, S.566-572; Teil 3, MTZ, 51, 1990, S.4-13
35 Interviewaussagen
36 Interviewaussage
37 Interviewaussage
38 Basshuysen, R.v. u.a., Der neue Audi V8-Saugmotor mit 32 Ventilen und 3,6 l Hubraum, Teil 1, in: MTZ, 50/1989, S.23-31
39 Interviewaussagen
40 Interviewaussagen
41 vgl. Ogger, G., Nieten in Nadelstreifen, München 1992, S.249
42 vgl. Blüthmann, H., López und sein Traum, Die Zeit, 18. Juni 1993, S.24; Interviewaussage
43 vgl. Der Spiegel, 6/1994, S.86f
44 vgl. Canzler, W./A. Knie, Das Ende des Automobils. Fakten und Trends zum Umbau der Autogesellschaft, Karlsruhe 1994, S.56ff.
45 Walzer, P., Die Fahrzeug-Gasturbine, Düsseldorf 1991, S.107
46 Interviewaussage
47 Springer, W., Die Entwicklung des Pkw-Wankelmotors im Hause Daimler-Benz von 1960-1975, in: Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Kap. 2, S.50 (unveröffentlicht)
48 Mercedes Benz-Archiv (Technisches Archiv), Vereinbarung Zusammenarbeit TES/DB
49 Interviewaussage
50 Korp, D., a.a.O. (1993), S.186ff.
51 Audi NSU Auto Union AG, Mitteilungen für Audi NSU Genuß-Schein-Inhaber, Nr. 19, Dezember 1981
52 vgl. Kemmer, H.G., Geschönte Rechnung, in: Die Zeit, 10. Dezember 1993, S.26
53 Automotive News, 3. September 1999, S.14
54 vgl. Heinrich, H., 12. VDI-VW-Gemeinschaftstagung Aspekte alternativer Energieträger für Fahrzeugantriebe, in: Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ), 95, 1993, S.182
55 Bentele, M., Engine Revolutions, Warrendale 1991, S.218

Kapitel 3

1 Fersen, O.v., Zwölfzylindermotor geordnet in drei Reihen, in: VDI-Nachrichten, 26. November 1993, S.25
2 Interviewaussagen
3 vgl. für Deutschland: Klenke, D., Bundesdeutsche Verkehrspolitik und Motorisierung, Stuttgart 1993; für die USA: Nadis, St./J.J. Mackenzie, Car Trouble, Boston 1993
4 Auto-Motor und Sport, 22/1993, S.150ff., Frankfurter Rundschau, 15. Januar 1994, S.13M
5 Auto-Motor und Sport, 23/1993, S.137; weitere Kooperationsprojekte deutscher Hersteller: BMW liefert Opel Dieselaggregate; VW liefert VR6-Motoren an Mercedes Benz zum Einbau in den neuen Van; Mercedes Benz liefert die Bodenplatte für den neuen Transporter von VW; VW, Mercedes Benz und Zahnradfabrik Friedrichshafen gründen gemeinsam die Lenkungsunion GmbH; Mercedes Benz und VW gründen gemeinsam die Firma Intro-Innovationsgesellschaft zur Entsorgung von Kunststoffen und zur Aluminiumforschung; VW liefert Gelenkwellen für den Porsche 968; Mercedes liefert Automatikgetriebe für den Porsche 928; Porsche produziert im Lohnauftrag den Mercedes E500 und den Audi RS2
6 vgl. Deiss, M./V. Döhl (Hg.): Vernetzte Produktion, Frankfurt 1992
7 zitiert nach: Der Spiegel, 12/1969, S.82
8 Interviewaussagen
9 vgl.: Canzler, W./A. Knie, Das Ende des Automobils. Fakten und Trends zum Umbau der Autogesellschaft, Karlsruhe 1994, S.56ff.
10 vgl. California Air Resources Board (CARB), Proposed Regulation for Low-Emission Vehicles and Clean Fuels, Sacramento 1990
11 VDI-Nachrichten, 24. Oktober 1993, S.11
12 Berg, W., Die neue Abgas-Gesetzgebung der USA, in: VDI-Forschungsberichte, Reihe 12, Nr. 150, Düsseldorf 1991, S.173
13 Ward's Communications, Electric Vehicle: Deadline 1998, Detroit 1993, S.39
14 Scott, J.A. (Hg.): Electric Vehicle Manufacturing in Southern California, Lewis Center for Regional Policy Studies, working-paper No 5, 1993, S.74ff.
15 Automotive News, 2. November 1992, S.3/15
16 Ward's Communications, a.a.O., S.124; Scott, J.A., a.a.O., S.63ff.
17 CARB, Technical Support Document Zero-Emission Vehicle Update, April 1994
18 vgl. Perrin, N., Solo. Life with an Electric Car, New York 1992, S.169
19 vgl. White, J.B., GM's Proposal for Electric Car is Reconsidered, in: Wall Street Journal, 7. Dezember 1992, S.A4; White, J., GM Shelves Program to Make its Own Electric Car and Joins Ford, Chrysler, Wall Street Journal, 14. Dezember 1992, S.A3
20 Gamst, F.C., The Renaissance of Rail Passengers Travel in Southern California and its Socioeconomic and Enviromental Consequences, Manuskript, WZB, Oktober 1993, S.2
21 vgl. Gates, M., Electric Dilemma, in: Automotive News, 7. Juni 1993, S.1/24; Ward's Communications, a.a.O., S.33
22 Die Zeit, 3. September 1993, S.25

