

Marek Fuchs
Christoph Oehler

ORGANISATION UND EFFIZIENZ VON FORSCHUNGSINSTITUTEN

Fallstudien zu technikwissenschaftlicher
Forschung an westdeutschen Hochschulen

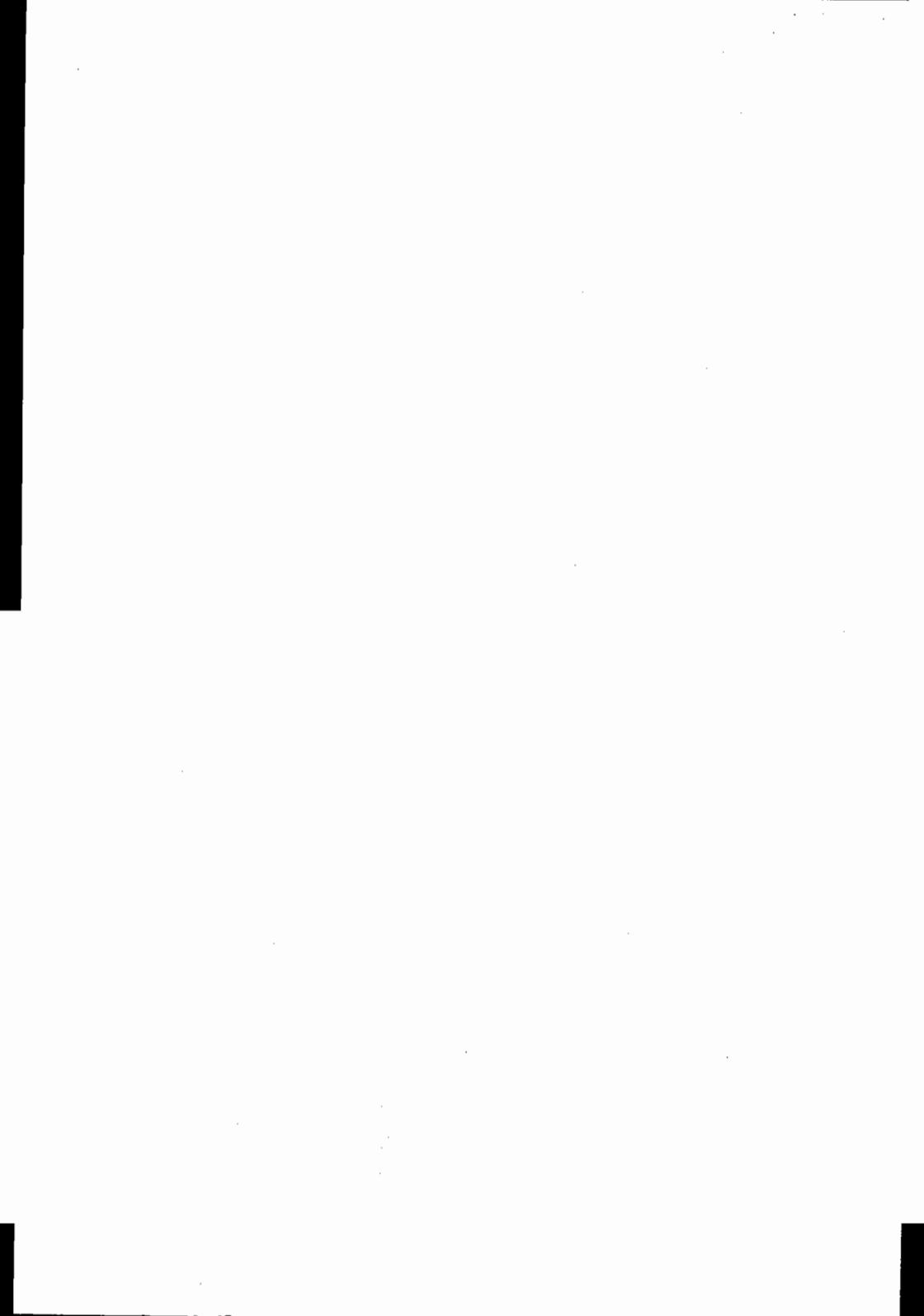
Werkstattberichte 44



Wissenschaft-
liches Zentrum
für Berufs- und
Hochschul-
forschung der Universität
Gesamthochschule Kassel



Reihe WERKSTATTBERICHTE



Marek Fuchs
Christoph Oehler

ORGANISATION UND EFFIZIENZ VON FORSCHUNGSINSTITUTEN

Fallstudien zu technikwissenschaftlicher
Forschung an westdeutschen Hochschulen

WERKSTATTBERICHTE - BAND 44

Wissenschaftliches Zentrum
für Berufs- und Hochschulforschung
der Universität Gesamthochschule Kassel

Kassel 1994

WERKSTATTBERICHTE

Herausgeber: Wissenschaftliches Zentrum für
Berufs- und Hochschulforschung
der Universität Gesamthochschule Kassel

Redaktion: Christiane Bradatsch

© Alle Rechte vorbehalten 1994
Wissenschaftliches Zentrum für
Berufs- und Hochschulforschung
der Universität Gesamthochschule Kassel
Henschelstraße 4, D-34109 Kassel

Druck: Druckwerkstatt Bräuning, Espenau

ISBN: 3-928172-67-0
Verlag Jenior & Preßler
Lasallestr. 15, D-3500 Kassel

Inhalt

1. Forschungsschwerpunkte und Forschungslinien in den Ingenieurwissenschaften	7
1.1 Zum hochschulpolitischen Hintergrund	7
1.2 Hochschule als Organisation	9
1.3 Zur Forschungslinie in unserem Zentrum	12
2. Anlage der Untersuchung	15
2.1 Die Operationalisierung	15
2.2 Die Auswahl der Untersuchungseinheiten	16
2.3 Das Erhebungsverfahren	21
2.4 Das Auswertungsverfahren	27
3. Die Organisation von Forschungseinrichtungen	31
3.1 Die Struktur von Forschungslinien	34
3.2 Randbedingungen der Forschungsorganisation	36
3.3 Typen der Institutsorganisation	52
3.4 Effizienz der Forschungsorganisation	60
Anhang	67
Falldarstellungen	67
A.1 Forschungseinrichtung A	69
A.2 Forschungseinrichtung B	76
A.3 Forschungseinrichtung C	86
A.4 Forschungseinrichtung D	94
A.5 Forschungseinrichtung E	100
A.6 Forschungseinrichtung F	105
A.7 Forschungseinrichtung G	112
A.8 Forschungseinrichtung H	120
A.9 Forschungseinrichtung I	125
A.10 Forschungseinrichtung J	131
A.11 Forschungseinrichtung K	137
A.12 Forschungseinrichtung L	144
A.13 Forschungseinrichtung M	149
A.14 Forschungseinrichtung N	156
A.15 Forschungseinrichtung O	161
A.16 Forschungseinrichtung P	168
A.17 Forschungseinrichtung Q	175
A.18 Forschungseinrichtung R	178
Literatur	183



Forschungsschwerpunkte und Forschungslinien in den Ingenieurwissenschaften

1.1 Zum hochschulpolitischen Hintergrund

Nach dem tradierten Selbstverständnis der westdeutschen Hochschulen bzw. der an ihnen etablierten Fachdisziplinen betreiben die Hochschulen Grundlagenforschung indem sie methodisch Erkenntniszuwachs zur fachlich-systematischen Rekonstruktion der Wirklichkeit auf der Basis prinzipiell unbegrenzter wissenschaftlicher Kommunikation anstreben, und zwar unabhängig von spezifischen Interessenlagen gesellschaftlicher Gruppen, Institutionen bzw. Unternehmen und der öffentlichen Hand. Dem entspricht auch die verfassungsmäßige Garantie der freien wissenschaftlichen Tätigkeit der Hochschullehrer an den Hochschulen und die Absicherung dieser Freiheit durch die Bereitstellung einer Mindestausstattung für die Forschung seitens des Staates als Träger der Hochschulen.

Dieses Prinzip der Forschungsautonomie ist während der Restitutionsphase des westdeutschen Hochschulwesens nach 1945 institutionell stärker abgesichert worden als zuvor, was z. T. als Reaktion auf die Phase der Gleichschaltung der Hochschulen in Forschung und Lehre in der vorausgehenden Zeit verstanden werden kann. Das geschah unter Berufung auf die Einheit von Forschung und Lehre und die spezifische Bedeutung einer freien Grundlagenforschung für die Gesellschaft und hatte den Nebeneffekt, daß der Ausbau der Lehrkapazitäten und die ihn absichernden Verwaltungseingriffe nicht auf eine entsprechende Reglementierung der Forschungsprozesse selber zurückschlagen konnte. Die Forschungsfreiheit fand auch in einer Stärkung der Hochschulselbstverwaltung und ihrer zentralen Repräsentation, der Westdeutschen Rektorenkonferenz, ebenso wie in der selbstverwalteten zentralen Forschungsförderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft ihren Ausdruck.

Im Zuge des Hochschulausbaus wurde die Position der Hochschulforschung noch gefestigt, denn die Erweiterung der Lehrkapazitäten zog zugleich den Aus-

bau der Forschungsinstitute nach sich. Weitgehend galt das Prinzip: "Jedem Professor sein Institut mit entsprechender Ausstattung". Insgesamt gesehen wurde bis in die späten sechziger Jahre hinein zugleich mit dem Ausbau der Studienplätze eine Ausstattung der einzelnen Forschungseinrichtungen in einem Umfang erzielt, wie er niemals zuvor an den deutschen Hochschulen erreicht worden war.

Forschungsautonomie der Hochschulen wurde begrifflich von den Hochschulen und auch der Öffentlichkeit immer wieder mit der Unterscheidung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung legitimiert. Dementsprechend sollte Grundlagenforschung in ihren wissenschaftsimmanenten Zielsetzungen und auch ihrer Durchführung streng getrennt sein von den Interessenlagen und Verwertungszusammenhängen, die angewandte Forschung steuern.

Die Unterscheidung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung besaß jedoch je nach Disziplin historisch einen sehr unterschiedlichen Stellenwert. Immer schon war der Fortschritt ingenieurwissenschaftlicher Forschung überwiegend mit Problemen der Steuerung und Entwicklung von Produktionsprozessen verbunden. Diese Praxis der Anwendung in einem weiten, problemoffenen Sinn führte auf neue Fragestellungen, die es ihrerseits dann notwendig machten, vorhandene Theoriebestände neu zu organisieren und umzustrukturieren. In diesem Rahmen hatte Empirie als Anwendungspraxis bzw. gesteuerte Erprobung ihren theorieerweiternden Stellenwert. Freiheit der Grundlagenforschung gegenüber staatlicher Einflußnahme und der Einwirkung einzelner gesellschaftlicher Gruppen wurde dabei von den Forschern keineswegs so verstanden, daß damit eine enge Verbindung zwischen Grundlagenforschung und ihrer Anwendung in Verwendungsbereichen ausgeschlossen oder in Frage gestellt worden wäre. Vielmehr beinhaltete gerade das neu gefestigte Selbstverständnis, daß die eigene Kooperation mit Verwendern in Wirtschaft, Staat und anderen Bereichen der Gesellschaft gegenüber der Kritik hochschulinterner und hochschulexterner Gruppen abgesichert wurde. Entsprechendes galt auch für die Wiederaufnahme längst bestehender Beziehungen zwischen Hochschulforschern und den Anwendungsfeldern in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Medizin, und z. T. auch in den angewandten Gesellschaftswissenschaften nach dem Zweiten Weltkrieg.

Wenn danach Theorieentwicklung und Anwendung bei einem Teil der Hochschuldisziplinen niemals getrennt waren und durch die Autonomie der Grundlagenforschung nicht inhibiert wurden, so scheint dieses Ineinandergreifen von Theorie und Praxis bei fortschreitender technischer Zivilisation tendenziell eine spezifische Form anzunehmen: Zunehmend haben sich die gesellschaftlichen Innovationsprozesse in den führenden Industrienationen in den letzten Jahrzehnten qualitativ so verändert, daß sie für einen Teil der Wissenschaftsdisziplinen nicht mehr nach dem tradierten Schema von voraufgehender Theorieentwicklung und

nachfolgender Umsetzung in die Lösung praktischer Probleme beschrieben werden können. Vielmehr sind einzelne Problemlösungen immer stärker in technologischen Systemlinien vernetzt, wie in der Steuerungs- und Informationstechnologie, die ihrerseits in zugleich immer komplexere Austauschprozesse zwischen sogenannten Anwendungsbereichen und sogenannten Grundlagendisziplinen einmünden.

Ein Grund für die Auslagerung auch der sogenannten Grundlagenforschung aus den Hochschulen ist die Schwerpunktbildung für hochspezialisierte Forschungsthemen. Zwar wurde und wird eingeräumt, daß die ungelenkte Grundlagenforschung angesichts der Breite des Fächerspektrums an den Universitäten und Technischen Hochschulen gerade eine gute Ausgangsbasis dafür bietet, innovativ komplexe Problemlösungen im Rückgriff auf Theoriebestände zu finden; die Disparitäten in der Konzentration von Förderungsmitteln auf bestimmte erfolgreiche Hochschullehrer und Forschungseinheiten haben jedoch die Spezialisierung vorangetrieben. Sie haben zugleich zu einer Verselbständigung und vielfach auch Durchorganisation der Forschungseinheiten geführt, was wiederum in der Personalstruktur eine Hierarchisierung und wachsende Arbeitsteilung erforderlich machte (vgl. Korte 1976). Damit wird es zu einer vordringlichen Aufgabe sowohl für die Hochschulforschung als auch für den Hochschulausbau, die organisatorischen Bedingungen für eine effiziente Schwerpunktbildung der Forschung einschließlich des optimalen Umfangs der personellen Ressourcen zu ermitteln, wie es in dem vorliegenden Projekt versucht wird.

1.2 Hochschule als Organisation

Unter den organisationssoziologischen Ansätzen zur Erklärung der Funktionsbedingungen von Institutionen, wie sie Hochschulen heute darstellen (vgl. zusammenfassend Nitsch 1983), werden hier solche nicht weiter verfolgt, die Organisationen aus ihren vorgegebenen Zwecksetzungen ableiten; denn die Offenheit und Flexibilität von Forschungsleistungen läßt sich nicht adäquat aus einem deduktiven Schema der Erfüllung von Teilfunktionen der Forschungsorganisation als solcher ableiten.

Hochschulen stellen allerdings insofern auch Organisationen dar, als es in ihnen Arbeitsteilung, Zuständigkeitsregelungen, Hierarchisierungen, Verfahrensregeln mit der Folge der Vorausschaubarkeit von Entscheidungen, sogar Amtsförmigkeit im Sinne Max Webers gibt (vgl. Weber 1919). Sie sind hierdurch aber nicht zutreffend bzw. erschöpfend beschrieben, weil die entscheidenden Organisationsleistungen, **Forschung und Lehre**, nicht dem Schema der Anwendung von Organisationsregeln nach feststehenden Merkmalen auf vorhandene Sachverhalte entsprechen, sondern von den Beteiligten jeweils teilautonom ge-

steuerte Prozesse sind, insoweit sie innovativ sind. Insofern sind Forschungs- und Lehrleistungen auch auf diskursive Kommunikation und Kooperation angewiesen, nicht voll vorhersehbar, prinzipiell revozierbar und unhierarchisch generiert.

Es sollen hier nicht diejenigen Forschungsansätze, die die besonderen Bedingungen und Restriktionen der Hochschule als ein an sich nicht neues Untersuchungsfeld in dem skizzierten Sinne thematisieren, referiert oder gar bewertet werden. Einige Hinweise sind aber zum Verständnis unseres eigenen Ansatzes unumgänglich: Organisationssoziologische Ansätze haben sich besonders mit der Formalisierung bzw. Institutionalisierung von Forschungsentscheidungen und Transferprozessen, auch unter dem Aspekt der Bürokratisierung, beschäftigt (vgl. Korte 1976). Dabei interessierten hier gerade die Wechselwirkungen zwischen innovativer und selbst organisierter Forschungsarbeit und den in sie eingehenden, flexiblen Kommunikationsformen und Entscheidungsstrukturen innerhalb der Selbstverwaltung wie auch die staatlichen Einflußnahmen.

Betriebswirtschaftliche Ansätze (vgl. Bolsenkötter 1986) befassen sich hauptsächlich mit Problemen der Optimierung des Einsatzes an Forschungsressourcen - einschließlich des Know-how - bezogen auf Forschungserträge; letzteres gemessen an marktbezogenen oder innerorganisatorischen Zielvorgaben von Wirtschaftseinheiten. Einen Schlüsselbegriff bildet hier die betriebliche Innovation, die ihrerseits von genuiner Forschung einerseits, von Produktion andererseits abzugrenzen ist.

Industriesoziologische Ansätze fragen häufig nach Veränderungen von Kapitalverwertungsprozessen infolge technologischer Innovationen und ihren Auswirkungen auf vergesellschaftete Arbeit sowie nach der spezifischen Rolle des Ingenieurs, der hier ja unterschiedliche Rahmenbedingungen bzw. Restriktionen von Innovationen in Produktions- und Dienstleistungseinheiten in eine technischen Sachgesetzlichkeiten gehorchende Lösung überführen muß.

Wissenssoziologische Ansätze verfolgen vor allem den historischen Prozeß der Entwicklung von Forschungsparadigmata bis zur Finalisierung (vgl. Böhme/van den Daele/Krohn 1972 und 1973), d.h. selbstgesteuerten Instrumentalisierung für den Transfer ihrer Resultate in Verwendungszusammenhänge. Sie interessiert, wie weit Paradigmenwandel in den einzelnen Disziplinen an diesem Prozeß der Finalisierung beteiligt ist.

Hochschulgeschichtliche Ansätze (vgl. Krauch 1970; Bahrtdt 1972; Fläming 1984) haben vor allem die Wechselwirkungen zwischen institutionalisierter Hochschulautonomie, Ausdifferenzierung von Fachdisziplinen und forschungsbezogener Lehre und die für deren Zusammenspiel erforderliche hochschulinterne, auch gesellschaftskritische Öffentlichkeit sowie die Partizipation der an Forschung und Lehre beteiligten Gruppen im geschichtlichen Prozeß zum Gegenstand.

Systemtheoretische Ansätze (vgl. Luhmann 1970 und 1990) begreifen Hochschulsysteme als Formen gesellschaftlich institutionalisierter Selbststeuerung, die in Austauschverhältnissen zu anderen gesellschaftlichen Teilsystemen, vornehmlich in Gestalt des Transfers von Problemlösungskapazität gegen Ressourcen und institutionell garantierte Anerkennung der Hochschulen seitens der Gesellschaft, bestehen.

Der für eine Analyse von Forschungseinheiten an Hochschulen nun besonders anzusprechende und auch zu hinterfragende Aspekt der Selbststeuerung wird von funktional-strukturellen Ansätzen für das in Hochschuldisziplinen organisierte Wissenschaftssystem in sich weiter entfaltet. Dabei wird von den Forschungsprozessen als funktionellen Leistungen zur Konstitution des Wissenschaftssystems ausgegangen. Und zwar wird versucht Strukturparameter aufzustellen, die den Forschungsprozeß als Selbst-Organisationsleistung des Hochschulsystems erklären sollen. Hierzu bedarf es der Einführung von Steuerungsmedien des Forschungsprozesses: Luhmann (1970) bestimmt als spezifisches Medium der Selbststeuerung der Hochschule die mit Wahrheitsanspruch kommunizierte Erkenntnis. Ihr Austausch ist die typische Sinn-Produktion des Hochschulsystems. Erkenntnisgewinn kann daher als funktionales Medium der Systemintegration verstanden werden. Alle einzelnen Handlungen der Hochschulangehörigen, insoweit sie an Forschung beteiligt sind, müssen hierauf bezogen werden können. Der Wahrheitsanspruch jeder einzelnen Erkenntnis muß mit demjenigen jeder anderen kompatibel sein.

Dabei entwickeln sich die Hochschulen nach Luhmann als Wissensproduktionsysteme im Medium hochschulinterner Öffentlichkeit, so wie sie sich in wissenschaftlichen Auseinandersetzungen, formellen und informellen Publikationsformen, Gremien, Diskussionen, meinungsbildenden Einzelinitiativen, aber auch in der Diskussion in Lehrveranstaltungen und Diskursen anderer Art darstellt. Insofern werden auch die Einbettung von Forschungsprozessen in die institutionalisierten Formen der Wissensakkumulation innerhalb von etablierten Hochschuldisziplinen und die sie steuernden Gratifikations- bzw. Sanktionsmechanismen der Scientific community (zuerst Hagstrom 1956) des etablierten Wissenschaftsbetriebes als ein Verwendungszusammenhang *sui generis* verstanden.

Dabei wird in keiner Weise bestritten, daß der Forschungsprozeß zugleich einer immanenten Sachlogik folgt und dabei Autonomiespielräume nutzt. Wohl aber wird behauptet, daß durch Thematisierung der Forschungsprojekte, Methodenwahl und die Zielvariablen bzw. Zielrestriktionen des Forschungsprozesses selber die Vermittlung zwischen den genannten Relevanzbezügen und der Sachlogik des Forschungsprozesses stattfindet.

Die unreflektierte begriffliche **Entgegensetzung** von Grundlagenforschung und technologischer Anwendung transformiert sich damit in die dem For-

schungsprozeß ebenso wie dem Forschungstransfer immanente Vermittlung von Sachlogik des Forschungsprozesses und Verwendungszusammenhängen, sei es solchen anderer gesellschaftlicher (Teil-)Systeme oder des an Hochschulen organisierten Teils des Wissenschaftssystems im ganzen.