23 Automotive News, 11. Oktober 1993, S.8
24 Auto-Motor und Sport, 1/1994, S.21
25 Automotive News, 22. November 1993, S.8
26 Fairbanks, Maslin, Maulin & Associates, "California Voter Survey", San Francisco, Mai 1994, S.1
27 Barske, H., Auto, Verkehr und Umwelt: Wege aus der Sackgasse in eine nachhaltige Zukunft, Gedanken und Erfahrungen eines Automobilforschers, Manuskript, Gräfelfing 1993, S.79f
28 Wie sehr aber auch diese Mehrkosten für Elektromobile politische Preise sind, zeigt sich daran, daß der französische PSA-Konzern in den nächsten Jahren in Kalifornien elektrifizierte Peugeots und Citroëns zum gleichen Preis wie konventionelle Fahrzeuge anbieten will. Vgl. Automotive News, 14. März 1994, S.1
29 Gates, M., Makers seek EPA help to block California Rules, in: Automotive Industries, 170/1990, S.10ff.
30 Kobe, G., Electric Car Update, in: Automotive Industries, 172, 2/1992, S.76; Ward's Communications, a.a.O., S.21
31 vgl. Automotive News, 4. April 1994, S.45
32 Bedard, P., What's the Deal on Electric Cars, in: Car and Driver, 5/1992, S.133ff.
33 Automotive News, 1. März 1993, S.19i; Interviewaussage; CARB, Technical Support Document Zero-Emission Vehicle Update, April 1994, S.44; der Energiemix für Kalifornien wird zur Zeit folgendermaßen angegeben: Erdgas 33%, Wasserkraft 20%, Kohle 16%, Kernenergie 15%, Wind- und Sonnenkraft sowie Erdwärme 12%, Biomasse 2%
34 Automotive News, 11. April 1994, S.10
35 Automotive News, 18. Oktober 1993, S.45
36 Ward's Communications, a.a.O., S.5; Diehm, W.R., California Dreaming?, in: Automotive News, 7. Juni 1993, S.1iiff.; in: Automotive News, 8. März 1993, S.41
37 Auf der Sitzung des Boards am 12. Mai 1994 wurde die strenge ZEV-Regelung erneut bestätigt und keine Verschiebung oder Aufweichung beschlossen, vgl. Frankfurter Rundschau, 16. Mai 1994, S.13
38 Automotive News, 11. Oktober 1993, S.8
39 Automotive News, 13. September 1993, S.14i
40 Automotive News, 29. November 1993, S.12
41 Interviewaussage
42 Dies sollte auch das World Resource Institute stärker beachten: vgl. MacKenzie, J.J., The Keys to the Car: Electric and Hydrogen Vehicles for the 21th Century, New York 1994
43 Interviewaussage
44 vgl. Stutzenberger, H. u.a., Eignung des Kreiskolbenmotors für den Betrieb von Wasserstoff, in: Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 44, 1983, S.499-504
45 Norbye, J.P., Auto made in Japan, Gerlingen 1991, S.272ff.
46 vgl. Automotive News, 22. Februar 1993, S.32, sowie 14. Juni 1993, S.57
47 vg. auch Appel, H./W. Granzeier, Automobilkonzepte für den Individualverkehr von morgen, in: Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ), 95, 1993, S.13
48 Adler, J.H., Clean Fuels, Dirty Air: How a (Bad) Bill Became Law, in: The Public Interest, 108, Sommer 1992, S.130