Andererseits soll nicht bestritten werden, daß das einzelne Forschungsvorhaben stärker oder schwächer dem einen oder anderen Relevanzkriterium zugeordnet ist: Das eine Extrem bildet die Orientierung an den institutionalisierten Hochschuldisziplinen und dem Relevanzkriterium der Anerkennung durch die sie jeweils tragende Scientific community für die geleistete Forschungsarbeit - auch in Gestalt der disziplinären Auseinandersetzung oder der Disziplinüberschreitung. Das andere Extrem stellt die jeweilige Ergebnisabhängigkeit von bestimmten wirtschaftlichen, politischen, gesellschaftlichen oder auch anders etablierten Verwendern der Forschungsarbeit dar. Unser Projekt versucht, Forschungseinheiten in einer entsprechenden Typologie auf dieser Dimension zu charakterisieren.

1.3 Zur Forschungslinie in unserem Zentrum

Den Ausgangspunkt der seit 1984/85 entwickelten Forschungslinie am Wissenschaftlichen Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung, zu der die hier vorliegende Studie gehört, bildete die Untersuchung des Wissens- und Technologietransfers zwischen Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften an Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland und den Verwendern, überwiegend in der Wirtschaft. Als zentrales Ergebnis der Befragung von Leitern von Forschungsschwerpunkten stellte sich heraus, daß es sich hierbei um Wechselwirkungen innerhalb eines Netzwerkes für Problemgenerierung und Ressourcenzuwendungen handelt, innerhalb dessen die an sich verschiedenen Relevanzbezüge der Verwendungspraxis und der Grundlagenforschung zum Ausgleich gebracht werden (vgl. Kluge und Oehler 1986).

Im nächsten Arbeitsschritt wurde der Einfluß des Staates und intermediärer Institutionen zwischen Staat und Hochschule auf den Forschungstransfer auf der Grundlage einer Dokumentenanalyse untersucht. Wichtigstes Resultat war, daß staatliche Steuerung in westlichen Gesellschaftssystemen - im Unterschied zu damaligen zentralistischen Ostblockstaaten wie Polen - dann am ehesten Kontinuität und Effizienz des Transfers sichert, wenn sie indirekt durch Verbesserung der Rahmenbedingungen des Transfers und nicht durch ergebnisorientierte staatliche Forschungsprogramme einerseits, durch Innovationspolitik für die Wirtschaft andererseits erfolgt (vgl. Oehler 1988).

In einem dritten Arbeitsschritt wurde mit Hilfe von Befragungen von Unternehmensleitern und Leitern von Entwicklungsabteilungen in Klein-, Mittel- und

Großbetrieben in der Region Nordhessen die Funktion von technischen Innovationen und die Rolle der Ingenieure hierbei im Zusammenhang mit Technologietransfer untersucht. Zentrales Ergebnis war, daß Transfer nur im Rahmen übergreifender technischer Entwicklungen mit Innovationsschüben zu verstehen ist, welche nur dann eines Rückgriffs auf die Grundlagenforschung an den Hochschulen bedürfen, wenn jenseits der Routinen technischer Entwicklung Generalisierungsleistungen erforderlich sind, die den Orientierungsrahmen der Verwendungspraxis überschreiten, wobei wissenschaftlich ausgebildete Ingenieure eine Schlüsselrolle besitzen (vgl. Kraushaar und Oehler 1989).

An die Ergebnisse dieser Studie anschließend wurde auf der Basis einer Befragung sowohl von Leitern von Forschungsschwerpunkten und ihren Mitarbeitern in den Ingenieurwissenschaften einer Technischen Universität als auch ihrer Partner bei Projekten des Technologietransfers in Wirtschaft und Verwaltung den Bedingungen effizienter Kooperation nachgegangen. Zentrale Ergebnisse sind, daß die Effizienz von dem Theoriebezug der Forschungsaufträge und von der Umsetzung durch die Abnehmer der Ergebnisse sowie mit mindestens gleichem Gewicht vom Personaltransfer, besonders der Promovierten, zwischen Forschungsinstituten und Firmen abhängt (vgl. Strübing 1989).

Aufgrund von Dokumentenanalysen und Befragung von Schlüsselpersonen in Forschungsförderungseinrichtungen sowie anhand von Interviewaussagen in den bisherigen Befragungen wurde in einem Zwischenschritt die Effizienz der Forschungsförderung aus öffentlichen und privaten Mitteln überprüft. Das unerwartete Ergebnis ist, daß die sogenannten zweckfreien Förderungseinrichtungen wie besonders die Deutsche Forschungsgemeinschaft über keine Kriterien der Förderungseffizienz (im Normalprogramm) verfügen und auch keine Förderungsevaluation betreiben, um solche zu erlangen, während Wirtschaft und Staat klarere, aber auch enger festgelegte Effizienzkriterien zur Anwendung bringen (Oehler 1990).

In einem fünften Arbeitsschritt wird in dem vorliegenden Projekt auf der Grundlage von 1991 durchgeführten Befragungen von Leitern und Mitarbeitern in Forschungsschwerpunkten in der Konstruktionstechnik an wissenschaftlichen Hochschulen sowie - im Kontrast - in der Fertigungstechnik der Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Forschungslinien und der Organisation von Instituten einschließlich der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses analysiert. Es zeichnet sich ab, daß sich die optimale personelle Größe solcher Institute (in Näherungswerten) daraus ergibt, daß in der Person des Institutsleiters die Funktionen Lehre, Schwerpunktbildung in der Forschung, Drittmittelwerbung und Nachwuchsförderung vermittelt werden müssen - unter der Voraussetzung der deutschen Hochschulstruktur.

Im nachfolgenden zweiten Abschnitt referieren wir zunächst das methodische Vorgehen, bevor wir im dritten Kapitel unsere Ergebnisse zur Organisation und

Effizienz von Forschungseinrichtungen darstellen. Im Anhang finden sich 18 Falldarstellungen, in denen das Material auf einem mittleren Aggregationsniveau präsentiert wird und die dem Leser einen Einblick in die spezifische organisatorische Lösung einzelner Institute geben sollen.

Für ihre Unterstützung und Mithilfe bei der Durchführung der vorliegenden Studie möchten wir den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Zentrums für Berufs- und Hochschulforschung an der Universität Gesamthochschule Kassel danken, die das Vorhaben bei verschiedenen Gelegenheiten kritisch begleitet haben. Schließlich möchten wir den in dieser Studie befragten Ingenieuren danken, die wir im Interesse der ihnen zugesicherten Anonymität nicht namentlich erwähnen können und dürfen, ohne deren Mithilfe und ausdauernde Explikationsbereitschaft die Ergebnisse aber nicht hätten zustande kommen können.

Anlage der Untersuchung

Den genannten Fragestellungen sind wir mit einer empirischen Erhebung vor Ort in technikwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen nachgegangen, wobei wir auf ein Fallstudiendesign unter Einbeziehung von Leitfadenterviews mit Maschinenbauingenieuren zurückgegriffen haben. Im folgenden wird die Operationalisierung, die Auswahl der Untersuchungseinheiten, die Erhebung sowie das Auswertungsverfahren beschrieben.

2.1 Die Operationalisierung

Forschungseinrichtungen an Hochschulen werden von Hochschullehrern geleitet, die neben der Forschung auch lehren sowie als Fachvertreter fungieren. In der Lehre und der Forschung werden sie von wissenschaftlichen Mitarbeitern unterstützt, die Forschungsprojekte durchführen und z. T. in deren Rahmen eine Promotion anfertigen. Das Institut und die durchgeführten Projekte stellen zwei Aggregatebenen des Forschungshandelns dar, innerhalb derer Forschung prozessiert. Der empirische Zugang zu den Forschungseinrichtungen findet auf diesen zwei Aggregatebenen des Forschungshandelns statt: der Ebene der Institute - wofür das Gespräch mit einem Institutsleiter bzw. Lehrstuhlinhaber steht - und auf der Ebene der Forschungsprojekte - wofür die Gespräche mit in der Regel je zwei Mitarbeitern stehen. Die Aussagen des Leiters einer Forschungseinrichtung und die Ausführungen des oder der Mitarbeiter werden wechselseitig aufeinander bezogen und zu einer skizzenhaften Darstellung der einzelnen Forschungsinstitute vereinigt.

Die in den Forschungseinrichtungen durchgeführten Projekte prozessieren nach unserer Auffassung im Rahmen von sogenannten Forschungslinien, deren Operationalisierung sich schwieriger gestaltet. Bei der Erhebung des zunächst als charakteristisch für die Verknüpfung von Einzelprojekten zu einer übergrei-

fenden Forschungsfrage durch eine als Forschungslinie angesehene gemeinsame, diese verklammernde Zielrichtung, waren wir auf die Auskünfte der Befragten angewiesen. Eine quasi objektive Feststellung des Grades der Verknüpfung und des wechselseitigen Bezugs der Projekte aufeinander, als ein 'hartes' Indiz für eine Forschungslinie, sowie die Beurteilung des Grades der Neuheit eines Forschungsergebnisses kann nicht geleistet werden. Gleichwohl können wir auf die Aussagen der Befragten zurückgreifen, in denen sie sich zur sachlogischen Verknüpfung von Forschungsvorhaben äußern. Da die befragten Ingenieure jedoch selbst nicht explizit auf das Konzept der Forschungslinie Bezug nehmen - im Erhebungsgespräch wird die Chiffre "roter Faden in der Forschung" eingeführt -, werden in diesem Zusammenhang also alle Aussagen der Befragten, die auf eine argumentative, technische oder inhaltliche Verknüpfung zeitlich nacheinander oder parallel verlaufender Projekte unter integrativer Berücksichtigung wissenschaftlicher wie verwendungsorientierter Relevanzbezüge hinweisen, als Indizien für die Existenz einer Forschungslinie gewertet.¹

2.2 Die Auswahl der Untersuchungseinheiten

Eine Untersuchung aller Forschungseinrichtungen, auch nur aller technikwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen verbietet sich wegen des dazu erforderlichen Aufwandes und der zunächst noch unüberwindlichen Probleme einer vergleichenden Analyse mehrerer, bisher unbekannter, sich partiell unterscheiden aber auch überschneidender Disziplinen und Teildisziplinen. Daher wählten wir als Disziplin, der alle zu untersuchenden Forschungseinrichtungen angehören sollten, den Maschinenbau (Maschinenwesen), was in einer Reihe von Selektionskriterien begründet liegt:

1. Gegenstand der Untersuchung sollte eine mit der Technikentwicklung eng verwobene Disziplin sein, an der sich das Wechselspiel von wissenschaftsimmanenter Logik und Verwendungsbezügen leichter beobachten läßt als an einer Naturwissenschaft. Aspekte der Verwissenschaftlichung der Technikentwicklung sowie der Vergesellschaftung der Technikentwicklung lassen sich am Beispiel einer Technikwissenschaft offenkundiger entfalten: Der Maschinenbau ist in hohem Maße von sächlichen und personellen Forschungsressourcen abhängig und auf diese Weise mit gesellschaftlichen Verwendungsbereichen - vermittelt über

¹ Auf ergänzende Gutachten, die den Verlauf einzelner technischer Entwicklungslinien aufzeigen könnten, haben wir verzichtet, weil diese Darstellungen zum einen nicht die Entwicklungen an einzelnen Hochschulorten hätten berücksichtigen können und zum anderen - aus einer technischen Perspektive geschrieben - für die soziologische Analyse wenig hilfreich gewesen wären.

die Finanzierungskanäle der Förderungslandschaft - verbunden und fußt andererseits auf den durch die Physik erforschten und beschriebenen Grundlagen.

2. Der Maschinenbau ist eine grundlegende technikwissenschaftliche Disziplin mit einer weit zurückreichenden Tradition in Hochschullehre und Hochschulforschung. Es handelt sich somit um keine prinzipiell im Aufbau befindliche Disziplin, in der die Suche nach einer gewissen paradigmatischen Geschlossenheit noch nicht weit vorangeschritten ist. Der Maschinenbau verfügt über einen in Lehrbüchern zusammengetragenen Kanon theoretischer Konzepte und befindet sich eher in einer Phase der "normal science" (vgl. Solla Price 1974).

3. Forschung und Lehre sind im Maschinenbau eng miteinander verknüpft, was die obligatorischen Studienarbeiten und die Vielzahl der studentischen Hilfskräfte in der Forschung belegen. Außerdem: Die gelegentlich geäußerte Befürchtung, die Forschung könne aus den Hochschulen auswandern, trifft zwar partiell auch für den Maschinenbau zu, aber eben nur partiell. Ein nicht unbedeutlicher Teil der Forschung in Gebieten des Maschinenbaus findet - gemessen in Personal- und Mittelanteilen - in außeruniversitären Forschungseinrichtungen - zumal den Unternehmen - statt; andererseits ist dieser Anteil aber geringer als beispielsweise bei der chemisch-pharmazeutischen oder elektrotechnischen Forschung.

4. Forschungspragmatisch ist der Maschinenbau zudem eine Fachdisziplin, in der der Laie zwar ebensowenig wie in allen übrigen der eigenen Wissenschaft fremden Disziplinen Forschungsprobleme verstehen und durchdringen kann. Zumindest aber sind die Forschungsfragen tendenziell anschaulicher als etwa in der pharmazeutischen oder elektrotechnischen Forschung, was für die Explikation unserer Fragestellung und unserer Ergebnisse - für die der Maschinenbau nur exemplarisch herangezogen wird - nicht unterschätzt werden darf. Keineswegs soll jedoch behauptet werden, daß deshalb auch die Forschungsfragen weniger schwierig oder leichter zu lösen seien.

Da selbst die Erhebung aller Forschungseinrichtungen des Maschinenbaus in der bundesdeutschen Forschungslandschaft (alte Bundesländer) den Rahmen einer solchen Studie übersteigen würde und zum anderen nicht sicher wäre, ob die auf diese Weise gewonnenen Informationen durch Kontrolle möglichst vieler Randbedingungen eine homogene Gruppe von Forschungseinrichtungen, die Herausbildung von Typen sowie die Gewinnung von aussagekräftigen Erkenntnissen ermöglichen würden, erschien eine weitere Einengung des disziplinären Spektrums, dem die zu untersuchenden Institute entstammen sollten, sinnvoll. Die Wahl fiel auf Maschinenelemente und Konstruktionstechnik, die unter der gemeinsamen Bezeichnung 'Konstruktion' firmieren. Dieser zweite Schritt der Fokussierung des Gegenstandsbereiches folgt fünf Gesichtspunkten:

a) Es sollte sich bei den in die Untersuchung einbezogenen Teildisziplinen um einen hinsichtlich der sozialen und kognitiven Organisation homogenen

Bereich handeln, der deutlich gegen anderen Teildisziplinen des Maschinenbaus abgegrenzt ist und eine gewisse Kontinuität in der Forschung aufweist.

- b) Die ausgewählte Teildisziplin sollte in ihrem Verhältnis zur Verwendungspraxis weder durch eine besondere Hausse gekennzeichnet sein, noch durch ein Ausbleiben der Drittmittelforschung. Vielmehr sollte eine in langfristigen Bahnen verlaufende Transferbeziehung zwischen den untersuchten Forschungseinrichtungen und der interessierten Verwendungspraxis zu beobachten sein.
- c) Die Verbindung zwischen Forschung und Lehre durch ein Lehrangebot der Mitarbeiter der untersuchten Forschungseinrichtungen für das Grund- und Hauptstudium sollte möglichst ausgeprägt sein: Konstruktionstechnik und/oder Maschinenelemente sind in den meisten Diplom-Studiengängen Maschinenbau bzw. Maschinenwesen zunächst als umfangreiche Pflichtbestandteile in das Grundstudium integriert, zudem ist Konstruktionstechnik als Vertiefungsgebiet im Hauptstudium etabliert.
- d) Es sollte sich um eine Teildisziplin aus dem Kernbereich des Maschinenbaus handeln, damit neben der Verwendungsorientierung auch ein ausgeprägter Bezug zu wissenschaftlich-systematischen Diskursen zu erwarten ist.
- e) Es sollte sich um eine Teildisziplin handeln, bei der das vorfindliche institutionelle Spektrum überwiegend in den Bereich der 'Klein- und Mittelbetriebe' fällt (vgl. Bahrdt 1972, S. 150). Diese Beschränkung des Gegenstandes auf kleinere und mittlere Forschungsschwerpunkte hatte forschungspragmatischen Gründe: Ein Gespräch mit dem Leiter sowie zwei Gespräche mit dessen wissenschaftlichen Mitarbeitern sind nur für Schwerpunkte bis zu einer gewissen Größe eine ausreichende Informationsgrundlage.

Diese Punkte führten zur Auswahl der 'Konstruktionstechnik/-lehre' und der 'Maschinenelemente' als Teildisziplinen des Maschinenbaus, in denen die zu untersuchenden Institute und Lehrstühle Forschungsprojekte durchführen sollten. An diesen Forschungseinrichtungen sollte sich das Verhältnis von Wissenschaft, technischen Entwicklungslinien und sozialen Verwendungsbezügen sowie der eigenständige Akteurcharakter der Technikforscher besonders deutlich herausstellen lassen.

Nach Abschluß der ersten Erhebungsreisen zu einigen Schwerpunkten der Konstruktionstechnik und der Maschinenelemente stellte sich die Frage, ob die bis dahin gefundenen Organisationsstrukturen und das damit einhergehende Forschungshandeln gegen den Grad der ressourciellen Konzentration - also insbesondere gegen die Mitarbeiterzahl - resistent ist. Wir wollten wissen, ob bei größeren Einrichtungen mit mehr als 50 wissenschaftlichen Mitarbeitern gleiche Bedingungen anzutreffen sind und wie deren Effizienz zu bewerten ist. Aus diesem Grund haben wir die vier großen Werkzeugmaschineninstitute in der (alten) Bundesrepublik, die wir bereits in der Auswahlphase für unser Kernsample vor-

sondiert hatten, in die Erhebung miteinbezogen - sie dienen vor allem dem Vergleich mit unserer voll erhobenen Gesamtheit der Institute aus dem Bereich Konstruktionstechnik und Maschinenelemente.

Wir beschränken uns auf Forschungseinrichtungen an Universitäten und technischen Hochschulen, weil nur diese - anders als die Fachhochschulen, deren Forschungsinfrastruktur kaum ausgeprägt ist - aktiv in die Forschungslandschaft eingebunden sind, also eben jene netzwerkartigen Verbindungen zu einer Vielzahl von Förderern und Verwendern aufweisen, in denen sich die Vergesellschaftung der Forschung vollzieht. Andererseits ist an Universitäten und technischen Hochschulen auch der Wissenschaftsbezug stärker ausgeprägt. Die Hochschulen in den fünf neuen Bundesländern wurden - wegen der bei Beginn der Projektlaufzeit unübersichtlichen Situation - nicht berücksichtigt, obwohl eine Analyse der thematischen Ausrichtung und der Organisation der Forschung unter den Bedingungen eines gesamtgesellschaftlichen Umbruchs durchaus ein interessanter Gegenstand wäre.

Ein erster Selektionsschritt ergab 23 Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland, bei denen eine entsprechende Untersuchungseinheit auszumachen war. In einem zweiten Schritt wurden dann diejenigen ausgeschieden, bei denen entweder die thematische Ausrichtung nicht vollständig in das Erhebungsrastrer paßte oder aufgrund der Entstehungsgeschichte der Hochschule zu erwarten war, daß ein nur wenig ausgeprägter und traditionsreicher Forschungsbetrieb angegliedert ist. Die Gesamthochschulen sind in diesen auf umfangreiche Ressourcen angewiesenen Teildisziplinen noch im Aufbau begriffen und haben zudem verstärkt Lehraufgaben wahrzunehmen, weshalb zum einen noch kaum 'Schulen' ausgebildet wurden und zum anderen kaum langfristig geführte Kontakte zu Partnern in der Industrie bestehen.² Schließlich wurden die Hochschulen der Bundeswehr in Hamburg und München aufgrund ihrer spezifischen Aufgaben in der Lehre und der Forschung aus dem Sample ausgeschieden.

Da es an einigen Hochschulen Parallellehrstühle bzw. Institute, die thematisch sehr verwandte Projekte bearbeiten, gibt, mußten in einer weiteren Auswahl - unter Berücksichtigung der thematischen Ausrichtung und der ressourcenmäßigen Größe - die zur Erhebungsgesamtheit gehörenden Forschungseinrichtungen festgelegt werden. Nach diesem weiteren Selektionsschritt verblieben 14 Forschungseinrichtungen, die in das Kernsample der 'Konstruktion' eingehen sollten. Unter den spezifischen Randbedingungen: traditionelles Institut der Konstruktionstechnik bzw. der Maschinenelemente kleiner bis mittlerer Größe

² In Kassel wurde unmittelbar nach der Gründung der Gesamthochschule 1971 durch den massiven Ausbau der ingenieurwissenschaftlichen Professorenstellen (C4) die Voraussetzung für eine aktive Forschung im Bereich Maschinenbau geschaffen. Daher ist Kassel in unserem Sample enthalten.

mit intensiver Forschungstätigkeit, das über eine enge Verbindung zwischen Lehre und Forschung verfügt, handelt es sich insofern um eine Vollerhebung. Hinzu kamen die vier Forschungseinrichtungen aus dem Bereich der Werkzeugmaschinenforschung, so daß sich insgesamt eine Zahl von 18 untersuchten Institutionen ergibt.³

In siebzehn der achtzehn Fälle konnte die Erhebung des ursprünglich anvisierten Instituts bzw. des ins Auge gefaßten Lehrstuhls auch tatsächlich realisiert werden. Lediglich in einem Fall erwiesen sich die bei der Kontaktaufnahme auftretenden Schwierigkeiten, für die sich zunächst keine Erklärung fand, als unüberwindlich. In diesem Fall mußte auf ein anderes Institut der gleichen Hochschule ausgewichen werden, das hinsichtlich der dort verfolgten Forschungsrichtung nicht vollständig aber immer noch in ausreichendem Maße der geplanten thematischen Ausrichtung genügte. Dieser Ausfall wird als stichprobenneutral behandelt: wie spätere Recherchen ergaben, ist die Weigerung des Institutsleiters auf hochschul- bzw. fachbereichsinterne Querelen zurückzuführen, und nicht auf Vorbehalte gegen die zu erwartenden Fragen. Abgesehen von dieser kleinen Einschränkung konnten wir mit unserer Erhebungsgesamtheit der Konstruktions-Institute eine Vollerhebung realisieren.