49 Nadis, St./J.J. MacKenzie, a.a.O., S.147
50 Barske, H., zit. in: Spektrum, 4/1993, S.102
51 Freyer, H., Über das Dominantwerden technischer Kategorien in der Lebenswelt der industriellen Gesellschaft (1960), in: Freyer, H., Herrschaft, Planung und Technik, hg. von Üner, E., Weinheim 1987, S.124
52 Wissmann, M., Nicht in eine autofeindliche Gesellschaft abrutschen, in: Auto-Motor und Sport, 5/1994, S.172
53 Schapf, F.W., Die Handlungsfähigkeiten des Staates am Ende des 20. Jahrhundert, in: Kohler-Koch, B. (Hg.): Staat und Demokratie in Europa, 18. Wissenschaftlicher Kongreß der deutschen Vereinigung für politische Wissenschaft, Opladen 1992, S.108
54 vgl. Petersen, R., Autoabgase als Gegenstand staatlicher Regulierung, in: Zeitschrift für Umweltpolitik, 16, 1993, S.404
55 Wallentowitz, H., 4. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, in: ATZ, 96, 1994, S.107
56 vgl. Appel, H., Stadtfahrzeug-Konzepte, in: VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik (Hg.): Neue Konzepte für den fließenden und ruhenden Verkehr, VDI-Berichte Nr. 817, Düsseldorf 1990, S.339-374

Kapitel 4

1 Staudenmaier, S.J., Technologies Storytellers. Reviewing the Human Fabric, Cambridge 1985

2 vgl. Tschiedel, R. (Hg.): Die technische Konstruktion der gesellschaftlichen Wirklichkeit, München 1990; Dierkes, M./U. Hoffmann (Hg.): New Technology at the Outset, Frankfurt/Boulder 1992; vgl. Rammert, W./G. Bechmann (Hg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 7: Konstruktion und Evolution von Technik, Frankfurt 1994; Braun, H.J., Technikgenese. Entstehungszwänge und Handlungspielräume in der Technikentwicklung, in: Technikgeschichte, 60, 1993, S.181-185; Dierkes, M., Technisierung und ihre Folgen. Zur Biographie eines Forschungsfeldes, Berlin 1993; Bijker, W.E./J. Law (Hg.): Schaping Technology/Building Society, Cambridge 1992; Albach, H. (Hg.): Culture and Technical Innovation, Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Research Report 9, Berlin 1994

3 Das Projekt wird mit Mitteln des BMFT gefördert und am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) sowie am Institut für Soziologie der TU Berlin bearbeitet. Die Projektleitung liegt bei Meinolf Dierkes, neben dem Autor sind weiterhin beteiligt: Regina Buhr, Weert Canzler, Mikael Hård, Jeanette Hofmann und Lutz Marz; Projektsekretariat: Ingrid Schwarzkopf

4 vgl. König, W., Technik, Macht und Markt, in: Technikgeschichte, 60, 1993, S.243-266; Hellige, H.D., Von der programmatischen zur empirischen Technikgenese-Forschung, in: Technikgeschichte, 60, 1993, S.186-223

5 Halberstam, D., The Reckoning, New York 1987 (1986); Kidder, T., The Soul of a new Machine, New York, 1981

6 vgl. Albach, H./D. dePay/H. Okamuro, Der Einfluß kultureller Faktoren auf den Innovationsprozeß, Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Manuskript, Berlin 1989

7 Korp, D., Protokoll einer Erfindung, Stuttgart 1975; ders., Ro80, Die Geschichte des Wankelmotors, Stuttgart 1993; Faith, N., Wankel. The Curious Story behind the Revolutionary Rotary Engine, New York 1975; Bentele, M., Engine Revolutions, Warrendale 1991

8 vgl. Dierkes, M./A. Knie, Geräte und ihr Sinn. Technikgenese im institutionellen Geflecht mächtiger Verständigungen, in: Zapf, W./M. Dierkes (Hg.): Institutionenvergleich und Institutionendynamik, WZB Jahrbuch 1994, Berlin 1994, S.83-105; vgl. auch Prätorius, G., Das Prometheus-Projekt, Technikentstehung als sozialer Prozeß, Wiesbaden 1993

9 vgl. Knie, A./M. Hård, Die Dinge gegen den Strich bürsten. De-Konstruktionsübungen am Automobil, in: Technikgeschichte, 60, 1993, S.224-242

10 Sachs, W., Die Liebe zum Automobil. Ein Rückblick in die Geschichte unserer Wünsche, Reinbek 1974

11 Asdonk, J./U. Bredeweg/U. Kowol, Innovation als rekursiver Prozeß, in: Zeitschrift für Soziologie, 20, 1991, S.290-304

12 Interviewaussage

13 Interviewaussage

14 vgl. Meyer-Kramer, F., Innovationsökonomie und Technologiepolitik, Heidelberg 1993; Freeman, Ch. (Hg.): Design, Innovation, and Long Cicles, in: Economic Development, London 1986

15 vgl. Mayntz, R., Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 45, 1993, S.27-108; sowie Joerges, B., Große technische Systeme. Zum Problem technischer Größenordnung und Maßstäblichkeit, WZB discussion paper FS II 93-507, Berlin 1993

16 vgl. Deiß, M./V. Döhl (Hg.): Vernetzte Produktion, Frankfurt 1992; Schumann, M. et al., Trendreport Rationalisierung, Berlin 1994

17 Interviewaussage

18 Knie, A./S. Helmers, Organisationen und Institutionen in der Technikentwicklung, in: Soziale Welt, 42, 1991, S.427-444

19 vgl. Buhr, R., Neue Männer braucht das Land!? Ein Beitrag zur Erklärung betrieblicher Innovationen in fest formierten Branchen am Beispiel der Olympia Büromaschinenwerke aus der Perspektive der Technikgeneseforschung, WZB discussion paper FSII 93-109, Berlin 1993

20 Gehlen, A., Anthropologische und sozialpsychologische Untersuchungen. Reinbek 1986 (1958)

21 Berger, R., Politik und Technik. Der Beitrag der Gesellschaftstheorien zur Technikbewertung, Opladen 1991, S.23; vgl. auch Schülein, J.A., Theorie der Institutionen. Eine dogmengeschichtliche und konzeptionelle Analyse, Wiesbaden 1987; sowie Lepsius, R.M., Interessen, Ideen und Institutionen, Opladen 1990

22 Engelhardt, H.T./A.L. Caplan (Hg.), Case Studies in the Resolution and Closure of Disbutes in Sciences and Technology, Cambridge 1987; Hård, M., Machines are Frozen Spirit. The Scientification of Refrigeration and Brewing, Frankfurt/M. 1993

23 Antal, A., Corporate Social Performance: Rediscovering Actors in their Organizational Context, Frankfurt 1992

24 Ein Ausdruck, den Piëch selbst gebraucht: vgl. VDI-Nachrichten, 25. März 1994, S.S2

25 Stieler von Heydekampf, G., zit. nach Berthold, H., Die mobilen Manager. Glanz und Größe der deutschen Autoindustrie, München 1966, S.244

26 vgl. auch Kubicek, H./P. Seeger (Hg.): Perspektive Techniksteuerung, Berlin 1993; Grimmer, K./J. Häusler/S. Kuhlmann/G. Simonis (Hg.): Politische Techniksteuerung, Opladen 1992

Interviewpartner und Archive

Mit den folgenden Personen wurden mehrstündige qualitative Interviews geführt. Bei den mit einem Stern gekennzeichneten Befragten konnte dies nur fernmündlich geschehen. Die Funktions- und Firmenangaben beziehen sich auf Tätigkeiten, die die Befragten während des Untersuchungszeitraumes ausübten. Die Mitschriften der Interviews mit den genauen Zuordnungen von Aussagen und Personen liegen dem Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) vor.