Bei den Forschungseinrichtungen in unserer Erhebungsgesamtheit handelt es sich um solche, die an den Hochschulen in: Aachen (2x), Berlin (2x), Bochum, Braunschweig, Clausthal, Darmstadt, Dortmund, Erlangen, Hamburg, Hannover, Kassel, Karlsruhe, München (2x) und Stuttgart (2x) angesiedelt sind. Den befragten Hochschullehrern und ihren Mitarbeitern wurde die Anonymisierung der Institutsdarstellungen, der Personeninformationen und einzelner Statements zugesichert, daher sind aus den im folgenden zitierten Interviewprotokollen alle personen- bzw. institutionenbezogenen Informationen gestrichen bzw. durch Formalbezeichnungen ersetzt.⁴

³ Aus Gründen der Anonymisierung wird im folgenden vereinfachend von Instituten oder Forschungseinrichtungen gesprochen, ohne jedoch das Spektrum der Organisationsprinzipien verkürzen zu wollen und auch ohne strukturelle Implikationen der spezifischen sich aus den Hochschulordnungen ergebenden Unterschiede leugnen zu wollen.

⁴ Dies geschieht, um die Gesprächspartner zu schützen, die sich in den Interviews unter der Bedingung der Anonymität offen und kritisch/selbstkritisch geäußert haben. Die Betroffenen selbst werden sich gleichwohl in den Einzeldarstellungen wiedererkennen. Neben den äußeren Merkmalen der Gesprächspartner sowie der sie beschäftigenden Forschungseinrichtung mußte an einigen Stellen auch auf die Wiedergabe von Details über den Stand und Fortgang der Arbeit an einzelnen Forschungsvorhaben verzichtet werden, um eine Identifikation der Informanten über den durch Details zu erschließenden Hochschulort zu erschweren.

2.3 Das Erhebungsverfahren

Zwar sind aus der Literatur einige Aspekte der Verschränkung von wissenschaftlich-systematischen und verwendungsorientierten Relevanzbezügen bei gleichzeitiger Berücksichtigung restriktiver Förderquellen und -ressourcen sowie der starken Lehrbelastung und den Qualifikationsinteressen der Nachwuchswissenschaftler bekannt; aber die Wirkungsweise und das Gewicht der verschiedenen Relevanzbereiche hinsichtlich der Entstehung und Entwicklung der Fragestellungen, der Durchführung von Forschungsprojekten am Institut sowie hinsichtlich der Generalisierung der Ergebnisse und deren Verwendung ist weitgehend ungeklärt. Dieses Anliegen ließ explorative Leitfadeninterviews in einer mündlich-persönlichen Erhebungssituation als eine der Problemstellung angemessene Methode erscheinen.

Übersicht 1: Leitfaden mit den wichtigsten Erhebungsfragen an die Leiter der Forschungseinrichtungen

Fragen zum Institut

- Entstehungsgeschichte des Instituts?
- Seit wann ist der derzeitige Leiter dort?

Fragen zur Forschungslinie

- langjährige spezifische Fragestellung, evtl. Änderungen? Gibt es eine Art roten Faden, der sich durch die Mehrzahl der Projekte zieht?
- Arbeitsschwerpunkte des Instituts oder Lehrstuhls?
- Woher kommen die Fragestellungen der Forschungsprojekte?
- Entwicklungsstand dieser Fragestellung (Wachstum, Diversifikation, Niedergang)?
- Stellung in der Forschungslandschaft? Gib es Kooperationen und Konkurrenz mit anderen Wissenschaftlern?

Ausstattung des Instituts

- Spezielle Qualifikationen der Mitarbeiter, Rekrutierung, Differenzierung der Mitarbeiter nach der vorwiegenden Tätigkeit?
- Größe (Personal, Finanzen, Ausstattung), max. optimale Größe des Instituts?
- Defizite in personeller und sächlicher Hinsicht?

Strukturmerkmale

- Delegation und Kontrolle der Aufgaben?
- Kooperationsformen und Hierarchien innerhalb des Instituts oder Lehrstuhls?

Projektarbeit

- Welche Arbeitsschritte werden üblicherweise durchlaufen?
- In welchen Phasen muß sich der Leiter am stärksten engagieren?
- Läßt sich eine Innovation antizipieren? Was sind die unwägbarsten Faktoren?
- Gibt es zentrale Personen, die an mehreren Projekten mitarbeiten?
- Was ist ein gelungenes und ein weniger gelungenes Projekt?

Für die Interviews mit den Institutsleitern und deren Mitarbeitern wurden zwei verschiedene Frageleitfäden entwickelt, die sich in ihrer Frageintention mit verwandten Themenstellungen beschäftigen, sich aber aus unterschiedlichen

Perspektiven der Organisation der Forschung am jeweiligen Institut näherten. Bei den Leitern standen stärker die Aspekte der Forschungslinie und der Struktur der Forschungseinrichtung im Vordergrund, bei den Mitarbeitern stärker die konkrete Projektarbeit vor dem Hintergrund der vorgängigen Forschungslinie und der Institutsstruktur.

Zu Beginn des Gespräches mit den Leitern wurden jeweils Fragen nach der Entstehung des Schwerpunktes, sowie der am Schwerpunkt verfolgten Hauptfragestellungen ('roter Faden') gestellt. Dabei wurde auch auf die Berufung des Leiters - sowie Aspekte seines Werdegangs - und die mit seiner Berufung verbundenen Variationen und Diversifikationen des 'roten Fadens', sowie auf die Entstehung der Hauptthemenstellungen und damit auf die Relevanzstrukturen eingegangen. Der zweite Gesprächsblock konzentrierte sich auf die Konsequenz der Forschungsfragestellungen für die Strukturmerkmale des Schwerpunkts. Es wurden personelle wie sächliche Größe, Struktur (Hierarchie, Differenzierung, Spezialisierung) und auch Defizite in personeller und sächlicher sowie struktureller Hinsicht thematisiert. Die Antworten in diesem Themenblock sollten Aufschluß darüber geben, wie die verfügbaren Ressourcen organisiert sein müssen, damit ein effizientes Voranschreiten bei der Bearbeitung der geschilderten Hauptfragestellungen gesichert ist. Den Abschluß bildete ein Themenkreis, in dem der phasenartige Verlauf konkreter Forschungsprojekte vor dem Hintergrund des 'roten Fadens' sowie der Strukturmerkmale des Schwerpunkts angesprochen wurde. Hier ging es schwerpunktmäßig darum, Projekttypen zu identifizieren und deren jeweilige Einwerbungs- und Verlaufsbedingungen: Welche Teilaspekte des 'roten Fadens' eignen sich besonders für die Bearbeitung durch einen einzelnen wissenschaftlichen Mitarbeiter, der auch seine Dissertation über das Thema schreibt, welche Teilaspekte werden besser von parallel arbeitenden Teammitgliedern untersucht, und unter welchen Bedingungen - abgesehen von der ressourciellen Verfügbarkeit - können in größerem Umfang Hilfskräfte in die Projektarbeit eingebunden werden? Daneben sollte aber auch etwas über die Unwägbarkeiten und diejenigen Phasen der Projektarbeit in Erfahrung gebracht werden, in denen Ergebnisse am ehesten antizipiert werden können. Außerdem wurde in diesem Fragenkomplex nach den Kriterien der Evaluation - also nach Kriterien für gelungene bzw. weniger gelungene Projekte - gefragt. Insgesamt kreisten alle Fragen um das Thema der Untersuchung: Wie gestaltet sich das Verhältnis von kontinuierlich bearbeiteten Forschungsfragen in Spezialgebieten und der Nutzung der vorhandenen personellen und sächlichen Ressourcen, und welche Randbedingungen sind bei der Organisation der Forschungseinrichtung zu berücksichtigenden.

Übersicht 2: Leitfaden mit den wichtigsten Erhebungsfragen an die Mitarbeiter der Forschungseinrichtungen

Anbahnung

- Woher kam die Fragestellung für das Projekt?
- Gab es abgesicherte Ausgangsüberlegungen und Vorkenntnisse?
- Wer und aufgrund welcher Informationen entschied über die Durchführung des Projektes?
- Gab es gesicherte methodische Strategien, um die Fragestellung zu operationalisieren?
- Wie sind Sie in das Projekt gekommen?

Durchführung

- Wer hat an dem Projekt mitgearbeitet (Anzahl, Qualifikation, Art der Tätigkeit)?
- Was sind minimale, maximale oder optimale Projektdimensionen?
- Aufgabenverteilung, Kooperationsformen innerhalb des Projektes?
- Welche Rolle spielten experimentelle, Meß- und apparative Designs?
- Ließ sich eine Innovation gewissermaßen antizipieren? Was waren die unwägbaren Faktoren?
- An wen haben Sie sich gewendet, wenn Sie ein Problem hatten?

Ergebnisse

- Wie wurden Zwischenergebnisse kommuniziert, transferiert und evaluiert?
- Wie wurden die Ergebnisse verwendet bzw. veröffentlicht?
- Gab es offene Fragen, die im Anschluß an das Projekt geklärt werden mußten?
- Wie haben Sie sich in der Projektarbeit qualifiziert?
- Würden Sie das Projekt als gelungen oder weniger gelungen bezeichnen?

In den Gesprächen mit den Mitarbeitern wurden in einem ersten Teil die Fragestellung des Projektes, an dem der Interviewpartner gerade arbeitet, die Einordnung der Projektthemenstellung in den 'roten Faden' der Forschungseinrichtung sowie die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Projektes (Anbahnung, Auftraggeber usw.) bis zum Befragungszeitpunkt thematisiert. Außerdem kamen Aspekte des individuellen Werdegangs des Bearbeiters, also insbesondere die Fragen nach der Rekrutierung und den Qualifikationspfaden hinzu. Die Fragen im zweiten Themenkomplex kreisten schwerpunktmäßig um die konkreten Phasen und Schritte der Projektarbeit sowie die Organisation von sächlichen und personellen Ressourcen. Hier ging es darum, mögliche, sich aus der Verfolgung einer übergreifenden Fragestellung ergebende Restriktionen für die Organisation der Ressourcen zu erfragen und Zusammenhänge zur Art der Themenstellung sowie die Stellung des Projektes innerhalb des 'roten Fadens' zu ermitteln. Abschließend wurden der antezipierte weitere Verlauf, die zu erwartenden Ergebnisse aber auch offenen Fragen, die in einem gesonderten Anschlußprojekt bearbeitet werden mußten, besprochen. An dieser Stelle bat der Interviewer auch jeweils um eine Einschätzung des Projektes hinsichtlich der Qualität. Von Interesse waren auch hier die Kriterien der Bewertung.

Bei der Vorbereitung der Erhebungsphase war ursprünglich geplant, möglichst alle Interviews in der Vorlesungszeit des Wintersemesters 1990/91 zu erheben, da dann die jeweiligen Hochschullehrer leichter erreichbar sind. Die Er-

fahrung bei der Vereinbarung der Interviewtermine zeigte jedoch, daß eine nicht unbeträchtliche Zahl der Gesprächstermine erst in der vorlesungsfreien Zeit nach dem Wintersemester 1990/91 vereinbart werden konnte. Mit der expliziten Begründung, während des Semesters sei ein Termin wegen der zeitlichen Auslastung des jeweiligen Institutsleiters bzw. des Lehrstuhlinhabers unmöglich, mußten Interviewtermine verschoben werden. Letztendlich wurden die Experteninterviews in der Zeit von November 1990 bis April 1991 durchgeführt, wobei der Hauptteil zwischen Mitte Januar und Mitte März erhoben wurde. Die vier Werkzeugmaschineninstitute wurden in der Zeit bis November 1991 nach-erhoben. Bei unseren Gesprächspartnern handelte es sich um 18 Professoren, die als Leiter eines Instituts oder Arbeitsbereiches bzw. als Lehrstuhlinhaber mit der Fachrichtung 'Konstruktionstechnik', 'Maschinenelemente' bzw. 'Fertigungstechnik' tätig sind, sowie um in der Regel zwei Mitarbeiter an jedem Institut; die Interviews mit ihnen sollten Aufschlüsse über die Bearbeitung von Projekten unter Berücksichtigung von Qualifikationsinteressen und Lehraufgaben geben. Die Auswahl dieser Personen wurde dem befragten Hochschullehrer überlassen. Bei den Gesprächspartnern handelte es sich ausnahmslos um Männer, weder als Leiterin eines Instituts oder als Lehrstuhlinhaberin noch als wissenschaftliche Mitarbeiterin sind Frauen in der Stichprobe vertreten.⁵

Anwesend waren bei den Gesprächen mit den Leitern jeweils zwei Interviewer bzw. ein Interviewer bei den Gesprächen mit den Mitarbeitern. Das Gesprächsklima war in allen Fällen offen und freundlich und der Interviewstil eher neutral. Antwortverweigerungen oder Abbruch der Befragung aus zeitlichen oder inhaltlichen Gründen gab es nicht, und auch auf Vorbehalte gegen eine Aufzeichnung des Gesprächs auf Tonband stießen wir nur in einem Fall. Jeweils zu Beginn des Gesprächs wurden die Interviewpartner kurz über den Hintergrund des Projektes und seine Einbindung in den Forschungszusammenhang am Wissenschaftlichen Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung informiert. Außerdem wurden einige technische Informationen hinsichtlich der Aufzeichnung des Gesprächs auf Tonband, hinsichtlich der zu erwartenden Dauer des Interviews gegeben sowie auf die Rollenverteilung zwischen den beiden Interviewern hingewiesen. Schließlich wurde die volle Anonymität zugesichert. Die spezifische Befragungssituation schien die Herstellung des Rapportes bei den Gesprächen mit den Hochschullehrern sicherzustellen. Auch bei den Mitarbeiterinterviews gab es keine Probleme mit der Herstellung der Antwortbereitschaft. Vorbehalte in der Antwortbereitschaft sowie geschönte Auskünfte können zwar nicht ausgeschlossen werden, es ergeben sich aber keinerlei Hinweise

⁵ Dies spiegelt die Lage im gesamten Maschinenbau wider: Unter den 384 C4-Professoren ist 1987 nur eine einzige Frau zu finden; von den 4367 wissenschaftlichen Mitarbeitern sind immerhin 170 Frauen (3,9 Prozent) (vgl. Statistisches Bundesamt 1987, S. 86 f.).

auf ein bewußt differenziertes Antwortverhalten der Befragten. Lediglich bei den Ausführungen zur Lehrbelastung kamen auch Statements, die normalerweise in den politisch-öffentlichen Diskurs um den Dauerzustand 'Überlast' gehören.

An dieser Stelle soll ein problematischer Aspekt unseres Erhebungsverfahrens angesprochen werden: Die Analyse von Einrichtungen der technikkwissenschaftlichen Forschung an Hochschulen aus dem Bereich des Maschinenbaus als Gegenstand einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung liegt als Thema relativ weit entfernt. Diese Distanz bringt Vor- aber auch Nachteile mit sich. Die Nachteile der Distanz zwischen Forscher und Gegenstand liegen auf der Hand: Der Forscher verfügt nur über wenige Vorinformationen hinsichtlich des Feldes, und z. B. die Auswahl der Gesprächspartner muß mühsam erarbeitet werden, anstatt sie intuitiv richtig treffen zu können. Andererseits bringt die Distanz in der Erhebungssituation auch Vorteile mit sich: Der Interviewer gehört nicht zur unmittelbaren Bezugsgruppe der Befragten, was zum einen zur Folge hat, daß Mißtrauen und Heimlichkeiten gegenüber einem vermeintlichen Konkurrenten nicht zu einem nur eingeschränkten Rapport führt, und zum anderen, daß der Forscher kein 'gekünsteltes' Interesse an einem ihm wohlvertrauten Gegenstand an den Tag legen muß, was den Befragten sicher nicht entgangen wäre. Außerdem bestand aufgrund der persönlichen und disziplinären Distanz zwischen Befragtem und Interviewer für ersteren die Verpflichtung, möglichst weitgehend auch Implizites zu verbalisieren, was den Befragten eine große explikative Leistung abverlangte, die uns reichhaltiges Material bescherte. Andererseits birgt gerade die disziplinäre Distanz die Gefahr, daß der Befragte dem Interviewer eine dem Gegenstand des Erhebungsgesprächs nicht angemessene Sachkompetenz unterstellt und daher oberflächliche oder (retrospektiv) übermäßig rationalisierte, wenig tiefgehende Antworten gibt. Trotz dieser Distanz erwies sich das Material - wegen der umfangreichen, von den Befragten geleisteten Explikationsarbeit - bei der Auswertung als gute Grundlage für die Analyse.

Eine wichtige Konsequenz ergibt sich jedoch aus der Befragungskonstellation: Zwar waren die befragten Mitarbeiter durchweg in der Projektarbeit schon recht weit fortgeschritten, und ihre Projekte neigten sich hinsichtlich des Bearbeitungsstandes schon dem Ende zu, dennoch konnten die Befragten über den weiteren Verlauf der Vorhaben keine zuverlässigen Auskünfte erteilen - schon weil es sich um Forschungsprojekte handelt. Da zumindest einige Befragte schon mit der Abfassung des Projektberichtes beschäftigt waren - also die inhaltliche Arbeit am Vorhaben quasi beendet war - wird dies zumindest zum Teil kompensiert. Eine retrospektive Befragung der Mitarbeiter nach Abschluß des Projektes hätte die Projekte zwar jeweils in ihrem gesamten Verlauf erfassen können, jedoch unter einer retrospektiv rationalisierenden Perspektive, die Verwerfungen im Projektverlauf und Unsicherheiten über den Ausgang des Vorha-

bens in einer durch den Erfolg des Projektes gebrochenen Sicht darstellt. Hinzu kommt einerseits, daß die Mitarbeiter nach dem Ende 'ihres' Projektes meist das Institut verlassen und sie dann nur schwer aufzufinden und für ein Interview zu gewinnen sind, und andererseits, daß die Antworten der aktuell mit einem Forschungsvorhaben beschäftigten Doktoranden sicher detailreicher sind und besser auf die Aussagen der jeweiligen Hochschullehrer bezogen werden können.

Die Dauer der Gespräche variierte zwischen 30 und 90 Minuten bei den Mitarbeitern bzw. 60 und 120 Minuten bei den Leitern, wobei die Mehrzahl der Interviews etwa 45 bis 90 Minuten lang war. Die Gespräche mit den Leitern und Mitarbeitern wurden auf Tonband aufgezeichnet und im Anschluß an die Gespräche vollständig und wörtlich transkribiert, zur Kontrolle gegengelesen und mit den Tonbandaufzeichnungen abgeglichen. Eine vollständige Interviewaufzeichnung schien notwendig, um mehrere Interpretationsdurchgänge und eine kollektive Analyse zu ermöglichen. Beides sind Voraussetzungen für eine - von den Handlungszwängen der Alltagskommunikation befreite - detaillierte und genaue Analyse, durch die auch Feinheiten ersichtlich werden.

Bei den Protokollen handelt es sich nicht um streng konversationsanalytische Transkripte, weil der hierfür notwendige Aufwand dem angewendeten Interpretationsverfahren nicht angemessen scheint. Auf eine narrative, alle sprachlichen Äußerungen der Befragten (tja, eh, äh, hm usw.) sowie den Gesprächsfluß unterstützenden Äußerungen der Interviewer (aha, ahja, hm usw.) enthaltende Übertragung wurde daher verzichtet. Trotz dieser Auslassung oder gerade deswegen mußten die Protokolle nachbearbeitet werden, um den Fluß der Worte an manchen Stellen wieder verständlich zu machen, wobei folgende Regeln angewendet und auch bei der Darstellung von Zitatstellen im folgenden Text beibehalten wurden:

(...)	bezeichnet eine Auslassung unverständlicher Passagen oder einen abgebrochenen Satz;
(lacht)	dokumentiert an passender Stelle non-verbale Äußerungen und Vorgänge, vor allem Unterbrechungen des Interviews;
[Anm.; M.F.]	Erläuterungen des Autors an wichtigen Stellen;
[NAME]	Formalbezeichnungen von Personen und Orten zur Anonymisierung der Protokolle.

Als Auswertungsgrundlage liegen Protokolle im Umfang von etwa 50 bis 100 Seiten pro Forschungseinrichtung (zusammen ca. 1200 Seiten) vor, die mit einem im folgenden Abschnitt näher spezifizierten Verfahren ausgewertet wurden. Außerdem konnten in einigen Fällen die schriftlichen Unterlagen über das jeweils analysierte Institut durch Materialien vervollständigt werden, die im Gespräch mit dem Leiter oder im Anschluß daran von diesem zugänglich gemacht wurden, wozu Organigramme, Forschungsberichte und Selbstdarstellungen der

Institute gehören, die eine Planung der Forschung und die Ressourcenverwendung am jeweiligen Institut dokumentieren sollten.

Im Laufe der folgenden Darstellung werden an verschiedenen Stellen Zitate aus den Gesprächsprotokollen gebracht. Es werden Aussagen von Einzelpersonen als Belege für Interpretationen angeführt, die sich letztlich auf die Aggregatebene 'Institut' bzw. 'Projekt' beziehen, so daß die Zitate tendenziell nur illustrativen Charakter haben. Die vorgenommenen Interpretationen sind in der Regel nur vor dem Hintergrund des ganzen Materials zu einem Institut nachvollziehbar; auf einen Abdruck der ca. 1200 Seiten Protokolle im Anhang mußte jedoch verzichtet werden. Eine Überprüfung der im einzelnen vorgenommenen Interpretationsschritte wird also letztendlich nicht möglich sein. Das zitierte Material bleibt so illustrativ, aber es deutet an, daß im Zweifel die zitierte Stelle im Material wiedergefunden und die vorgenommenen Interpretationen am Originalmaterial nachgezeichnet und wiederholt werden könnte. Die Verwendung von Zitatstellen beinhaltet also prinzipiell das Angebot der Überprüfung.

2.4 Das Auswertungsverfahren

Wie das Auswahl- und Erhebungsverfahren muß auch das Auswertungsverfahren den spezifischen Eigenheiten des Gegenstandes (höhere Aggregatebene, komplexe Handlungsstruktur, wenig gesichertes Vorwissen) angepaßt und daher in besondere Maße offen und explorativ sein. Es sind nicht individuelle Wissensbestände, Einstellungen und Meinungen, die erhoben werden sollen, um dann anhand eines aggregierten Datensatzes Aussagen über soziale Großgruppen treffen zu können bzw. Hypothesen über Variablenzusammenhänge in sozialen Großgruppen testen zu können. Gegenstand der Untersuchung sind Forschungsinstitute und Forschungsprojekte und die in ihnen bzw. durch sie verfolgten übergreifenden Forschungsfragestellungen, wobei Forschungsinstitute den raum-zeitlichen Verbund von Personen und sächlichen Ressourcen darstellen und die Forschungslinie die Deutungsfolie für die typischerweise vorfindlichen Handlungsstrategien der Personen innerhalb des Schwerpunkts als dessen Akteure abgibt. Wichtig ist folgender systematischer Unterschied: In diesem Fall werden die Daten von aufeinander bezogenen Einzelaussagen von Personen zu einer Untersuchungseinheit aggregiert. Die gewonnenen Informationen zu den Untersuchungseinheiten werden sodann mit dem Ziel der Typenbildung ausgewertet, aber nicht im Sinne von z. B. Durchschnittswerten analysiert. Als Form der Generalisierung ist Allgemeinheit, nicht Verallgemeinerung gefragt.

Die im Zuge der Auswertung gebildeten Typen stehen zwischen empirischen und analytischen Kategorien. Sie haben den Charakter einer durch wissenschaftliche Theoriebildung konstruierten Grammatik, deren Ausbuchstabierung den

empirisch vorfindlichen Fällen vergleichbare Einzelfälle ergäbe. Sie beinhalten sinnhafte Verknüpfungen von als relevant angesehenen Merkmalen und deren Ausprägungen, die am empirisch vorfindlichen Material exemplarisch nachgezeichnet werden können. Als Beleg für ihre Stichhaltigkeit bleiben die empirische Evidenz und die theoretische Relevanz. Das, was im folgenden 'Typ' genannt wird, ist also dem Material nicht gleichsam 'entsprungen', sondern in einem Prozeß der abwechselnden Betrachtung der Empirie und der theoretisch-konzeptionellen Ausarbeitung vor dem Hintergrund theoretischer Vorannahmen und in wechselseitiger Beeinflussung dieser beiden zum Teil parallel verlaufenden Arbeitsschritte entwickelt worden. Das hier verwendete Verfahren zur Auswertung der Interviewprotokolle gliedert sich in drei Schritte, die im folgenden kurz und idealisiert wiedergegeben und erläutert werden sollen:

1. In einem ersten Schritt werden in allen Interviews die erhaltenen Antworten - soweit sie für eine Auswertung geeignet sind (irrelevante Ausführungen werden ausgeschlossen) - den hinter den gestellten Fragen stehenden Erhebungskategorien zugeordnet. Es werden Unvollständigkeiten und Widersprüche, Lücken im Protokoll und problematische Aspekte registriert - wobei inkonsistente Aussagen durchaus als solche berücksichtigt werden -, und es ergibt sich daraus ein erstes, aus stichwortartigen Interpretationen und Zitatstellen bestehendes Bild von dem Projekt oder dem Institut, das Gegenstand des betreffenden Interviews war.

2. In einem zweiten Arbeitsschritt werden die Informationen der Leiter mit denen der zugehörigen Mitarbeiter verknüpft und nach Möglichkeit zu einer Darstellung der Untersuchungseinheit 'Forschungsinstitut' aggregiert. Aufgrund der spezifischen Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes (höhere Aggregatebene) tritt zwischen die beiden Auswertungsstufen (wissenschaftlich kontrollierter Nachvollzug der Äußerungen einzelner Befragter und Bildung von Mustern bzw. Typen) als dritte Stufe die Aggregation von Einzelaussagen auf die Ebene der Untersuchungseinheit. Durch die Zusammenführung der Informationen erweiterte sich zunächst das Spektrum der erhaltenen Erhebungskategorien und zudem konnten die Aussagen der drei Interviewpartner in sich überschneidenden Teilen aufeinander bezogen, ergänzt und konfrontiert werden. Ergebnis dieses zweiten Arbeitsschrittes waren Fallbeschreibungen, die die wesentlichen Informationen zur Größe und Organisation des Institutes, zur Entstehung und zum Verlauf der übergreifenden Forschungsfragestellungen und zur Anbahnung und zum Verlauf einzelner Forschungsprojekte enthalten. Im Anhang finden sich überarbeitete Zusammenfassungen aller 18 Falldarstellungen.

3. Die vorliegenden Fallbeschreibungen werden nun daraufhin durchgegangen, ob sie Hinweise auf ein oder mehrere allgemeine Konfigurationen der projektübergreifenden Forschungsplanung geben, als deren Ergebnis die vorliegenden Untersuchungseinheiten entstehen könnten. Als Analyseraster wird zunächst

die Differenzierung in eine wissenschaftlich-systematische bzw. einer Verwendungsorientierung hinsichtlich der drei Dimensionen der Selektivität benutzt: Wie werden Forschungsthemen generiert, wie werden konkrete Forschungsvorhaben durchgeführt und in welcher Weise werden die Ergebnisse genutzt? Die Ergebnisse dieser vergleichenden Auswertung sind im abschließenden vierten Kapitel zusammengefaßt.

Als Ergebnis dieses Auswertungsschritts werden die dargestellten Forschungsschwerpunkte in einer Typologie nach der sie gegenwärtig kennzeichnenden Forschungsstrategie unter gegebenen Randbedingungen gruppiert. Hier soll nur vorweg angegeben werden, was wir angesichts der vielfältigen und unterschiedlichen Verwendung dieses Begriffes für unser analytisches Vorgehen unter einer Typologie verstehen. Zunächst stellt sie im Unterschied zu Zusammenhangsanalysen von Merkmalen bzw. Merkmalskombinationen die Beschreibung von komplexen, in der gesellschaftlichen Wirklichkeit vorkommenden Gegenstandsstrukturen dar, und zwar im Unterschied zu bloßen Konfigurationen von Einflußfaktoren so, daß das für eine letztlich im Untersuchungsansatz enthaltene theoretische Erklärung Relevante einer spezifischen Struktur selektiv hervorgehoben wird. Dabei lassen sich in dieser Hinsicht Typen auf einer gemeinsamen Dimension voneinander unterscheiden und vergleichen; eben dies konstituiert die Typologie. In einem weiteren, hiervon formal zu unterscheidenden Schritt der Analyse können dann die erhobenen Fälle der Typologie zugeordnet werden; wobei auch Grenzfälle vorkommen können. Die Darstellungen der Forschungsschwerpunkte sollen nicht zuletzt den durch Dritte nachvollziehbaren Beleg dafür erbringen, daß sich mit einer Typologie der jeweils vorherrschenden Forschungsstrategie das Untersuchungsmaterial sinnvoll interpretieren läßt.



Die Organisation von Forschungseinrichtungen

Das zentrale Anliegen dieser Untersuchung ist es, die Relevanzstrukturen der Forschung in den Ingenieurwissenschaften am Beispiel der westdeutschen Hochschulen aufzuzeigen. Einerseits geht es um Hinweise auf die Steuerung der Forschung, um damit zur Überwindung der externalistisch-reduktionistischen Ansätze in der Wissenschaftssoziologie beizutragen, und andererseits um Ansatzpunkte für die Beurteilung der Effizienz unterschiedlicher organisatorischer Modelle, um damit die klassischen Input-Output-Effizienzbeobachtungen zu ergänzen oder sogar zu überwinden. Die Falldarstellungen im Anhang bestätigen in einer ersten Annäherung an diese Fragestellung, daß es in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung an Hochschulen zwei große Relevanzbereiche gibt: Die Verwendungspraxis und den wissenschaftlich-systematischen Kontext, die beide im Forschungshandeln berücksichtigt und mit unterschiedlichen Gewichten durch die organisatorischen Modelle zum Ausgleich gebracht werden müssen. Ein wichtiger Befund dieser Untersuchung ist, daß sich diesbezügliche Aussagen nur in enger Anlehnung an den Inhalt des Forschungshandelns der Akteure und zunächst nur für eng begrenzte Teildisziplinen treffen lassen. Berücksichtigt man nicht die sich aus den Befragungen der Ingenieure ergebende Logik des Forschungshandelns in jedem Einzelfall, lassen sich kaum andere als pauschale und wenig zutreffende Urteile über die interne oder externe Steuerung der Forschung oder deren Effizienz fällen. Wir können entsprechende Analysen zunächst nur für die Teildisziplinen Maschinenelemente und Konstruktionstechnik vornehmen, weil für diese beiden vollständiges Material vorliegt. Für die vier mehr zu Vergleichszwecken herangezogenen Werkzeugmaschineninstitute muß das zurückgestellt werden.

Historisch-systematisch bildet "Maschinenelemente" die traditionsreichere ältere Teildisziplin des Maschinenbaus, die auf die Analyse und theoretische Durchdringung von Maschinenteilen hinsichtlich der zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten abzielt. Aus dem technischen Zeichnen

und im Gefolge der zwischen 1963 und 1967 entflammten Diskussion um den "Engpaß Konstruktion" (vgl. hierzu die Beiträge in der Zeitschrift Konstruktion, 1963, Hefte 11 und 12, 1967 Heft 5) entwickelte sich verstärkt die Konstruktionsmethodik, und im Zusammenhang mit der elektronischen Datenverarbeitung - z. B. in Gestalt von CAD-Systemen - entstand die Konstruktionslehre (bzw. -technik) als Systemlehre, welche ein methodisches Instrumentarium zur Generierung und Optimierung neuer bzw. bestehender technischer Artefakte liefern sollte. Beide Teildisziplinen - heute häufig unter dem Begriff der Konstruktion zusammengefaßt und als solche in den Bezeichnungen von Instituten und Lehrstühlen wiederkehrend - sind letztlich auf das gleiche Ziel, die Generierung und Funktionsoptimierung von technischen Artefakten, ausgerichtet. Für die Teildisziplin Maschinenelemente bedeutet dies, daß sie die grundlagenwissenschaftliche Rekonstruktion von Artefakten leistet und in der Folge generalisierende Gesetzmäßigkeiten bzw. Funktionen zur Verfügung stellt, mit deren Hilfe Artefakte erzeugt bzw. verbessert werden können - was als erste Welle der Verwissenschaftlichung der Konstruktion bezeichnet wird. Die Konstruktionslehre trägt zur Funktionsoptimierung durch die Systematisierung des Konstruktionsprozesses selbst bei, was häufig die Rezeption und Bereitstellung der neuesten Ergebnisse der Forschung auf den Gebieten der Maschinenelemente und benachbarter Disziplinen (Informatik, Elektrotechnik) sowie die Integration verwendungsbezogener Regeln z. B. zum Kostensenken oder zum montagegerechten Konstruieren mit einschließt. Dies kann als zweite Welle der Verwissenschaftlichung bezeichnet werden, als deren Ergebnis seit den siebziger Jahren eine rege Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der CAD-Anwendungen unter Einschluß exemplarischer Realisationen und deren Unterfütterung durch Erkenntnisse aus dem Bereich des methodischen Konstruierens festzustellen ist.

Beide Teildisziplinen bedienen sich in hohem Maße der Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung. Dabei hat der Computer in der Forschung auf dem Gebiet der Maschinenelemente vor allem bei der Simulation (z. B. Finite-Elemente-Methode) oder bei der Meßdatenerfassung und Meßdatenaufbereitung Einzug gehalten, während er in der Konstruktionstechnik mit Ausnahme der Konstruktionsmethodik im engeren Sinne, die sozusagen "am Schreibtisch" entwickelt wurde, integrales Werkzeug bei der Programmerstellung und -nutzung ist. Dies hat dazu geführt, daß sich ein breites Feld von Forschungsprojekten auf diesem Gebiet etabliert hat und sich ein Typus von Forschungshandeln herausgebildet hat, der weitgehend in der Konzeption und Realisation von Anwender-Software und entsprechenden Hilfsprogrammen besteht und sich damit von dem klassischen Forschungshandeln gravierend unterscheidet. Dies ist, nach Experteninterviews und den fast 40 mit Institutsleitern und deren Mitar-

beitern durchgeführten Erhebungsgesprächen zu urteilen, der übergreifende Kontext, in dem die Forschungsarbeiten der einzelnen Institute zu sehen sind.

Dabei lassen sich zwei dominierende Formen des Forschungshandelns feststellen: Das eine ist das auf die experimentelle und theoretische Analyse von Artefakten ausgerichtete *Experimentieren*, und das andere das um die Erstellung von Software zentrierte *Programmieren* (wobei die Programmierarbeit am Bildschirm selbst nur einen sehr kleinen Teil dessen ausmacht, was hier unter Programmieren verstanden wird). Daneben gibt es weitere, weniger verbreitete Typen des Forschungshandelns, die aber hier zunächst unberücksichtigt bleiben müssen. An Typen des Forschungshandelns interessiert uns dabei zunächst,

- woher die jeweilige Fragestellung stammt, wie sie sich entwickelt hat und mit Bezug zu welchen Relevanzsystemen (wissenschaftlich-systematisches System versus Verwendungssystem) sie zugeschnitten wurde,
- welches operationale Forschungsdesign gewählt wird, um eine Lösung zu finden, und wie die verfügbaren Ressourcen eingesetzt werden,
- in welchen Verwendungszusammenhängen die erarbeiteten Ergebnisse ihre Bedeutung erhalten, in welches Relevanzsystem sie also "zurücktransferiert" werden.

Forschung in den untersuchten Teildisziplinen ist - um es am Beispiel des *Experimentierens* zu zeigen - auf die betriebliche Verwendung von Artefakten ausgerichtet. Sie trägt im Grunde, wenn auch auf verschiedenen Wegen, zur Funktionsoptimierung dieser Artefakte bei, wobei sich die Optimierungskriterien aus den Verwertungsinteressen der Unternehmen ableiten. Wälzlager sollen beispielsweise eine höhere Zuverlässigkeit erlangen, mehr eingebrachte Energie aufnehmen können oder für immer extremere Einsatzbedingungen geeignet sein. Andererseits werden Fragen dieser Art in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung an Hochschulen von einem generalisierenderen Blickpunkt aus behandelt. Nur selten geht es ausschließlich um die Lösung des praktischen Problems eines Verwenders allein. Die erarbeiteten Konzepte sollen auf einem höheren Niveau der Allgemeinheit angesiedelt sein, um so aus der einmal erarbeiteten Lösung immer neue Einzelfälle ableiten zu können, und dabei - dies ist Voraussetzung - wird in die "Black box" der Gesetzmäßigkeiten der physikalischen Funktionsweise technischer Artefakte vorgedrungen. Es reicht nicht allein, ein besser funktionierendes Lager zu entwickeln, wenn nicht bekannt ist, welche Gesetzmäßigkeiten der Funktionsweise eines Lagers zugrundeliegen, wie diese sich im Artefakt auswirken und auf diese Weise insgesamt in ihrem Zusammenwirken zur Funktion des Artefakts beitragen. Einerseits ergeben sich aus einem solchen theoretischen Konzept weitere Projektthemen, die ihrerseits auf der Stufe von *Machbarkeitsanalysen* stehen können. Andererseits werden durch *exemplarische Realisationen* des Konzeptes in der Kooperation mit Verwendern Pra-

xisprobleme gelöst, was der Kontrolle der Ergebnisse in und der Einspeisung aktueller Fragen aus der Praxis ebenso wie der Aufbesserung des Institutshaushaltes dient.

3.1 Die Struktur von Forschungslinien

Aus dieser Koppelung der Erfüllung von Verwendungsinteressen mit deren grundlagenorientierten Durchdringung, sei es als Problemdefinition oder als Entwicklung von Optimierungskriterien, wird eine Projektion von nächsten und nachfolgenden Arbeitsschritten abgeleitet, d. h., es werden abzuarbeitende Probleme und anzustrebende Lösungen anvisiert, die - jeweils aktualisiert - an den bisherigen Stand der Technik im Institut sowie an die Projektergebnisse anschließfähig sind. Von dieser an die Mitarbeiter, speziell an neue, vermittelten Projektion werden die jeweils unmittelbar anstehenden Projektthemen abgeleitet. Im Rahmen dieser übergreifenden Projektion, also einer in die Zukunft verlängerten Fragestellung, die wir *Forschungslinie* nennen (vgl. Strübing 1989; ausführlich Fuchs 1992b), erhalten die Projekte ihren wissenschaftlichen Stellenwert. Die Forschungslinie als Projektion für gemeinsame Arbeit wird oft schon im Verlaufe eines Vorhabens oder aber nach dessen Abschluß modifiziert, weil die Forschungsergebnisse bzw. die nicht erreichten Ergebnisse, die allgemeine technische Entwicklung z. B. auf dem Gebiet der Werkstoffe, der elektronischen Datenverarbeitung oder schließlich der Wandel der - antizipierten - Verwendungsinteressen dies notwendig machen. Eine Forschungslinie ist also nicht ein einmal festgelegtes starres Forschungsprogramm, sondern eine sich stets wandelnde, bisherige Forschungsaktivitäten und deren Ergebnisse systematisierende und zugleich zukünftige Forschungsfelder eröffnende Arbeitsplanung.

Die Bearbeitung von Projekten und die Analyse von Artefakten ist insofern stets grundlagenorientiert: Zunächst werden theoretisch mögliche Einflußfaktoren bestimmt und - soweit Vorkenntnisse vorhanden sind - in Form von Funktionen und Gleichungen miteinander in Beziehung gesetzt und damit zu einem ersten theoretischen Modell des Artefakts und seiner Funktionsweise verknüpft. Die Bestätigung dieses theoretischen Modells ist zunächst das mittelfristige Ziel einer Forschungslinie. Die Voraussagbarkeit der tatsächlichen Funktion des Artefakts aufgrund dieses Modells ist meistens ungenau, und dies ist dann Ausgangspunkt für weitere experimentelle Verbesserungen des Modells. Dabei ergeben sich die Ansprüche, denen das Modell hinsichtlich der Voraussagegenauigkeit zu genügen hat, meistens aus den Einsatzbedingungen des Artefakts in der Praxis.

Experimentell werden dann eine Fülle von weiteren Parametern gemessen und ausgewertet, um deren Wirkung auf die Funktion des Artefakts möglicher-

weise abhängig mit anderen schon bekannten oder noch nicht bekannten Parametern zu ermitteln. Die Meßergebnisse werden in verallgemeinerter Form wieder in das theoretische Modell integriert, das damit komplexer und eben deswegen der Wirklichkeit angemessener ist. Dieses Vorgehen ähnelt auf den ersten Blick naturwissenschaftlicher Forschung. Die genauere Betrachtung zeigt jedoch, daß es nicht auf die Aufstellung immer exakterer grundlegender physikalischer Gesetzmäßigkeiten abzielt, sondern auf deren spezifische Interaktion am Artefakt, was einen trotz verwandtem experimentellen Vorgehen anderen Zuschnitt des Forschungshandelns als in den Naturwissenschaften darstellt. Es ist insoweit verwendungsnäher, als es konkret auf die Artefakte bezogen ist und nicht auf "gegenstandslose" Naturgesetze als solche. Außerdem ist die Wahl der untersuchten Parameter z. T. von Praxiserfahrungen abhängig; Ohnehin können keine Parameter eingeführt werden, die keinen nachweisbaren Einfluß auf die Funktion des Artefakts haben; aber unter mehreren einflußreichen Parametern werden meist diejenigen variiert, deren Manipulation sich bei der Herstellung der Artefakte in der Praxis als am wenigsten aufwendig gestaltet.