Afflerbach, Heinrich; Stüve, Werner; Oerter, Siegfried; Müßener, Gerhard; Neumann, Michael - Ro80-Club Südwestfalen, 31.1.1994

Basshuysen, Richard v. - Audi NSU AG, Neckarsulm, Aggregate-Entwicklung, 24.5.1991

Bentele, Max - Curtiss-Wright, Projektleitung Wankel, 16.10.1992, 2.12.1992

Berthold, Otto - TU Berlin, Fachbereichsrat Maschinenbau, 17.9.1991

Bozung, Hanns-Günther - MAN, B&W Diesel, Augsburg, Entwicklung, 12.6.1991, 28.1.1992

Briam, Karl-Heinz - Volkswagen AG, Vorstand, 13.6.1991

Brunsbach, Bernd - RWTH Aachen, Elektrotechnik, 8.9.1991

Busch, Harald - BMW München, Forschung, 2.4.1993

Cole, David - University of Michigan, Ann Arbor, 30.11.1992*

Derndinger, Hans-Otto - Daimler-Benz AG, Entwicklung, 17.2.1992

Detzer, Kurt A. - MAN, München, Stabsabteilung Technik, 12.6.1991

Elsbett, Ludwig - Unternehmer und Konstrukteur, 2.4.1992

Emmenthal, Klaus-Dieter - Volkswagen AG, Forschung, 3.9.1991

Fiala, Ernst - Volkswagen AG, Vorstand, 23.9.1991

Förster, Hans Joachim - Daimler-Benz AG, Forschung, 17.6.1991, 2.8.1991

Habbel, Wolfgang R. - Audi AG, Vorstand, 19.7.1991, 5.9.1991

Hofbauer, Peter - Volkswagen AG, Aggregate-Entwicklung, 1.11.1991

Jungbluth, Georg - TH Karlsruhe, Verbrennungsmotoren, 11.6.1991

Junkers, Bernd - Hugo Junkers Werke GmbH, 12.3.1992*

Kirchberg, Peter - Automobil-Historiker, Berater der Auto-Union GmbH, 4.5.1994

Kögler, Udo-W. - Volkswagen AG, Technische Dienste, 5.8.1991

König, Wolfgang - TU Berlin, Technikgeschichte, 2.7.1991

Koonen, Bernhard - TÜV Rheinland, Projektbegleitung, 27.1.1992

Korp, Dieter - Fachjournalist, 23.5.1991

Kratochwill, Helmut - BMW Motoren Gesellschaft, Steyr, Geschäftsleitung, 23.3.1992

Lutz, Peter - Audi AG, NSU GmbH, 21.3.1991, 18.6.1991

Manteuffel, Peter v. - Audi NSU AG, Neckarsulm, Lizenzabteilung, Daimler-Benz, Stabsabteilung, 12.2.1992

Minx, Eckard - Daimler-Benz AG, Forschung, 29.5.1991

Mollenhauer, Klaus - TU Berlin, Verbrennungsmotoren, 17.7.1991

Moritz, Fozzy - TU München, 23.3.1992

Müller, Josef - Daimler-Benz AG, Pkw-Entwicklung, 4.9.1991

Oetting, Hermann - Volkswagen AG, Aggregate-Entwicklung, 5.8.1991

Paskind, Jack - California Air Resources Board, Sacramento, Forschung, 7.12.1992

Paulsen, Rainer - Ingenieurgesellschaft Automobil und Verkehr, Geschäftsleitung, 16.10.1991