Was die Ergebnisse der Forschung angeht, so ermöglicht das erarbeitete Know-how zum einen die Lösung unmittelbarer Anwendungsprobleme, sozusagen im Wege der Ausbuchstabierung allgemeinen Wissens für einen Einzelfall, und dient gleichzeitig generalisierend der Erweiterung des Wissens über einen Artefaktbereich und dessen Funktionen sowie der Abarbeitung von Forschungslinien, was wir als *Transferkompetenz* des Forschungshandelns bezeichnen.

Die Forschungslinien verbinden somit Verwendungslogik und wissenschaftlich-systematische Logik hinsichtlich Themenfindung, Durchführung und Ergebnistransfer und ermöglichen ein sinnvolles, effizientes Voranschreiten der Forschung als Prozeß in Form von Forschungsprojekten innerhalb von Forschungseinrichtungen. Daraus ergeben sich Randbedingungen für die Forschung. Forschung - darauf haben wir im einleitenden Teil hingewiesen - ist nur als vergesellschaftete Forschung denkbar, "frei schwebende" ingenieurwissenschaftliche Forschung wäre wegen des unhintergehbaren Verwendungsbezuges der Artefakte als Forschungsgegenstände inhaltsleer und um ihrer selbst willen wegen der immensen Aufwendungen für die experimentelle Forschung kaum finanzierbar. Die Randbedingungen sind daher nicht als etwas Kontingentes zu verstehen, das der kognitiven Struktur des Forschungshandelns entgegensteht und es in seiner Entfaltung hindert. Vielmehr entfaltet sich durch sie der je nach Position in der Forschungslandschaft unterschiedlich strukturierte Raum, in dem sich die ingenieurwissenschaftliche Forschung vollzieht. Distanzieren muß man sich wohl von der Vorstellung, ingenieurwissenschaftliche Forschung könne sich in einem Freiraum völliger Selbststeuerung entfalten. Daraus folgt nicht zwingend eine Funktion als "verlängerte Werkbank" der Industrie. Vielmehr

entfaltet sich die Sachlogik des **Forschungshandelns** nur in Auseinandersetzung mit den **Randbedingungen** vergesellschafteter Forschung, was Konflikte durchaus einschließt. Diesen **Randbedingungen** wollen wir im folgenden nachgehen.

3.2 Randbedingungen der Forschungsorganisation

Bei der Darstellung der Organisation der untersuchten Forschungseinrichtungen müssen einige **Randbedingungen** berücksichtigt werden, die für alle untersuchten Forschungseinrichtungen mehr oder weniger wirksam sind, weil alle untersuchten Institute - auf die Einrichtungen aus dem Zusatzsample der Werkzeugmaschineninstitute trifft dies, wengleich abgeschwächt, auch zu - den sich aus der Hochschulorganisation ergebenden Vergesellschaftungsbedingungen unterliegen. Dazu gehört zum einen die relativ starke Belastung der Mitarbeiter durch die Lehre sowie deren Qualifikationsinteressen, die ständige Fluktuation der Mitarbeiter sowie die Notwendigkeit, zusätzliche Mittel durch Forschungsaufträge zu akquirieren, sowie schließlich die spezifische Situation, die sich aus der Verortung der Institute in der untersuchten Teilforschungslandschaft ergeben, an der neben ihnen auch Praxisvertreter und Förderer beteiligt sind. Jede dieser **Randbedingungen** wirkt in spezifischer Weise auf die Themengenerierung, die Umsetzung in Forschungsprojekte und auf den Transfer der Forschungsergebnisse zurück, wobei hier nur auf deren allgemeine Wirksamkeit eingegangen werden soll und nicht auf die spezifischen Ansatzpunkte je nach organisatorischem Modell der Forschungseinrichtungen.

(a) Die Teilforschungslandschaft

Die untersuchten Forschungseinrichtungen gehören jeweils schwerpunktmäßig einer Teildisziplin des Maschinenbaus an:¹ den Maschinenelementen oder der Konstruktionstechnik, wengleich natürlich die meisten Forschungseinrichtungen sowohl Fragestellungen der einen wie der anderen Teildisziplin verfolgen. Die Teildisziplinen sind so verschmolzen, daß sich ein Feld mehr oder weniger miteinander verbundener Institute findet. Nur wenige Einrichtungen stehen auf-

¹ Die Institute aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus konstituieren eine andere, fertigungstechnische Teilforschungslandschaft. Hierzu liegen einerseits aber kaum Informationen vor, und andererseits sollen diese Institute ja vor allem hinsichtlich der internen Organisation der Forschung zum Vergleich herangezogen werden. Das schwerpunktmäßige Interesse liegt auf den Instituten der Konstruktionstechnik und der Maschinenelemente

grund ihres thematischen Zuschnitts außen vor, wozu zum Beispiel die Forschungseinrichtung C gehört.²

In der untersuchten Teilforschungslandschaft haben sich für diese beiden Teildisziplinen verschiedene Gremien und Organisationen herausgebildet, in denen Forschungsthemen abgesteckt und z. T. auch abgestimmt, Ressourcenentscheidungen getroffen, Personalentscheidungen angebahnt³ und Forschungsergebnisse gewürdigt werden. Dies sind die **Institutionen** - z. T. der *Scientific community* - die die globale thematische Ausrichtung tragen, vorantreiben und dabei entsprechend den aktuellen wie auch den **außerdisziplinären** Entwicklungen modifizieren. In ihnen wird zwischen **Hochschul**instituten und **Verwendungspraxis** sowie sonstigen Förderern vermittelt und der grobe Zuschnitt der weiteren Forschungsplanung verhandelt. Infolge der Vielzahl der Gremien und Entscheidungen entsteht ein nicht-hierarchischer Abstimmungsprozeß, der es den Hochschulinstituten erlaubt, Forschungslinien zu verfolgen, die nicht direkt von den Förderern gesteuert werden, wobei es natürlich Rückwirkungen jeder Entscheidung und Maßnahme auf die Förder- und Forschungslandschaft gibt.

Zunächst ist die **Gesellschaft für Maschinenelemente und Konstruktionstechnik** zu nennen, in der die deutschsprachigen Fachvertreter zusammengeschlossen sind und der derzeit etwa 50 Hochschullehrer angehören. Hervorgegangen ist diese Gesellschaft aus einer Gruppe von Hochschullehrern, die in den sechziger Jahren an einem der untersuchten Institute, das heute als "Wiege" der westdeutschen Konstruktionsmethodik angesehen wird, als wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt waren und dort promoviert haben. Um diesen "harten Kern" hat sich im Zuge der Einrichtung von Parallellehrstühlen und der Berufung von Hochschullehrern für Spezialgebiete der Konstruktion ein Kranz von z. T. jüngeren Wissenschaftlern gruppiert.⁴ Neben der gegenseitigen Information dienen die jährlichen Tagungen der Mitglieder dieser Gesellschaft vor allem der Bearbeitung von Konkurrenzsituationen bei der Einwerbung von Drittmitteln und z. T. auch der Abstimmung hinsichtlich längerfristiger Forschungsfragestellungen.

-
- 2 Die Erfahrung in den Interviews zeigt zudem, daß wir bei der Auswahl der Untersuchungseinheiten keine zentrale **Einrichtung** aus dieser Teilforschungslandschaft übersehen haben. Gleichwohl bestehen natürlich von einigen Instituten Kontakte zu außerhalb unseres Samples stehenden Einrichtungen. Dennoch repräsentieren die untersuchten Institute den Kern der anvisierten Forschungslandschaft - das Auswahlverfahren erweist sich als trennscharf.
 - 3 Einerseits eröffnen sich **Karrierchancen** für die an Industrieprojekten beteiligten wissenschaftlichen Mitarbeiter - die **Abwerbung** wird hier zum Instrument des Technologietransfers - und andererseits werden **interessierte Praktiker** auf die Möglichkeiten einer Hochschullehrerkarriere aufmerksam gemacht.
 - 4 Eine ähnliche Gesellschaft gibt es für die hier nur vergleichsweise herangezogenen **Werkzeugmaschinen-Institute** (O, P, Q und R).

gen zwischen den als Leiter einer Forschungseinrichtung tätigen Hochschullehrern. In dieser Gesellschaft konstituiert sich die Scientific community dieser Teildisziplin. Sie wird um die Arbeitskreise im Rahmen der Forschungsvereinigungen, des DIN, des VDI und der VDMK ergänzt.

Diese Gremien setzen sich aus Vertretern der Verwender, der jeweiligen Förderer und den Forschern einer spezifischen Teildisziplin bzw. speziellen Forschungsrichtung zusammen und dienen aus der Sicht der untersuchten Forschungseinrichtungen als deren "Schnittstelle" zur Praxis: Zum einen sollen die jeweils aktuellen Probleme der Verwender in diesen Foren dargestellt und möglicherweise von den Forschern aufgegriffen werden, was der Anbahnung eines Forschungsauftrages oder -projektes zwischen einem Verwender und einem Forschungsinstitut oder zumindest der Initiierung von Vorlaufforschung auf seiten des Institutes nützlich ist. Zum anderen sind diese Gremien aber nicht nur Kontaktstelle zu Wirtschaft, die es den Instituten ermöglicht, Aufträge zu akquirieren, vielmehr werden auch umgekehrt Ideen und Anregungen für zukünftige Forschungsaktivitäten und z. T. sogar neue Lösungswege - meist auf der Grundlage des im Rahmen vorheriger Forschungsprojekte erarbeiteten Know-hows des Instituts - über diese Gremien in die Verwendungspraxis eingespeist, so daß sich durchaus eigenständige Entwicklungslinien aus den Instituten in der Verwendungspraxis derart auswirken, daß dann anschließend entsprechende Forschungsaufträge - meist an das Institut, von dem die Initiative ausging - vergeben werden. Schließlich werden im Rahmen dieser Gremien persönliche Kontakte geknüpft, über die Informationen über die neuen technischen Entwicklungen in der Praxis ausgetauscht, Karrierechancen - für die promovierten Mitarbeiter in die Praxis ebenso wie für erfahrene Ingenieure aus der Praxis im Hochschulbereich - eröffnet und wechselseitige Hilfestellungen bei der Lösung kleinerer Probleme gewährt werden. Letztlich stärken und verstetigen diese Kontakte die Beziehung der Forschungseinrichtungen zur Verwendungspraxis, was der thematischen Entwicklung in den Forschungseinrichtungen weitere Bezugspunkte und zugleich Grenzen eröffnet.

Die untersuchten Forschungseinrichtungen sind in einer Teilforschungslandschaft lokalisiert, die sich durch die verschiedenen skizzierten Kommunikations- und Kooperationsformen zu einer Scientific community ausgestaltet, was eine gewisse thematische Distanz aber auch Affinität zu der von den beteiligten Hochschullehrern vorangetriebenen Fragestellung bedingt: Zwar gibt es partielle Überschneidungen und in deren Folge Konkurrenz und Kooperation. Überwiegend aber herrschen trennscharfe Abgrenzungen vor, so daß die Forschung sich gewissermaßen in einer Fülle von aufeinander bezogenen Nischen vollzieht, was als Randbedingung für die Wahl von Forschungsthemen angesehen werden muß. Dies zeigt das Beispiel eines Hochschullehrers, der aus dieser thematischen Geschlossenheit ausgeschert ist und damit tendenziell auch aus der Scientific com-

munity herausfällt. So hat er sich an einem konstruktionstechnischen Institut schwerpunktmäßig einer Fragestellung zugewandt, die nach traditioneller Auffassung dem Bereich der Forschung zu den Werkzeugmaschinen zuzuordnen ist. Dies hat dazu geführt, daß dieses Institut kaum an der Vergabe der im Bereich der Konstruktion zur Verfügung stehenden Ressourcen aus den öffentlichen Forschungsförderungseinrichtungen partizipiert und zudem kaum Verbindungen zu den übrigen Forschungseinrichtungen bestehen. Das Institut ist aus der Teilforschungslandschaft kognitiv und sozial ausgeschert.

Als Resümee kann festgehalten werden, daß die einzelnen Institutsleiter zwar aufgrund der Tatsache, daß sie Kapazitäten auf ihrem Gebiet sind, einen gewissen Gestaltungsspielraum bei der Wahl neuer Forschungsthemen haben, sich andererseits aber im Rahmen der durch die Scientific community formierten Teildisziplinen bewegen müssen, der sie wiederum angehören, solange sie thematisch nicht zu weit abweichen, und die sie kollektiv gerade durch die Aufrechterhaltung einer höheren Außen- als Binnendifferenz konstituieren. So gibt es eben eine weitgehend geteilte Auffassung darüber, in welcher Weise die weiteren Entwicklungen der Werkstofftechnik oder der Informatik für den Maschinenbau nutzbar gemacht werden sollen, und es ist das Ergebnis eines Aushandlungsprozesses, bis zu welchem Grad sich die Teildisziplin Konstruktion an der Ausarbeitung und Ergänzung des CIM-Konzeptes beteiligen soll. Diskurse darüber werden in den Gremien der Forschungslandschaft unter Einschluß der Verwender geführt.

(b) Die Lehre

Die untersuchten Forschungseinrichtungen sind Institute oder Lehrstühle an westdeutschen wissenschaftlichen Hochschulen. Dies gilt auch für die als Doppelseinrichtung in außeruniversitärer Trägerschaft und als Hochschulinstitut geführten Einrichtungen aus dem Zusatzsample der Werkzeugmaschineninstitute (Forschungseinrichtungen O, P, Q und R). Daraus folgt, daß die Einrichtungen neben der Forschung und der Qualifikation des Nachwuchses Aufgaben in der Lehre wahrzunehmen haben, woraus sich in zweifacher Hinsicht Randbedingungen für die Forschung ableiten:

Konstruktionstechnik und/oder Maschinenelemente sind in den meisten Diplom-Studiengängen Maschinenbau bzw. Maschinenwesen zunächst als umfang-

reiche Pflichtbestandteile in das Grundstudium integriert:⁵ je nach fachlicher Ausrichtung sind für die Studierenden drei oder vier Vorlesungen Maschinenelemente und/oder Konstruktionslehre (oder -technik) vorgeschrieben, die mit Leistungsnachweisen abgeschlossen werden müssen und deren Stoff meist Bestandteil der Diplom-Vorprüfung ist. Im Hauptstudium ist nur Konstruktionstechnik als Vertiefungsgebiet etabliert, wobei verschiedene Varianten möglich sind: (a) Veranstaltungen der Konstruktionstechnik sind im Rahmen einer Studienrichtung Konstruktionstechnik o.ä. Pflichtfach und Bestandteil der Diplom-Prüfung; (b) Veranstaltungen der Konstruktionstechnik sind für alle Studierenden oder aber für bestimmte Studienrichtungen Wahlpflichtveranstaltungen; (c) Veranstaltungen der Konstruktionstechnik sind für alle Studierenden oder Studierende einiger Studienrichtungen Wahlveranstaltungen. Je nach Studiengangskonzeption und Vertiefungsgebieten überschneiden sich diese Varianten innerhalb eines Studiengangs. Außerdem werden auch Veranstaltungen für Studierende anderer Studiengänge - als Neben- oder Wahlfach - angeboten. Schließlich ist die Ausbildung an CAD-Systemen als Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlfach Bestandteil der meisten einbezogenen Studiengänge. Hinzu kommt, daß sich die untersuchten Forschungseinrichtungen auf spezielle Maschinenelemente spezialisiert haben (z. B. Antriebs Elemente, Verbindungselemente, Getriebe, Pumpen usw.), für die dann in den einzelnen Vertiefungsgebieten Lehrveranstaltungen im Hauptstudium angeboten werden, für die sich die gleichen Konstellationen wie bei der Konstruktionstechnik finden.

Aus der Stellung der Maschinenelemente als zentrale Teildisziplin des Maschinenbaus und der daraus abgeleiteten engen Einbindung in das Grundstudium aller Studiengänge einerseits und aus der Ausdifferenzierung der Studiengänge im Hauptstudium in eine Fülle von Studienrichtungen andererseits, woraus die Beteiligung sowohl der Maschinenelemente als auch der Konstruktionstechnik im Hauptstudium resultiert, ergeben sich unter Berücksichtigung der hohen Studierendenzahlen - es sind häufig mehrere hundert Studierende in einem Studienjahr - Lehraufgaben, die tatsächlich am besten mit dem Schlagwort der Überlast charakterisierbar sind. Denn mit den planmäßigen Mitarbeitern allein lassen sich diese Aufgaben an den meisten Instituten nicht bewältigen. Daraus folgt, daß die Lehraufgaben meist zu gleichen Teilen auf die Mitarbeiter auf etatmäßigen Stel-

⁵ Grundlage dieser und der folgenden Aussagen sind die Prüfungsordnungen der Studiengänge, an denen die Mitarbeiter der untersuchten Forschungseinheiten schwerpunktmäßig an der Lehre beteiligt sind; bei den einbezogenen Gesamthochschulen wurde der Kurz- wie Langzeitstudienangang berücksichtigt - zwar können die Absolventen des Kurzzeitstudienganges nicht als wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt werden, aber soweit es die Lehrbelastung der Mitarbeiter angeht, müssen sie auch diesen Studiengang bedienen. Es handelt sich um die Studiengänge Maschinenbau, Maschinenwesen, in zwei Fällen um den Studiengang Fertigungstechnik und in einem Fall um den Studiengang Konstruktionstechnik.

len und auf die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter verteilt werden müssen, was die meisten Förderer zwar formal bei der Mittelvergabe ausschließen, unter der Hand aber dulden. Die Umverteilung der Lehraufgaben ergibt sich vor allem aus der Notwendigkeit, die auf etatmäßigen Stellen beschäftigten Mitarbeiter von den - sie sonst ganz in Anspruch nehmenden - Lehraufgaben zu entlasten (vgl. hierzu auch Holtkamp u.a. 1986, S. 182; Kaddatz 1987, S. 243). Auf diese Weise dient die Einwerbung und Bearbeitung von Drittmittelprojekten gleichzeitig der Sicherung der Lehre. Denn ohne die Chance zu promovieren, so die einhellige Ansicht der befragten Hochschullehrer, wären auch für etatmäßige Stellen kaum hochqualifizierte Mitarbeiter rekrutierbar. Wichtiger aber ist, daß die planmäßigen Mitarbeiter auf diese Weise überhaupt, zumindest in der Vorlesungszeit, für Forschungsaufgaben zur Verfügung stehen. Denn es sind die Planstellen, durch die unabhängig von konkreten Projekten und Industrieaufträgen - und damit unabhängig von Verwendungsinteressen - mit nur geringen Sachmitteln an der Weiterentwicklung der verfolgten Forschungsfragestellungen gearbeitet werden kann, und darauf aufbauend in Zusammenarbeit mit dem Leiter Forschungsanträge formuliert werden können. So ergibt sich also ein wechselseitiges Funktionsverhältnis: Die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter müssen Lehraufgaben wahrnehmen, damit die Planstelleninhaber Zeit für die Durchführung von Forschungsprojekten sowie für die Planung und Beantragung zukünftiger Drittmittelvorhaben haben, was langfristig die Drittmittelmitarbeiter absichert.

Die Mitarbeit an der Lehre hat aber auch positive Wirkungen für die mit bestimmten Projekten oder Aufträgen beschäftigten Mitarbeiter: Die Betreuung der Studierenden führt bei ihnen zur Aktualisierung des theoretischen Bezugsrahmens ihrer Arbeiten und zur Reflexion über die Grundlagen der Disziplin. Dies hält den wissenschaftlich-systematischen, auf Generalisierung angelegten Charakter der Forschung für sie gegenwärtig. Daneben haben die wissenschaftlichen Mitarbeiter wegen der Verbindung von Forschungs- und Lehrfunktion die Möglichkeit, Studien- und Diplomarbeiter⁶ bzw. studentische Hilfskräfte zur Unterstützung bei der Bearbeitung von Forschungsvorhaben zu rekrutieren. In den meisten Diplom-Studiengängen Maschinenbau bzw. Maschinenwesen sind Studienarbeiten im Hauptstudium obligatorisch, und diese werden - je nach Studienschwerpunkt - auch an Forschungseinheiten für Konstruktionslehre oder Maschinenelemente betreut. Die Diplomarbeiter stammen überwiegend aus diesen Studiengängen, nur gelegentlich können Diplomanden anderer Studiengänge wie z. B. Informatik oder Elektrotechnik für eine Diplomarbeit an den hier un-

⁶ Die Bezeichnungen "Studienarbeiter" bzw. "Diplomarbeiter" wurden in den Interviews immer wieder wie selbstverständlich benutzt. Aus Gründen der Authentizität werden sie auch hier verwendet.

tersuchten Instituten gewonnen werden, was vor dem Hintergrund der Nutzbar-
machung der Kenntnisse und Fähigkeiten der Examenskandidaten der jeweils
anderen Disziplin für konkrete Forschungsprojekte gewünscht wird. Die
Studien- und Diplomarbeiten werden von den wissenschaftlichen Mitarbeitern
betreut und liegen thematisch überwiegend an der Peripherie ihrer eigenen For-
schungsprojekte. Eine Unterscheidung der Aufgaben der studentischen Hilfs-
kräfte hiervon scheint wichtig: Während Studien- bzw. Diplomarbeiten durch
die Anwendung fachbezogener Problemlösungskompetenz und einen vergleichs-
weise geringen Grad der Vorstrukturierung durch den wissenschaftlichen Mitar-
beiter, dafür aber durch eine geringere Nähe zu konkreten Forschungsprojekten
gekennzeichnet sind, zeichnen sich die Aufgaben für studentische Hilfskräfte
durch die stärker repetitive Ausführung vorstrukturierter Handlungsabläufe aus
(Meßdatenerfassung, Prüfstandbedienung, z. T. Programmierung). Sie stehen
dafür aber im engeren Kontext konkreter Forschungsvorhaben. Vor dem Hinter-
grund der Tatsache, daß mit der erfolgreichen Bewältigung einer Studien-, vor
allem aber einer Diplomarbeit für den Studierenden ein formaler Qualifikations-
sprung verbunden ist und die Arbeiten der studentischen Hilfskräfte andererseits
vergütet werden, leuchtet dieser Unterschied durchaus ein. Insgesamt wird
durch die Beschäftigung von Studien- und Diplomarbeitern einerseits und stu-
dentischen Hilfskräften andererseits die Bewältigung umfangreicher Forschungs-
projekte durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter überhaupt erst möglich.

Schließlich, und dies betrifft vor allem den mit den Vorlesungen betrauten
Hochschullehrer, ergeben sich aus der systematisierenden Präsentation des als
"Stoff" aufbereiteten Grundlagenwissens der Disziplin Hinweise auf bisher nicht
beachtete Lücken und offene Fragen - was den Studierenden freilich in der Re-
gel verborgen bleibt. Auf diese Weise erfüllt die Lehre auch für den Leiter die
Funktion ständiger Reflexion der Grundlagen der am Institut bearbeiteten
Gegenstände, wenngleich natürlich das präsentierte Lehrbuchwissen z. T. me-
chanisch dargeboten wird. Dennoch ergeben sich aus der Verbindung von For-
schung und Lehre gelegentlich Forschungsfragen aus Leerstellen im Grundla-
genwissen. Diese Verbindung fehlt den wissenschaftlichen Mitarbeitern der
Werkzeugmaschineninstitute aufgrund der Größe der Forschungseinrichtungen
aber auch aufgrund der Tatsache, daß diese Institute im wesentlichen in der
Lehre im Hauptstudium engagiert sind.

(c) Die Drittmittel

Die Forschung in den untersuchten Instituten wird nur zu einem sehr kleinen
Teil aus den "Bordmitteln" des Instituts- bzw. Hochschulhaushalts finanziert,

wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß ein nicht unbeträchtlicher Teil der Personalmittel von den Hochschulen gestellt wird. Dennoch, Forschung vollzieht sich, auch wenn sie von Planstellenmitarbeitern als Eigen- oder Vorlauforschung durchgeführt wird, in Form von Projekten, die überwiegend von den Drittmittelgebern aus der "Förderlandschaft" finanziert werden. In der Regel soll in einem überschaubaren zeitlichen Rahmen von bis zu drei Jahren - mit Verlängerungsmöglichkeit - mit begrenzten sächlichen und, soweit notwendig, auch personellen Ressourcen eine eng umrissene Fragestellung bearbeitet werden und am Schluß ein meist als Bericht abgefaßtes Forschungsergebnis stehen.

Die Projekte sind meist auf einen einzelnen Mitarbeiter zugeschnitten: "Gedacht wird in einem Kopf". Die Bearbeitung einer Forschungsfrage im Team wird im hier untersuchten Forschungsfeld nicht praktiziert (vgl. ähnlich Kaddatz 1987; Becher 1987, S. 283). Arbeitsteilig-betriebsförmiges oder stark vorstrukturiertes Vorgehen tritt erst auf der Ebene der an jedem Projekt beteiligten studentischen Hilfskräfte sowie Studien- und Diplomarbeitern zu Tage. Dies geschieht wohl auch, weil die mit den Projekten verknüpften Dissertationsvorhaben bei arbeitsteiliger Bearbeitung der Projekte hinsichtlich ihrer Urheberschaft nicht mehr eindeutig zuzuordnen wären. Kooperationen zwischen Projekten eines größeren Themenbereiches bewegen sich, mit Ausnahme der in Sonderforschungsbereichen angesiedelten Vorhaben, auf der Ebene der Versuchs- und Meßtechnik, die gemeinsam entwickelt und genutzt wird, was sich z. T. daraus ergibt, daß auf ihr ein Gutteil des in der Förderlandschaft wahrgenommenen Problemlösungspotentials des Instituts beruht.

Die Mittel stammen zum einen von den öffentlichen und halböffentlichen Förderern - der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie der Europäischen Gemeinschaft - oder der Industrie selbst in Form von direkten Industrieaufträgen. Daneben wird ein Teil der Forschungsmittel über die in der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen zusammengeschlossenen Förderungsgruppen vergeben, die die Mittel mehrerer Unternehmen bündeln, durch staatliche Fördergelder aufstocken und dann in Form von projektbezogenen Fördermitteln vergeben. Schließlich werden Mittel in Form von direkten Industrieaufträgen vergeben.

Diese Form vergesellschafteter Forschung wirkt in vielfältiger Weise auf die Bearbeitung von Forschungslinien zurück: Während die Themen der Projekte bei den öffentlichen Förderern weitgehend von den Instituten selbst - wenn gleich natürlich in Absprache mit den Förderern - zugeschnitten werden können, stammt die Themenstellung bei Industrieaufträgen schwerpunktmäßig von den interessierten Verwendern, wobei die Institute vor allem bei den über die AiF abgewickelten Vorhaben aber auch bei direkten Industrieaufträgen versuchen, Fragestellungen in diese vermittelnden Gremien zu den Verwendern zu tragen, um dann von entsprechenden Aufträgen zu profitieren. Wichtig für die

Frage, unter welchen Bedingungen Forschungslinien verfolgt werden können, ist hierbei: (1) Auch komplexe Fragestellungen müssen auf relativ übersichtliche Themenstellungen für Projekte zugespielt werden. (2) Die Bewilligung der Vorhaben ist ungewiß - entweder, weil die Forschungseinrichtung bei einem Angebot auf eine Ausschreibung der Industrie mit anderen Instituten konkurriert, oder, weil die öffentlichen Förderer mittlerweile nicht mehr jedes beantragte Vorhaben und nicht in voller Höhe finanzieren. (3) Um den Bestand des Institutes zu sichern, lassen sich nicht immer ausreichend Projekte einwerben, deren thematischer Zuschnitt vollständig in den Kontext der verfolgten Forschungslinie paßt.

Diese drei Punkte führen zu einer gewissen thematischen Diversifikation der an den Instituten bearbeiteten Vorhaben, was einen immer erneuten Zuschnitt der Forschungslinie erforderlich, und im extremen Fall die Verfolgung solcher übergreifender Fragestellungen unmöglich macht, weil keine kontinuierliche Arbeit an Forschungsfragestellungen möglich ist. Die Tatsache, daß aus der am Institut verfolgten Fragestellung, den Förderinteressen und den Problemlagen der Praxis Projektthemen zugeschnitten werden, bewirkt die prinzipielle Unwägbarkeit der zukünftigen Forschung. Es ist zunächst jeweils der nächste Arbeitsschritt ressourciell abgesichert, danach muß angehalten werden, die Forschungslinie überprüft und möglicherweise modifiziert werden. Da aber die Bewilligung der ausgearbeiteten Anträge und Angebote zunehmend ungewiß ist, und zudem die Bearbeitungszeiten der Projektbewilligung länger, die Projektlaufzeiten aber kürzer werden - also unklar ist, wann für welche Dauer eine Fragestellung bearbeitet werden kann - müssen stets mehr Anträge geschrieben werden, als Projekte bearbeitet werden, was - wenn der Personalstand gehalten werden soll - zu einer Überproduktion von Anträgen und Angeboten führt, die ineffizient ist und zugleich den weiteren Verlauf der Forschungslinien ungewiß erscheinen läßt und der thematischen Diversifikation weiteren Vorschub leistet. In der Folge neigen manche Institute - gerade wenn der Anteil der aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter traditionell über 50 Prozent liegt, und diese im Verbund mit den planmäßigen Mitarbeitern nicht genug Forschungsanträge bei öffentlichen Förderern stellen können, um den Bestand zu sichern - dazu, in verstärktem Maße auf Industrieaufträge zurückzugreifen, die mit geringem Aufwand in das Institut eingeworben werden können. Diese Aufträge sind dann aber meist nicht auf die im Institut verfolgte Fragestellung zugespielt, sondern beziehen sich auf die in deren Folge aufgebaute Problemlösungs-Kompetenz im Institut - eine weitere thematische Diversifikation ist vorprogrammiert. Auf diese Weise setzen Industrieaufträge und tendenziell auch öffentlich geförderte Vorhaben sächliche und personelle Kapazitäten zur Verfolgung von Forschungslinien frei, schränken deren thematische Entwicklung ab einem bestimmten Anteil aber auch wieder ein. Inwieweit die Institute in der Lage sind,

dieser Diversifikation durch eine Gratwanderung zwischen Industriaufträgen, Eigenforschung und öffentlich geförderten Projekten entgegenzuwirken und das Verhältnis von planmäßigen und aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeitern zu wahren, wird ein wichtiger Punkt bei der Einschätzung der Effizienz der jeweiligen Forschungsorganisation sein.

(d) Beschäftigung der Mitarbeiter

An den untersuchten Forschungseinrichtungen finden sich neben dem Leiter drei Gruppen wissenschaftlicher Mitarbeiter⁷ (zu den Besonderheiten der verschiedenen Stellengruppen vgl. Gurack 1986; Lennartz 1986 und zu den Änderungen durch das Hochschulrahmengesetz vgl. Enders 1990a, S. 28): Das größte Kontingent stellen zweifellos die befristet beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiter⁸ dar. Außerdem finden sich - zumindest an den meisten Einrichtungen, wengleich auch hier in unterschiedlicher Zahl - Obergeringeeure⁹, die als erfahrene Mitarbeiter auf Dauer am Institut beschäftigt sind, sowie Obergeringeeure, die, ebenso wie die wissenschaftlichen Mitarbeiter, befristet beschäftigt sind und als akademischer Mittelbau im engeren Sinne angesehen werden können. Im Vordergrund der weiteren Ausführungen stehen aber die auf Übergangsstellen befristet beschäftigten Doktoranden, die die Hauptlast der Forschungsarbeit an den untersuchten Instituten tragen.

Ähnlich wie in den meisten anderen Disziplinen sind die Mitarbeiter in den Technikwissenschaften überwiegend befristet beschäftigt, was mit der angestrebten Qualifikation begründet wird (vgl. Lennartz 1986, S. 153). Zwar handelt es sich bei diesen Personen um wissenschaftlichen Nachwuchs, aber mit einer gegenüber vielen anderen Disziplinen versetzten Perspektive hinsichtlich des weiteren Verbleibs. Auch die Diplom-Ingenieure nehmen - meist unmittelbar nach

⁷ Und abgesehen von den technischen Mitarbeitern in der Werkstatt, im Konstruktionsbüro und im Versuchsfeld sowie den nichtwissenschaftlichen Mitarbeitern im Sekretariat, die überwiegend dauerhaft, wenn auch z. T. aus Drittmitteln finanziert werden, deren Beschäftigung vergleichsweise reibungslos verläuft und daher hier nicht als Randbedingung gesondert aufgeführt wird.

⁸ Im folgenden werden die Begriffe Doktorand und Mitarbeiter gleichbedeutend verwendet, ohne die Mitarbeiter dadurch in ihrer Tätigkeit auf ihre Qualifikationsfunktion reduzieren zu wollen.

⁹ Wohl wissend, daß die Änderungen am Hochschulrahmengesetz hier keine allgemeine Bezeichnung der als Oberassistenten, akademische Oberräte, Direktoren usw. beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiter zuläßt, halten wir uns an die in den Erhebungsgesprächen von unseren Interviewpartnern verwendete Diktion und bezeichnen diese Personengruppe als Obergeringeeure.

dem ersten Studienabschluß (Diplom) - eine befristete Anstellung an und gelangen in einer Zeit von vier bis sechs Jahren zur Promotion, doch geschieht dies nicht, wie in anderen Disziplinen (etwa den Sozial- und Geisteswissenschaften) vor dem Hintergrund einer zumindest idealiter stets anvisierten Hochschullehrerkarriere oder einer vergleichbaren Laufbahn in einer außeruniversitären Forschungseinrichtung, sondern mit dem Ziel, im Anschluß an die Promotion in die betriebliche Praxis zu wechseln (vgl. Holtkamp u.a. 1986, S. 65 und 239, Tab 3.25; Gurack 1986, S. 174; Wissenschaftsrat 1988a, S. 22); die Hochschule ist also nur sehr indirekt "Pflanzschule zukünftiger Professoren" (vgl. Kaddatz 1986b, S. 198; Harnier 1985, S. 22). Dies gilt auch für die befristet beschäftigten Oberingenieure: Auch sie verlassen das Institut nach einer weiteren Frist von zwei bis fünf Jahren, ihre Position dient also weniger der Vorbereitung auf eine Tätigkeit als Hochschullehrer, als vielmehr einer Qualifizierung für Führungspositionen in der Praxis. Insofern wird die Befristung der Beschäftigung - von wissenschaftlichen Mitarbeitern wie Oberingenieuren - nicht nur arbeitsrechtlich gesehen, sondern - sowohl für Mitarbeiter, die langfristig in der Wirtschaft bleiben wollen, als auch bei solchen, die eine Hochschullehrerkarriere anstreben - auch berufsbiographisch stets mitgedacht. Vor allem aber ist sie aus der Sicht der Forschungsplanung am jeweiligen Institut - unter den Vergesellschaftungsbedingungen der Forschungsarbeit in Projekten - ein notwendiges Instrument: diese Konstellation begründet die "Blutaufrischung" und den "Technologie-transfer über Köpfe" in die Praxis.

Einmal an der Hochschule, stellt sich die Situation für die Doktoranden folgendermaßen dar: Die durchschnittliche Dauer der Beschäftigung beträgt vier bis fünf Jahre. In Ausnahmen betrug sie nach Angaben der Befragten auch sieben Jahre - etwa, wenn die organisatorische Einheit, an der der Mitarbeiter beschäftigt ist, erst kurze Zeit besteht und sowohl die schwerpunktmäßige fachliche Ausrichtung als auch die damit korrespondierende versuchs- und meßtechnische Ausstattung sowie die spezifischen Forschungsfragen erst erarbeitet werden müssen (erste Generation des Mittelbaus).

Während der Zeit am Institut werden die Mitarbeiter überwiegend durch eine Mischung von etatmäßigen Stellen und Drittmitteln finanziert¹⁰, wobei das Mischungsverhältnis sowie dessen innere Logik von der Forschungsplanung einerseits sowie vom Verhältnis der vorhandenen etatmäßigen Stellen zu den eingeworbenen Drittmitteln andererseits abhängig ist. Planstellen werden z. T. längerfristig mit wissenschaftlichen Mitarbeitern oder Oberingenieuren besetzt,

¹⁰ Die Mitarbeiter sind angesichts der komplexen Aufgabenstruktur und der Konkurrenz außerhochschulischer Angebote fast durchweg auf ganzen Stellen (BAT IIa, A13, C1; die Oberingenieure entsprechend höher) beschäftigt oder in vergleichbarem Umfang aus Drittmitteln finanziert.

z. T. eben aber auch zur Überbrückung von Finanzierungslücken bei Drittmittelbeschäftigten verwendet. Nach Abschluß eines längeren Projekts wird ein Mitarbeiter bis zum Abschluß seines Dissertationsverfahrens oder dem Beginn eines anschließenden Projektes bzw. dem Beginn der Bearbeitung eines thematisch passenden Industrieauftrages - innerhalb dessen die erworbenen Kompetenzen in einen stärker verwendungsbezogenen Kontext eingespeist werden - zwischenfinanziert. Aus diesem Grund sind Kompromisse zwischen mittelfristiger thematischer Planung und der Personalplanung unausweichlich - es müssen Projekte eingeworben werden, die die Mitarbeiter finanzieren und damit am Institut halten und zugleich ein innovatives, aus der Forschungsfragestellung abgeleitetes Thema haben.

Andererseits wird die Zeit von fünf Jahren Gesamtbeschäftigungszeit entgegen den Empfehlungen des Wissenschaftsrates (vgl. Wissenschaftsrat 1988b, S. 24) auch voll ausgenutzt - wobei fachspezifische Traditionen zwar eine untergeordnete Rolle spielen mögen (vgl. Holtkamp u.a. 1986, S. 64); wichtiger aber sind Aspekte der Forschungsplanung am Institut: dreieinhalb oder vier Jahre bis zur Promotion und damit bis zum Ende der Tätigkeit an der Forschungseinheit stellen die Ausnahme dar. Obwohl ein Forschungsprojekt eine maximale Laufzeit von drei Jahren hat (in der Regel weniger) und sich mit einer entsprechenden Zeitspanne für das Anfertigen der Dissertation durchaus auch eine kürzere Frist errechnen ließe. Die befragten Leiter der Forschungseinrichtungen sind - entgegen der Auffassung, ihnen sei an einer stärkeren Flexibilisierung gelegen - aber aus zwei Gründen an einer längerfristigen Beschäftigung interessiert: Zum einen, damit der Mitarbeiter möglichst lange für die Bewältigung der immensen Lehrbelastung von z. T. mehreren hundert Studierenden pro Semester zur Verfügung steht, zum anderen, damit das komplexe Aufgabenbündel in der Forschung, wie es im folgenden beschrieben wird, angemessen abgearbeitet werden kann. Hierzu gehört die eigenständige Bearbeitung eines Forschungsprojektes und die Beantragung eines Anschlußprojektes für den Nachfolger ebenso wie die Einarbeitung von jüngeren, unerfahreneren Mitarbeitern sowie die Abfassung von Forschungsberichten und der Dissertation. Vor allem aber sind die Leiter der Forschungseinheiten an einer längeren Verweildauer am Institut interessiert, damit der Mitarbeiter, dann "wenn er am besten ist", nach Abschluß der Promotion oder zumindest des zugrundeliegenden Forschungsprojekts, an der Bearbeitung von Industrieaufträgen - in denen sich die in den Forschungsprojekten erarbeiteten Machbarkeitsanalysen bewähren müssen und mit denen zudem der Etat der Grundausstattung aufgebessert wird - mitwirken kann. Schließlich würde eine kürzere Promotionsdauer (nicht Bearbeitungszeit) die - zur Integration innovativer Impulse in das Institut gewollte - Fluktuationsrate erhöhen und somit den kontinuierlichen Verlust von Forschungskompetenz (Brain drain) vergrößern, was nach Angaben der Befragten insgesamt die Leistungsfähigkeit der

Hochschulinststitute beeinträchtigen würde. Dies begründet auch, warum die Oberingenieure ausschließlich aus den Reihen der eigenen wissenschaftlichen Mitarbeiter rekrutiert werden, die nach der Promotion für die Dauer von einigen Jahren an der Einrichtung bleiben. In dieser Zeit nehmen sie entweder Organisations- und Dienstleistungsaufgaben wahr oder fungieren als Abteilungs- oder Gruppenleiter mit einer Mischung von fachlichen und formalen Aufgaben. Die Habilitation spielt im Maschinenbau wegen der anders gearteten Karrierepfade für Hochschullehrer derzeit eine geringe - wenn auch gegenüber früheren Zeiten wichtiger werdende - Rolle.

Die befragten wissenschaftlichen Mitarbeiter sind zwar formal weisungsabhängig, aber tatsächlich mit der selbständigen Durchführung von Forschungsvorhaben betraut, die meist als Projekte ausgestaltet sind. Die Hauptlast der Forschungstätigkeit liegt zwar auch im hier untersuchten Feld bei den Mitarbeitern (vgl. hierzu Nitsch u.a. 1965, S. 92 ff.), weil die in Stab oder Linie überwiegend mit organisatorischen oder dienstleistenden Aufgaben betrauten längerfristigen Mitarbeiter sowie der Institutsleiter selbst kaum forschen. Eine Bezeichnung der Mitarbeiter als "akademische Proletaroiden" (vgl. Weber 1919, S. 584; Plessner 1956, S. 10 f.) aber scheint angesichts der professionellen Arbeitsorganisation - die durch die formale Struktur der Beschäftigungsverhältnisse wie beschrieben eher gestärkt wird - und der selbständigen Durchführung der zumindest auf der Ebene der Mitarbeiter kaum arbeitsteilig zerstückelten Projekte nicht angemessen (vgl. ähnlich Geser 1977, S. 156 f.; Kaddatz 1987, S. 242).

Die Funktion der Mitarbeiter im Institut, die sich (a) aus den Notwendigkeiten der Lehre (Studien- und Diplomarbeiten), (b) aus dem Interesse der Leiter der Forschungseinheiten, praxisnahe Projekte durchzuführen sowie (c) aus der allgemeinen Maßgabe, Drittmittel zur Aufstockung der personellen und sächlichen Ressourcen einzuwerben, ergibt, verbindet sich auf diese Weise mit dem Qualifikationsinteresse der Mitarbeiter. Daraus ergeben sich für die Verfolgung von Forschungslinien an einem Institut eine Reihe von Randbedingungen, denen bei der Rekrutierung des Personals sowie der mittelfristigen Personalplanung Rechnung getragen werden muß. Die Einstellung der Mitarbeiter¹¹ vollzieht sich nicht als eine nach diffusen Kriterien vorgenommene Kooptation durch den zuständigen Hochschullehrer, vielmehr ist die Frage der Ergänzung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf die Notwendigkeiten einer - trotz befristeter Beschäftigungsverhältnisse - auch *personell abgesicherten fachlichen Kontinuität* abgestimmt und dient gleichzeitig der Wahrung der Struktur des Forschungshan-

¹¹ Die Rekrutierungsstrategien für Mitarbeiter sind in den bisherigen Studien stets nur gestreift worden, wohl auch, weil behauptet wurde, jeder Fall sei ein Einzelfall (vgl. z. B. Hartmann 1973, S. 555); dem soll an dieser Stelle widersprochen werden (vgl. ausführlich Fuchs 1992a).

delns technikwissenschaftlicher Forschung. Von "Anheuern" (vgl. Roth 1970 und kritisch dazu Blaschke 1978, S. 181, Anm. 27) der Mitarbeiter für eng umgrenzte Hilfsdienste in der Forschung, was mit deren Charakterisierung als "akademische Proletaroiden" korrespondieren würde, kann angesichts der Erfordernisse der Forschung und der anderen Aufgaben wohl keine Rede sein.