Pischinger, Franz - RWTH Aachen, Thermodynamik, 8.9.1991

Quadflieg, Hansgert - TÜV Rheinland, Projektbegleitung, 27.1.1992

Reinhard, Dorothea - Audi AG, NSU GmbH, 21.3.1991

Roos, Daniel - MIT, 14.12.1992*

Schade, Diethelm - Daimler-Benz AG, Forschung, 29.5.1991

Sessa, Bill - California Air Resource Board, Sacramento, Sprecher, 7.12.1992

Simsa, Paul - Fachjournalist, 22.10.1991

Springer, Willy - Daimler-Benz AG, Entwicklung, 10.6.1992

Steger, Ulrich - Volkswagen AG, Vorstand, 20.8.1993

Steinwart, Johannes - Audi NSU AG, Neckarsulm, Aggregate-Entwicklung, 18.6.1991

Straßl, Hans - Audi AG, Ingolstadt, Entwicklung, 31.1.1991

Wilmers, Gottlieb - Audi AG, Neckarsulm, Aggregate-Entwicklung, 18.6.1991

Winsen, Friedrich v. - Daimler-Benz AG, Pkw-Entwicklung, 3.12.1991

Wittmann, Josef - MAN-Archiv, Augsburg, 19.7.1991

Archiv der NSU GmbH, Neckarsulm

Archiv Dieter Korp, Weil im Schönbuch

Deutsches Museum München, Sondersammlung

Historisches Archiv der MAN AG, Augsburg

Historisches Archiv der Firma Friedrich Krupp GmbH

Mercedes-Benz-Archiv (Technisches Archiv)

Max-Bentele-Collection in der "The National Automotive History Collection (NAHC) der Detroit Public Library

Personenregister

Agnew, J., 168
Baier, O., 101
Baker, K., 233
Barske, H., 67, 231
Basshuysen, R.v., 165, 208, 209, 215
Bauer, J., 85
Baumann, H.J., 134
Bensinger, W.D., 81, 92, 106, 122-127, 187-190
Bentele, M., 92, 111, 113, 114, 140, 244, 220, 244
Bercot, P., 142
Berge, E., 39
Berner, R.T., 114
Bierbaum, O.J., 35, 36
Brecht, B., 29
Bunford, M.A., 142, 143
Busch, F.B., 14, 15
Buschmann, H., S. 63
Bush, G., 11
Buz, H. v., 53, 116
Cole, D., 156, 169
Cole, E., 145, 156, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 182, 190
Curtiss, G., 111
De Lorean, J.Z., 172, 182
Derndinger, H.O., 189
Derr, K., 148
Diesel, E., 34
Diesel, R., 53, 54, 72, 115-118, 131, 135, 139, 187
Döblin, A., 83
Doren, M.v., 148
du Pont, P., 171
Duntov, Y.A., 155
Durant, W., 55
Duttenhofer, P., 38
Eisenhower, D.D., 57
Eppler, E., 200
Estes, P., 182, 185
Faith, N., 244
Feller, F., 140
Fiala, E., 197, 200-202, 207-209, 213
Filbinger, H., 200
Flick, F., 123, 158
Ford II, H., 10, 29, 149, 175, 178
Ford, H., 39, 54-56
Förster, H.J., 14, 24, 67, 152-154
Frankenberger, V., 95, 97, 99, 112, 159, 163
Freyer, H., 237
Froede, W., 78, 92, 95-98, 100, 107, 113, 119, 122, 128, 132, 163
Gardner, J., 22
Gehlen, A., 253
Gerken, G., 11
Gerstenberg, R.C., 168, 171, 174, 182
Goebbels, J., 86
Goeudevert, D., 11, 16
Gore, A., 11
Göring, H., 101
Griffin, R., 168
Gross, K., 11
Güldner, H., 45
Gutfreund, W., 143
Haagen-Smit, A.J., 146, 179
Hahn, C., 166, 211, 212, 215
Halberstam, D., 244
Hannaway, W., 111
Hartmann, A., 164
Haspel, W., 123
Heine, H., 43
Heinkel, E., 91
Heller, A., 46
Henn, G., 118, 141, 162, 165
Himmler, H., 101
Hitler, A., 85, 86
Hitzinger, W., 123, 124
Hoeppner, E., 99
Hofbauer, P., 197, 201, 202, 207-209, 215
Holste, W., 165
Hörning, R., 217
Horton, E.J., 175
Huber, E.W., 86, 108, 115, 117
Hurley, R.T., 111, 114, 115, 155
Hutzenlaub, E., 109, 112, 118, 122, 143, 162, 216
Iacocca, L., 29, 130, 149