Die überwiegende Zahl der Doktoranden sind Maschinenbau-Ingenieure. Zum Teil werden aber auch Absolventen anderer Fachrichtungen eingestellt, was für die hier untersuchten Teildisziplinen Konstruktionstechnik und Maschinenelemente vor allem für Diplom-Informatiker und Diplom-Elektrotechniker zutrifft, die als Mitarbeiter gesucht werden, um die Methoden und Ergebnisse dieser Disziplinen und die Kompetenzen der Absolventen entsprechender Studiengänge für die eigene Forschung stärker nutzbar zu machen. Eine quantitative Begrenzung findet diese Bestrebung in der Funktion der Mitarbeiter in der Lehre: Ein Diplom-Informatiker wird Mühe haben, Studierende im Grundstudium des Studiengangs Maschinenbau in Übungen zur Vorlesung Maschinenelemente zu betreuen.

Die Rekrutierung des wissenschaftlichen Nachwuchses geschieht vor dem Hintergrund der Projektförmigkeit ingenieurwissenschaftlicher Forschung an den Hochschulen einerseits (vgl. Kaddatz 1987) und der durch die arbeitsrechtlichen Implikationen der Hochschulgesetzgebung begrenzten und auf formal zertifizierte Qualifikationssprünge angelegten Beschäftigungsstruktur andererseits (vgl. Lennartz 1986, Gurack 1986). Beides führt dazu, daß das Forschungspersonal an den universitären Forschungseinrichtungen im Bereich der Technikwissenschaften - mit wenigen Ausnahmen - stets fluktuiert (vgl. Enders 1990b, S. 14). Nimmt man den für promovierte Maschinenbau-Ingenieure üblichen weiteren Karriereweg zum Hintergrund, so führt die Befristung der Qualifikationsphase dazu, daß ein Mitarbeiter die Forschungseinheit nach dieser Frist auch verläßt und durch einen anderen ersetzt wird. Diese personelle Fluktuation wird von den befragten Hochschullehrern prinzipiell - mit der Einschränkung einer gewissen Mindestbeschäftigungsdauer - als notwendig erachtet, um innovative Impulse für die Forschungseinheit sicherzustellen (vgl. hierzu auch Hartung 1989, S. 182) - entweder durch einen in der Verwendungspraxis erfahrenen Mitarbeiter, der Fragestellungen und Problemlagen aus der Praxis einspeist, oder durch einen Diplom-Ingenieur, der gerade sein Studium abgeschlossen hat und motiviert und ideenreich an der Forschungsarbeit teilnimmt.

Dies steht im Gegensatz zu der Notwendigkeit für die Forschungseinheiten, ein spezifisches Problemlösungspotential in speziellen Forschungsbereichen, auf die sich die entsprechende Forschungseinheit schwerpunktmäßig konzentriert, längerfristig vorzuhalten (vgl. ähnlich Hartung 1990, S. 47). Denn dies ist eine Voraussetzung, um den voranschreitenden Wechselwirkungsprozeß zwischen Einwerbung von Drittmittelprojekten einerseits und der innovativen Bearbeitung

der gestellten Aufgaben andererseits in Gang halten zu können. Die kontinuierliche fachliche Problemlösungskompetenz muß aber *personell abgesichert sein* (mehrere Personen an ähnlichen Themen, überlappende Anstellungsverhältnisse usw.), was bedeutet, daß stets einige erfahrene, schon länger an der Forschungseinheit arbeitende Mitarbeiter vorhanden sein müssen. Daraus ergibt sich vor dem Hintergrund stetiger Fluktuation eine gewisse personelle Mindestgröße für ingenieurwissenschaftliche Forschungseinheiten, die die befragten Hochschullehrer für eine Fragestellung mit etwa fünf bis zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern zuzüglich Personal für die Werkstatt und das Sekretariat angaben. Erst ab dieser Größe ist eine auch personell abgesicherte fachliche Problemlösungskompetenz (hierzu reicht es eben nicht, wenn man die Projektberichte und Dissertationen der Vorgänger liest) kontinuierlich möglich.

Dem korrespondiert, daß die Termine, zu denen die wissenschaftlichen Mitarbeiter aus der Forschungseinheit ausscheiden, möglichst streuen müssen. Sollte etwa die Hälfte aller wissenschaftlichen Mitarbeiter nach der entsprechenden Zeit von etwa fünf Jahren innerhalb kurzer Zeit ausscheiden, wäre damit ein nicht zu überschätzender Brain drain verbunden. Die Forschungseinheit müßte auf dem Forschungsgebiet, auf dem die Mitarbeiter tätig waren, weit unter dem Niveau der erreichten Kenntnisse und Fähigkeiten hinsichtlich der zugehörigen Versuchs- und Meßtechnik ansetzen - und dies obwohl die Ergebnisse in Zwischen- bzw. Endberichten sowie in Dissertationen fixiert sind. Diese Gefahr ist gerade für kleine Forschungseinheiten mit nur wenigen Mitarbeitern besonders gravierend.

Diese Konstellation impliziert das Problem, in der richtigen Situation den richtigen Mitarbeiter zu finden - was noch am leichtesten gelingt, wenn die Schar der eigenen Diplomarbeiter und Hilfskräfte gesichtet wird, da diese durch ihre Mitarbeit in den Forschungsprojekten einen Teil des Brain drain auffangen können und sie sich durch diese Tätigkeit auch als zukünftige Mitarbeiter empfehlen können. Dazu gehört neben einer spezifischen - möglicherweise exotischen, aber innovative Potentiale ausgrenzenden und auf die im Institut vorherrschenden Standards abgestimmten - fachlichen Kompetenz eben auch die Akzeptanz der Lehrstuhl- bzw. Institutsstruktur und der Aufgabenverteilung sowie eine gewisse Arbeitsmotivation. Die Rekrutierung aus der Gruppe der eigenen Studien- bzw. Diplomarbeiter sowie der studentischen Hilfskräfte, die sich im Spannungsfeld zwischen Fluktuation und Kontinuität als Kompromiß herausgebildet hat, wirkt daher in mehrfacher Hinsicht konservativ. Zum einen wirkt sie bewahrend hinsichtlich der informellen Strukturprinzipien und der fachlichen Standards der ingenieurwissenschaftlichen Forschung an Hochschulen, zum anderen - und dies ist u.U. wichtiger - steht sie in Verbindung mit der Forschungsplanung. Eine Umsteuerung der schwerpunktmäßigen, an einem Institut bearbeiteten Fragestellungen ist nur behutsam möglich, weil personelle Kapazi-

täten erst langsam umgeschichtet werden können. Dies verbunden mit der Tatsache, daß der thematische Spielraum der Institute auch und gerade durch die vorhandene versuchstechnische Ausstattung eingeengt wird (der Aufbau eines kostspieligen Versuchsstandes legt die thematische Ausrichtung auf längere Zeit fest), läßt den Wunsch nach einer Steuerung der schwerpunktmäßigen Ausrichtung der Forschungseinheiten als nur jeweils langfristig realisierbar erscheinen. Forschungslinien sind aus diesen Gründen stabil, was auch mit einschließt, daß sie weiter verfolgt und bearbeitet werden, obwohl sie veraltet sind und keine innovativen Ergebnisse mehr zu erwarten sind. Um Forschungslinien verfolgen zu können, vermitteln die Institutsleiter zwischen produktiver und dysfunktionaler Fluktuation, zwischen Brain drain und "Blutauffrischung" und zwischen Wandel und Stabilität der übergreifenden Fragestellung. Wie sie dies zu leisten versuchen, wird ein Anhaltspunkt für die Effizienzbewertung sein.

(e) Die Nachwuchsqualifikation

Ohne die Chance zu promovieren, so die einhellige Ansicht der befragten Hochschullehrer, seien kaum Mitarbeiter zu gewinnen bzw. zu halten.¹² Wenn es sich nicht gerade um stark verwendungsbezogene und auf die Lösung eines konkreten betrieblichen Problems im Rahmen eines Industrieauftrages gerichtete Vorhaben handelt, stellt das Forschungsprojekt auch die Verknüpfung von Forschungsfunktion des Mitarbeiters und seinem Qualifikationsinteresse dar. Eine völlige Deckungsgleichheit von Projekt und Dissertation stellt im hier untersuchten Feld ebenso wie deren völlige Unabhängigkeit voneinander eine Ausnahme dar. Dabei zeichnen sich die Dissertationen durch eine tiefere wissenschaftlich-theoretische Durchdringung des Gegenstandes aus, die Ergebnisse und Daten aus dem Projekt nur auszugsweise und zur Verdeutlichung oder Illustration heranzieht. Lediglich im Bereich der Programmentwicklung (CIM-Integration und CAD-Bereich) überschneiden sich Dissertationen mit den Dokumentationen zur entwickelten Software stärker bis hin zur Deckungsgleichheit.

Projekt und Promotion stehen in einem eigentümlichen wechselseitigen Verhältnis: Zum einen beziehen Dissertationen einen Gutteil der Daten und der Forschungsfragen aus den Projekten, werden so in den Forschungskontext des Insti-

¹² Der Anteil der Mitarbeiter, die erfolgreich zur Promotion (nicht Promotionsquote, sondern Erfolgsquote bei der Promotion) gelangen, liegt nach einzelnen expliziten Äußerungen und impliziten Andeutungen - je nach eher wissenschaftlicher Orientierung bzw. Verwendungsorientierung - zwischen 70 und 100 Prozent im Bereich der Maschinenelemente sowie der Konstruktionstechnik und zwischen 40 und 50 Prozent im Werkzeugmaschinenbereich, was die Befunde von Holtkamp et al. 1986, S. 183 eben nur z.T. stützt und die Notwendigkeit detaillierter Analysen indiziert.

tuts eingebunden und tragen zum Erkenntnisfortschritt der Disziplin bei; Generalisierungsleistungen der in den Projekten erarbeiteten Problemlösungen werden meist in den Dissertationen erbracht.¹³ Zum anderen wirkt die angehängte Dissertation auf die Gestalt zumindest der größeren Forschungsprojekte zurück: Bei den beantragten Projekten handelt es sich trotz aller Verwendungsorientierung überwiegend um Machbarkeitsanalysen, deren konkrete Umsetzung der betrieblichen Praxis überlassen wird; wohl auch, weil der bearbeitende Mitarbeiter nach der Promotion aus dem Institut ausscheidet und eine entsprechende Sachkompetenz z. B. zur Pflege eines Softwareproduktes nicht vorgehalten werden kann. Schließlich haben die als Grundlage eines Dissertationsvorhabens dienenden Projekte eine längere Laufzeit als die direkten Industrienaufträge, was bedeutet, daß ein gewisser Anteil großvolumiger, öffentlich geförderter, wissenschaftlich-systematisch orientierter Vorhaben am Institut vorhanden sein muß, damit das Personal für eine Mitarbeit am Institut durch das Qualifikationsangebot gewonnen werden kann und zugleich für einzelne Forschungsfragestellungen grundlagenorientiertes, in Dissertationen geronnenes Know-how anreichert.

3.3 Typen der Institutsorganisation

Die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Randbedingungen bergen für die Forschungseinrichtungen Konfliktpotentiale, die von den Instituten zum Ausgleich gebracht werden müssen. In diesem Abschnitt stellen wir zunächst die verschiedenen Institutsorganisationen dar. Im nachfolgenden Abschnitt werden die organisatorischen Lösungen vor dem Hintergrund der Randbedingungen hinsichtlich ihrer Effizienz bewertet. Durch die vergleichende Analyse der Falldarstellungen und die Extraktion der, der jeweiligen fallbezogenen Einzelheiten entkleideten Grundstrukturen der Forschungsorganisation lassen sich im vorliegenden Material vier Organisationstypen identifizieren. Dabei rekurren wir auf die zentrale Kategorie der Selektivität einerseits und die ressourcielle Größe andererseits: (a) das kleine, meist noch im Aufbau befindliche, theorieorientierte Institut, (b) das theoretische Orientierungen und Verwendungsorientierungen dauerhaft zum Ausgleich bringende Normalinstitut, (c) das weiter wachsende und daher immer verwendungsorientiertere Forschungen ausführende hypertrophe Normalinstitut und (d) das große, ausschließlich Verwendungsfragen bearbeitende Ingenieurbüro-Institut.

¹³ Die Bedeutung der Dissertationen für den Erkenntnisfortschritt der Disziplin wird in den Gesprächen immer wieder betont.

(a) Das theorieorientierte Institut

Die Forschungseinrichtungen, die diesen Typus repräsentieren, bestehen meist erst wenige Jahre, da sie sich entweder an einer erst in den achtziger Jahren gegründeten Hochschule etabliert haben oder aber an einer schon länger bestehenden Hochschule angesiedelt sind (Forschungseinheit H), wobei die Institute selbst erst im Zuge der Einführung (z. B. Forschungseinheit G) oder Neuausrichtung (z. B. Forschungseinheit J) eines Studienganges eingerichtet wurden. Der Leiter ist meist der einzige erfahrene Wissenschaftler und Ingenieur am Institut, der über längerfristige Forschungserfahrungen verfügt. Oberingenieure sind in der Regel nicht vorhanden - evtl. vorhandenen Oberingenieurstellen werden mit wissenschaftlichen Mitarbeitern besetzt, weil alle verfügbaren Ressourcen für die Forschungsarbeit benötigt werden -, und die meist kleine Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter ist auf Planstellen beschäftigt.

Um sich eine Position in einer Nische der Forschungslandschaft zu erarbeiten, werden alle verfügbaren Ressourcen auf die Bearbeitung einer spezifischen übergreifenden Fragestellung konzentriert, die sich aus der Industrieerfahrung des Leiters ableitet: Fragen, die in seiner Praxistätigkeit offen geblieben waren, die ihn besonders interessieren und denen er mit dem Instrumentarium der grundlagenorientierten und nicht unmittelbar verwertungsgebundenen Forschung an Hochschulen nachgehen möchte. Praxiskontakte bestehen daher, meist noch aus der Zeit der Industrie-Tätigkeit des Leiters, zu Vertretern der Branche, in der der Leiter tätig war, was den thematischen Zuschnitt der in geringem Umfang bearbeiteten Drittmittelprojekte weiter einengt. Dabei handelt es sich meist um öffentlich geförderte Forschungsvorhaben - direkte Industrieaufträge sind selten. Wenn diese vorhanden sind, ist die inhaltliche Streuung vergleichsweise groß, weil kaum gesichertes Know-how vorhanden ist und die Forschungseinrichtungen auf dem Förderungsmarkt noch keinen richtigen Stand haben. Insgesamt sind diese Einrichtungen auf ein schnelles personelles Wachstum ausgerichtet, was zum einen bedeutet, daß der Zuschnitt der Fragestellungen relativ eng ist - damit in kurzer Zeit ein Know-how erarbeitet werden kann, auf dessen Grundlage dann weitere geförderte Vorhaben eingeworben werden können -, und zum anderen, daß das Vorgehen durchgängig wissenschaftlich-systematisch orientiert ist, weil nur dadurch innovative Vorleistungen erbracht werden können, die die Voraussetzungen für die Einwerbung von langfristigen, öffentlich geförderten Vorhaben sind.

Außerdem würden diesen Forschungseinrichtungen für einen breiteren thematischen Zuschnitt die personelle Grundausrüstung, die mit der Einwerbung von Drittmittelprojekten beschäftigt wäre, für die Eigenforschung fehlen, was die Etablierung in der Teilforschungslandschaft zu einem langwierigen Prozeß werden ließe. Daher beschränken sich diese Einrichtungen - die ja auch die

sächliche Ausstattung erst sukzessive und zumindest anfangs allein aus Haushaltsmitteln, später unterstützt durch Industrievorhaben, aufbauen müssen - auf eine eng fokussierte, theoriegeleitete Fragestellung, die zwar auf zukünftiges Verwendungsinteresse angelegt ist, in der Anfangsphase jedoch weitgehend ohne direkte Industrieaufträge vorangetrieben wird. Aus dieser Fragestellung, die als Forschungsprogramm in enger Kooperation zwischen dem Leiter und den Mitarbeitern der ersten "Generation" abgearbeitet wird, ergeben sich die konkreten Projektthemen, wobei zunächst die Grundlagen erarbeitet werden, um darauf aufbauend sich eine Nischenkompetenz zu erarbeiten, die es in Zukunft erlaubt, auch exemplarische Realisationen im Rahmen von Verwenderkontakten zu leisten. Dies ist auch die Ursache dafür, daß die Dissertationen für den Forschungsfortschritt einen hohen Stellenwert haben: in ihnen ist einerseits der Stand der Forschung an dem jeweiligen Institut zusammengefaßt und andererseits werden durch sie die notwendigen innovativen Vorleistungen erbracht, die sich noch nicht - wie etabliertere Institute - auf das Niveau von auf Artefakte oder die Versuchs- und Meßtechnik bezogene Gegenstandserweiterungen beschränken können (Forschungseinrichtung G).

Verwendungsbezüge sind hier nur sehr langfristig und antizipativ zu erkennen: Die Themen der Projekte leiten sich aus dem relativ stringent verfolgten Forschungsprogramm ab, das seine Grenzen nur in der geringen sächlichen und personellen Ausstattung des Instituts, nicht aber in den kompromißartig bei der Einwerbung von Vorhaben auch bei öffentlichen Förderern zu berücksichtigenden Interessen der Praxis hat. In der Durchführung sind die wissenschaftlichen Mitarbeiter ebenfalls weitgehend unabhängig. Gerade in der Aufbauphase werden alle Parameter, die das theoretische Modell des untersuchten Artefakts tangieren, in der Reihenfolge der Stärke ihres Einflusses auf die Funktion des Artefakts analysiert. Die Ergebnisse der Vorhaben sind allesamt Zwischenergebnisse beim Aufbau eines theoretischen Konzepts, die meist in Dissertationen festgeschrieben werden. Exemplarische Realisationen oder Problemlösungen für die Praxis werden kaum bearbeitet, was seine Ursache darin hat, daß das erarbeitete Wissen zum einen noch nicht einen der Realität angemessenen Komplexitätsgrad erreicht hat - und die deduktiv gewonnenen Einzelfalllösungen die Realität noch nicht angemessen abbilden -, zum anderen noch nicht ein über den im Labor bearbeiteten Einzelfall hinausgehendes Generalisierungsniveau vorhanden ist.

Manche Institute haben nach dieser Anfangsphase diese ausgeprägte theoretische Orientierung nicht aufgegeben (z. B. Forschungseinrichtung F). Sie verfolgen nach wie vor mit den nur um geringe Drittmittel aufgebesserten Bordmitteln jeweils eine oder höchstens zwei Fragestellungen, wobei sie sich auf die grundlagenwissenschaftliche Durchdringung einzelner Probleme beschränken, die in der untersuchten Teilforschungslandschaft bzw. in den Spezialgebieten, in denen die Leiter dieser Einrichtungen ausgewiesen sind, als ungelöst gelten. Die Lö-

sung wird der Fachgemeinschaft - nicht der Industrie - präsentiert und in Dissertationen festgeschrieben. Nach deren Bearbeitung werden - ohne den Versuch der thematischen Kontinuität zu unternehmen - weitere bisher ungelöste Probleme aufgegriffen. Hier ist die Arbeitsweise zwar grundlagenorientiert, und es findet sich auch das auf die Erstellung eines theoretischen Modells der betreffenden Artefakte ausgerichtete Forschungshandeln, gleichwohl werden keine längerfristigen und die zukünftige thematische Ausrichtung der Forschung mitbestimmende Forschungslinien verfolgt. Obwohl sie durchaus innovative theoretisch angeleitete Detaillösungen produzieren, arbeiten sie dennoch nicht an der stets aktuellen "Forschungsfront" - sie geraten in der Förder- wie in der Forschungslandschaft ins Abseits.

(b) Das Normalinstitut

Institute, die nach diesem Modell operieren (Forschungseinrichtungen B, D, E, I, K, L, M), verfolgen meist mehrere langfristig angelegte Fragestellungen, die sich historisch angereichert, aus den Forschungsaktivitäten der Vorgänger in der Position des Leiters - und der angesammelten Infrastruktur - ableiten oder durch die Zusammenführung einer jeweils neuen allgemeinen technischen Entwicklung z. B. im Bereich der Werkstofftechnik bzw. der elektronischen Datenverarbeitung mit einer am Institut auf einem anderen Gebiet entstandenen Spezialkompetenz entstehen. Gegenstand ist auch hier ein spezifisches Artefakt, für das eine Projektion der zukünftigen Arbeitsschritte expliziert und unter Berücksichtigung der neuesten technischen Entwicklungen in benachbarten Disziplinen der jeweils nächste Arbeitsschritt festgelegt wird. Der Generalisierung und Komplexierung des Modells gehört die ganze Aufmerksamkeit der Forscher. Konkrete Forschungsprojekte werden ohne weitgehende Kompromisse der thematischen Zuspitzung meist öffentlich gefördert, wobei der traditionell hohe Status der Einrichtungen hilfreich ist. Die Institute stehen wie die theorieorientierten Einrichtungen an der "Forschungsfront", verbinden dies aber mit einer breit angelegten Einspeisung von Forschungsergebnissen in die Praxis. Um Mittel zur Aufbesserung des Haushalts einwerben zu können und gleichzeitig die Forschungs(zwischen)ergebnisse an der und in der Praxis erproben zu können, werden exemplarische Realisationen in Zusammenarbeit mit Verwendungspartnern erarbeitet. Dabei werden meist mehrere Forschungslinien verfolgt, die teils verwoben und teils unabhängig von einander vorangetrieben werden, was der Sicherung der Finanzierungschancen auf dem Fördermarkt dient und zudem sicherstellt, daß mindestens eine der Forschungslinien jeweils aktuell ist.