Indra, F., 40
Jellinek, E., 35-39
Jensen, W., 130
Jerome, J., 21
Jungbluth, G., 163
Kalkert, W., 12
Kamm, W., 79
Kawamoto, N., 10,
Kennedy, J.F., 57
Keppler, W., 85, 86, 91, 94, 96, 101, 109
Kettering, C.F., 153, 171, 172
Kidder, T., 244
Kissel, W., 87, 89
Knudsen, W., 57
Koeßler, P., 65, 117
Könnecke, F., 123
Korp, D., 83, 101, 118, 244
Kraus, R., 159, 164, 166
L'Orange, P., 63
Lear, W.P., 150
Leiding, R., 166, 167, 186, 192, 197, 159, 200, 201, 215
Leitermann, W., 165
Liebernickel, B., 161
Linde, C.v., 116
Lindenmayr, H.J., 107, 111
Loderer, E., 200
López, I., 215
Lorenz, M.v., 38, 91
Lotz, K., 120, 141, 142, 151, 156-159, 161, 163-166, 202
Lundqvist, W.G., 107
Lutz, A., 48
Mangnusen, W., 149
Mansfield, J., 148
Manteuffel, P.v., 164
Matsuda, T., 130, 176
May, H., 204, 206, 207
Maybach, K., 43
Maybach, W., 35-39, 41, 43
McNamara, R., 57
Meurer, S., 82, 140
Meyan, P., 38
Meyer, E., 101
Milch, E., 90, 91
Monroe, M., 148
Müller, J., 61, 123, 127, 188
Murphy, T., 182
Muskie, E., 149, 179, 180, 185
Nader, R., 21, 145, 146, 232
Nallinger, F., 58, 106, 122-126, 128, 158, 188
Naughton, J., 186
Newcomb, T.P., 50
Newman, A., 107
Newton, I., 254
Nibel, H., 87
Nolden, H., 91, 92
Nordhoff, H., 23, 80, 120, 121, 123, 141, 143, 150, 151, 157, 200, 211
Obländer, K., 10, 108
Ostwald, W., 63
Paschke, H.D., 132
Perot, R., 170
Petris, N.C., 22
Piëch, F., 12, 166, 167, 201-204, 207-213, 215, 256
Pischetsrieder, B., 223
Pischinger, F., 204-207
Plaichinger, Leopold, 85, 86, 87, 88, 90
Plaichinger, Ludwig, 90, 91
Pomoroy, L., 59
Pope, Col. A.A., 34
Popp, F-J., 90, 91
Porsche, F., 85, 94, 166, 211
Quandt, H., 162
Rademacher, K., 13
Rathenau, W., 83
Reilly, M.J., 187
Reitzle, W., 15
Reuter, E., 151
Ricardo, H., 52, 58, 62, 67
Richter, H., 105, 134, 141, 158
Riedler, A., 47
Roder, A., 96, 97
Röhr, G., 89, 90
Roosevelt, T., 57
Rowland, R., 143
Ruckelshaus, W., 177-179
Ruge, A., 83
Rumpler, E., 45
Sailer, M., 90

Schacht, H., 101
Schapiro, J., 94
Scherenberg, H., 188, 189, 193
Schieber, W., 63
Schmidt, F., 117
Schmücker, T., 200, 201, 207, 211, 215
Schröter, M., 116, 117
Schuster, H., 230
Sharpless, J., 234
Shrimpton, J., 148
Simms, F., 35
Sloan, A., 56, 172
Smith, J., 12, 229
Smith, R., 229
Spurr, R.T., 50
Stauß, E.v., 89, 90
Stead, F., 22
Steinwart, J., 165
Stempel, R., 229
Stieler v. Heydekampf, G., 95, 96, 99, 101, 104, 105, 108, 110, 118, 119, 121, 131, 133, 134, 142, 143, 157, 159, 163, 166, 223, 257
Stock, D., 165
Talleyrand, A.A.P. Graf v., 38
Templin, R.J., 174, 175
Thomée, F., 200
Trotman, A., 230, 233
Twiggy, 148
Uhlenhaut, R., 123, 164
Vierhub, F., 105
Vieweg, W.R., 150
Vögler, A., 101
Volpe, J., 21
Voss, W., 101
Wagner, H., 123
Walzer, P., 216
Wankel, F., 24, 71, 82-94, 96-101, 106-109, 111-113, 115-118, 122, 128, 129, 135, 138, 139, 143, 216-218, 220, 221, 223
Werner, H., 230
Wilfert, K., 123
Wilmers, G., 165
Wilson, C., 57, 170
Wolf, E., 84
Wright, O., 111
Wright, W., 111
Yamamoto, K., 76, 131, 187
Zahn, J., 123, 150
Zwickel, K., 200