Die sächliche Ausstattung in diesem Bereich ist aufgrund der schon langjährigen Arbeiten umfangreich und stellt den wesentlichen Teil der in der For-

schungslandschaft wahrgenommenen Problemlösungskompetenz dar. Diese Problemlösungskompetenz, die von den Verwendern als ihren Problemen dienlich angesehen wird, entwickelt sich aus der Schnittmenge der im Anschluß an - überwiegend öffentlich geförderte - Forschungsvorhaben erarbeiteten exemplarischen Realisationen der erzielten Erkenntnisse, stellt die Schnittstelle zwischen den nach theoretischen Gesichtspunkten - gleichwohl zukünftige Verwendungsinteressen antizipierend - durchgeführten Projekten und den zur Aufbesserung des Haushalts aber auch zur Überprüfung der erarbeiteten Ergebnisse durchgeführten Industrieprojekten dar. Beide Relevanzbereiche entfalten eine eigene Dynamik, die in der Institutsarbeit durch den in zentraler Position als praxiserfahrenen Forscher tätigen Leiter in der beschriebenen Figur der Forschungslinie integriert werden. Er betreut die Dissertationen, er bahnt Praxiskontakte an, er wirkt am Zuschnitt der Projekte mit und ist an der Projektdurchführung beteiligt - der Leiter ist, wie bei den theorieorientierten Instituten, selbst in der Forschung aktiv.

Der zweite Typus der Forschungsorganisation findet sich in Einrichtungen, die über 12 bis 17 wissenschaftliche Mitarbeiter verfügen, die etwa je zur Hälfte aus Drittmitteln finanziert bzw. auf Planstellen beschäftigt sind, wodurch funktionale Fluktuation und Brain drain zum Ausgleich gebracht werden. Alle Mitarbeiter sind unmittelbar dem Leiter zugeordnet, und die Organisationsstruktur der untersuchten Institute ist überwiegend flach. Zwischen den Mitarbeitern und dem Hochschullehrer und Leiter des Instituts stehen nur bei den größeren der einbezogenen Forschungseinheiten Oberingenieure - dann jedoch mit unterstützenden Aufgaben in der Lehre und mit administrativ-formalen bzw. auf die Sicherung von Querschnittskompetenzen im Institut (EDV, Meßtechnik) angelegten Funktionen.

Die flache Struktur ergibt sich meist schon aus der, verglichen mit den verwendungsorientierten oder Ingenieurbüro-Instituten, geringen Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter und aus dem nur wenig Arbeitsteilung zulassenden innovativen Forschungshandeln. Sie ergibt sich aber auch aus der fachlich-formalen Allround-Kompetenz des Hochschullehrers, der neben der Betreuung der Mitarbeiter in der Projektarbeit sowie bei den Dissertationsvorhaben, der Einwerbung von Drittmitteln, der Außenrepräsentanz und der Funktion als Fachvertreter auch für die fachlich-inhaltliche Ausrichtung des Instituts verantwortlich zeichnet, und schließlich mit Einschränkungen als Gate-keeper bei der Rekrutierung der Mitarbeiter fungiert - eine Bündelung von Rollen in einer Hand, die nur unter den Bedingungen der Lehrstuhl- bzw. Institutsstruktur möglich erscheint. Die Institutsstruktur muß flach sein, weil sonst die innovativen Impulse des direkten Kontaktes zwischen dem Leiter und den wissenschaftlichen Mitarbeitern verloren gingen. Dies setzt wiederum dem Wachstum wissenschaftlich-systematisch orientierter Forschungseinrichtungen Grenzen. Daneben repräsen-

tiert der Leiter die inhaltliche Kontinuität der Arbeit am Institut und dessen fachliche Kompetenz, was wichtig ist, um auch Projekte mit innovativen Fragestellungen aber ungewissem Ausgang einwerben zu können. Nur insoweit die Schlüsselrolle des Leiters allein den Fortschritt in der Grundlagenforschung garantieren kann, was hier für die bundesdeutsche Hochschullandschaft institutionell unterstellt wird, ist sie im forschungslogischen Sinn funktional.

(c) Das verwendungsorientierte Institut

Dieser Typ der Forschungsorganisation scheint zu entstehen, wenn Normalinstitute ein weiteres personelles Wachstum überwiegend durch die Durchführung weiterer Industrieaufträge anstreben (Forschungseinrichtungen A, C und z. T. auch N), die sich leicht einwerben lassen, weil schon lange Jahre ein großer Fundus an Know-how erarbeitet wurde und zudem enge und vielfältige Praxiskontakte bestehen. Die Konzentration auf die Einwerbung von Industrieaufträgen entwickelt eine gewisse Eigendynamik, denn sie zieht weitere diesbezügliche Akquisitionsaktivitäten nach sich: Industrieaufträge sind kurzfristig, knapp kalkuliert und der bearbeitende wissenschaftliche Mitarbeiter hat gerade Gelegenheit, die angestrebte Problemlösung für die Praxis zu erarbeiten, die meist nicht an den Kontext der am Institut ehemals eigeninitiativ verfolgten Forschungsfragen anschlussfähig ist. Die Ergebnisse der Vorhaben leisten keinen Beitrag zur Modifizierung und Neuausrichtung einer Forschungslinie. Nach Abschluß des Projekts bleibt dem Institut außer der Projekterfahrung kaum etwas erhalten - zwar ist die Finanzierung eines Mitarbeiters für einige Monate gesichert gewesen, es wurde jedoch noch keine Vorlaufforschung für ein innovatives Eigenprojekt geleistet und die dafür vorgesehenen planmäßigen Mitarbeiter sind mit der Einwerbung von neuen Industrieaufträgen beschäftigt. Die Folge ist ein Grad an thematischer Diversifikation, der auch durch eine noch so flexible Forschungslinie nicht mehr integriert werden kann. Macht die Bearbeitung von Industrieaufträgen erst einmal den Schwerpunkt der Institutsaktivitäten aus - etwa wenn der Leiter keine Reduzierung des Personals hinnehmen möchte - sind langfristig kaum Innovationen zu erwarten.

Oberingenieure werden dann als Leiter kleiner Gruppen von Mitarbeitern eingesetzt und zeichnen für die inhaltliche Konzeption der Forschung dieser Gruppe - in Absprache mit dem Leiter - verantwortlich, was der Ausrichtung auf kurzfristige thematisch breit streuende Vorhaben entgegenkommt, die nicht mehr inhaltlich-fachlich, sondern formal integriert werden müssen. Die professionelle, dem Forschungshandeln angemessene und eine enge Kooperation zwischen Leiter und Mitarbeiter sichernde Organisationsstruktur wird zugunsten einer hierarchisch-formalen, verbetrieblichten Organisation aufgegeben.

Grundlagen werden dann nur noch als Mittel zum Zweck erarbeitet, wenn ein Problem sich der Lösung sperrt. Eine grundlegende wissenschaftlich-systematische Orientierung, bei der eine eigene übergreifende Fragestellung der Filter für die einzuwerbenden Projekte ist und nicht umgekehrt die einwerbenden Projekte die aufzubauende Kompetenz nach sich ziehen, ist kaum festzustellen. Es bleibt dem Institut die Restfunktion des Kompetenzpools für spezifische Fragestellungen, wodurch dennoch eine gewisse thematische Konzentration in der Schnittmenge der angefragten und durchgeführten Projekte entsteht. Innovative Forschungsergebnisse, die sich durch die langfristige grundlegende Bearbeitung von praxisrelevanten Fragen erzielen lassen, sind aber kaum zu finden. Die Transferfunktion der Institute zwischen Wissenschaft und Verwendungspraxis - was ja einschließt, daß die Praxisvertreter nicht fertige Lösungen, sondern nur exemplarisch ausgearbeitetes Konzeptwissen zur Lösung ihrer Probleme erhalten - wird auf den der Praxis zugewandten Teil verkürzt. Die eigene theoriegeleitete Erarbeitung von theoretischen Konzepten technischer Artefakte - worin der der Wissenschaft zugewandte Teil der Transferfunktion begründet liegt - fehlt. Nur für eng umgrenzte Fragen werden kurzfristige Analysen durchgeführt, die auf die Ermittlung einer optimalen Artefakt-Funktion nicht aber auf die Erklärung der physikalischen Grundlagen angelegt sind. Dies scheint nur für eine begrenzte Zeit möglich, solange das Institut seinen Kompetenzpool aufrecht erhalten und von ihm zehren kann.

(d) Das Ingenieurbüro-Institut

Die an diesen Einrichtungen (Forschungseinrichtungen O, Q, R und z. T. auch C) durchgeführten Projekte weisen einen noch geringeren Innovationsgrad auf, weil die Projekte auf konkrete Praxisprobleme zugeschnitten sind und auch die Lösungen auf diesem niedrigen Generalisierungsniveau stehen bleiben. Ergebnisse, die für einen Verwendungspartner erarbeitet wurden, sind nicht an den Stand der Kenntnis im Institut anschlußfähig, werden nicht generalisiert in das Know-how überführt und gesichert. Es ergibt sich lediglich in der Schnittmenge der bearbeiteten Projekte eine schwerpunktmäßige Kompetenz, was aber völlig fehlt, ist die eigenständige Bearbeitung von Vorhaben, die Schritte zur Erreichung des kollektiven Leitbilds - hier meist die CIM-Integration - sind und die aus dem schrittweise erreichten Stand der CIM-Integration exemplarisch abgeleiteten Problemlösungen für die Verwendungspraxis. Weil es - verstärkt durch den spezifischen Zuschnitt der Fragestellungen - kaum Möglichkeiten der Speicherung und Anreicherung der theoretischen Konzepte gibt, wird das Problem der Fluktuation in besonderer Weise belastend. Daher dienen längerfristig beschäftigte Oberingenieure als erfahrene Ingenieure und "Erfahrungsspeicher",

was aber Kapazitäten von der Vorlauf- und Eigenforschung abzieht, die dann an diesem Institut kaum betrieben wird.

Dieser vierte Typus der Forschungsorganisation findet sich vor allem bei den Werkzeugmaschineninstituten aber auch bei einer Untersuchungseinheit aus unserem Hauptsample, deren thematische Ausrichtung sich seit der Gründung in den siebziger Jahren schwerpunktmäßig auf Fragen der Fertigungsautomatisierung ausgerichtet hat (Forschungseinrichtung C), so daß der Schluß nahe liegt, daß wir es hier mit der Folge des gänzlich anders angelegten Forschungshandelns zu tun haben. Dies wird aber sicher ergänzt durch die ressourcielle Größe, die personelle Struktur und das Verhältnis von planmäßigen zu aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeitern: Die Institute haben zwischen 50 und 250 Mitarbeiter und sind meist als Zusammenschluß von als Profit-center geführten Abteilungen, ohne den Institutsleiter als integrative Figur, organisiert. Lediglich befristet beschäftigte OBERINGENIEURE versuchen den Bestand "ihrer" Abteilungen zu sichern oder die ressourcielle Konzentration auszuweiten. Dabei wird Doppelforschung im Institut ebenso in Kauf genommen, wie der Eindruck, daß das Institut auf diese Weise zur verlängerten Werkbank der Industrie wird, was noch dadurch verstärkt wird, daß die die Abteilungen leitenden OBERINGENIEURE, die in Absprache mit den anderen Abteilungsleitern und dem Institutsleiter für den thematischen Zuschnitt der verfolgten Vorhaben und deren Integration zu einem thematischen Schwerpunkt verantwortlich sind, ihre Zeit im Institut als Übergangsphase in die betriebliche Praxis auffassen und sich daher tendenziell stärker an Praxisproblemen orientieren, als der eine Hochschullehrerkarriere verfolgende Leiter. Dies erklärt, warum die hier vorfindlichen Abteilungen, die von OBERINGENIEUREN geleitet werden, stärker praxisbezogen agieren als kleine, hinsichtlich der Mitarbeiterzahl aber einer Abteilung vergleichbare unmittelbar von einem Hochschullehrer geleitete Forschungseinrichtungen, in denen die thematische Integration sowie die Abstimmung mit Verwendungsinteressen von einem "Wissenschaftler auf Dauer" geleistet wird. Die Fragestellungen sind demnach ausschließlich verwendungsorientiert, kurzfristig angelegt. Theoretische Konzepte können sich kaum anreichern, weil zwar eine personelle Kontinuität gewahrt wird, aber auf Kosten der durch die Industrieaufträge eingeschränkten Eigeninitiative beim Themenzuschnitt und bei der Bearbeitung der Vorhaben.

Eine Ausnahme von dieser hier typisierten organisatorischen Lösung findet sich bei der Forschungseinrichtung P, die zwar unter formalen Gesichtspunkten durchaus in den Kreis der Ingenieurbüro-Institute gehört, aber doch als theoriebezogenes innovatives Institut gelten kann. Dies ermöglicht zum einen die spezifische Kompetenz des Leiters bei der Integration der am Institut verfolgten Themenstellungen, zum anderen aber die spezifisch kooperative Organisation an dieser Einrichtung. Schließlich muß noch angemerkt werden, daß dieser Typ der Forschungsorganisation - abgesehen von der genannten Ausnahme - in der Regel

über absolut betrachtet erhebliche Haushaltsmittel und vor allem Personalmittel verfügt, was als gute Voraussetzung für die Durchführung von Eigenforschungsvorhaben angesehen werden kann, die bei der Verfolgung von Forschungslinien wichtige Fragen lösen könnten, ohne den Gefahren der thematischen Diversifikation zu erliegen. Zum einen sind diese Mittel aber in Relation zur Gesamtgröße relativ gering und zum anderen werden die Planstellen vor allem für die Installation einer großen, mehrere Stufen umfassenden hierarchischen Struktur von Gruppen-, Abteilungs- und Hauptabteilungsleitern benötigt, die dann zwar als erfahrene Ingenieure und Erfahrungsspeicher dienen, selbst aber nur zu einem kleinen Teil an der Forschung beteiligt sind. Die wegen der personellen Stärke und sächlichen Größe notwendige Hierarchie entzieht der Vorlauf- und Grundlagenforschung den Boden, obwohl die Größe andererseits für die vorhandene apparative Ausstattung funktional und effizient erscheint. Diese Institute sind sowohl hinsichtlich der Themenfestlegung (nachfrageorientiert) und der Organisationsstruktur (formal-bürokratisch) als auch hinsichtlich des Ergebnistransfers (konstruktive Problemlösungen für die Praxis) kaum von Ingenieurbüros zu unterscheiden.

3.4 Effizienz der Forschungsorganisation

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß sich aus der Sachlogik der Forschung, aus dem materialen Gehalt der technikkissenschaftlichen Forschung, eine Struktur des Forschungshandelns herauspräparieren ließ, die sich in einem durch eine Reihe von Randbedingungen charakterisierbaren Raum entfaltet. Dabei entstehen eine Reihe von Zielkonflikten zwischen den Randbedingungen sowie dem Forschungshandeln und einzelnen Randbedingungen, die durch spezielle organisatorische Lösungen - gemeint ist hier die Organisation der Forschung in allen drei Selektivitätsdimensionen: Themenfindung, Durchführung und Ergebnistransfer - vermittelt werden, die in unterschiedlicher Weise der Durchführung innovativer Forschung gerecht werden. Dieser Frage wollen wir im folgenden nachgehen.

Ist von Effizienz der Forschung die Rede, so können und wollen wir hier Aussagen über die Effizienz der Forschungsorganisation treffen; Versuche, die Effizienz der Forschung anhand von Input-Output-Relationen zu ermitteln, wobei als Input die verfügbaren sächlichen und personellen Ressourcen und als Output Patente, Publikationen oder Tagungsteilnahmen herangezogen werden, halten wir für unzureichend (vgl. hierzu auch Oehler 1990), schon weil diese Analysen meist pauschal auf ganze Disziplinen oder Disziplinengruppen angewendet werden, ohne die Innovativität der Forschungsergebnisse - was ja der Maßstab der Effizienzprüfung sein müßte - angeben zu können. Weil dies aus

einer "objektiven" Perspektive für unmöglich gehalten wird, versuchen wir hier mit der Effizienzprüfung an der internen Forschungsorganisation anzusetzen. Wir suchen nach Hinweisen auf Indikatoren für die Effizienz des Forschungsprozesses. Insoweit haben wir ein internes Effizienzkriterium: In welcher Weise vermittelt die Organisation der Forschung an einem Institut die Struktur des Forschungshandelns mit den Randbedingungen der technikkissenschaftlichen Forschung an Hochschulen, und schafft diese Organisation die Voraussetzungen für innovative Forschungsvorhaben und -ergebnisse?

Zunächst ist festzuhalten, daß die Realisation des Forschungshandelns, in dem die grundlagen- und wissenschaftlich-systematisch orientierte Ergründung der am Artefakt wirksamen und in diesem kumulierenden physikalischen Grundlagen einerseits und die an konkreten Verwendungsinteressen und auf die Lösung von Praxisproblemen ausgerichteten Auftragsarbeiten andererseits integriert werden, aus unserer Sicht die innovativste Art der Forschung darstellt. Einerseits ermöglicht der Rekurs auf die technikkissenschaftlichen Grundlagen eine erklärende Forschung, die nicht nur nach dem Prinzip von *trial and error* Optimierungen erzeugt und deren Erkenntnisse ein so hohes Generalisierungs-niveau erreichen, daß aus ihnen auch für andere Einzelfälle eine brauchbare Lösung abgeleitet werden kann, ohne daß erneute Untersuchungen nötig wären. Zudem entfaltet diese Orientierung eine gewisse Eigendynamik, indem sich aus dem Streben nach Allgemeinheit jeweils innovative Lösungen versprechende Forschungsfragen ableiten lassen. Andererseits wird durch diesen doppelten Relevanzbezug sichergestellt, daß die bearbeiteten Forschungsfragen derzeit oder -soweit sich dies aus Sicht der Forscher (nicht der Verwender) antizipieren läßt - in Zukunft relevant sind und die erarbeiteten Lösungen tatsächlich aktuelle Verwendungsprobleme beseitigen oder zumindest verringern. Letztlich verbindet sich in diesem Forschungshandeln die Aktualität der Frage mit der Innovativität der Lösungen, was am ehesten geeignet scheint, die von den untersuchten Teildisziplinen in Anspruch genommene Vermittlungsfunktion zwischen (physikalischen) Grundlagen und Verwendungsproblemen effizient zu erfüllen. Welche Bedingungen gibt es nun dafür, daß sich dieses Forschungshandeln entfalten kann und welche Konstellation von Randbedingungen scheinen dem entgegenzustehen?

Zunächst scheint die Installation dieses Typus von Forschung an einer Hochschule ihrer Effizienz dienlich zu sein. Die Ausbildung eines professionellen und akademischen Klimas, in das neben der Bearbeitung von Praxisproblemen - was ja auch in Ingenieurbüros geschehen könnte - auch die Generalisierung und erklärendes Forschen als kollektives Leitbild etabliert werden kann, ermöglicht überhaupt erst die Koppelung von wissenschaftlich-systematischer Orientierung und Verwendungsbezug. Dies wird verstärkt durch die von den Wissenschaftlern gleichzeitig zu erfüllende Lehraufgabe, die zu systematisierendem Denken

auffordert aber auch immer wieder **Praxisprobleme** ansprechen muß. Weiter unterstützend wirkt die Tatsache, daß die meisten Mitarbeiter mit Qualifikationsabsichten an die Forschungseinrichtung gekommen sind und diese Arbeiten per Definition einen Beitrag zur aktuellen innerdisziplinären wissenschaftlichen Diskussion leisten sollen, andererseits aber auf **Verwendungsprobleme** bezogen sind.

Allerdings stellt sich die **Doppelstruktur** der Forschung von **Verwendungsbezug** und **wissenschaftlich-systematischer Orientierung** nicht automatisch ein, und ein bloß **voluntaristisches Zuschneiden** der Forschung auf diese **Doppelstruktur** reicht nicht aus. Die **effiziente Installation** der **technikwissenschaftlichen Forschung** an **Hochschulen** ist an **soziale Randbedingungen** geknüpft, die in bestimmten Intervallen schwanken, nicht aber beliebige Ausprägungen annehmen dürfen. Dazu gehört zum einen die **ressourcielle Größe** der **Forschungseinrichtung** und zum anderen die **Strukturierung** der vorhandenen **Ressourcen**.

Interessanterweise scheint die **ressourcielle Größe** mit den **Handlungsorientierungen** der **Ingenieure** in der Art einer **Normalverteilung** zu korrelieren. Das **Forschungshandeln** kann sich am besten in einem **mittleren Bereich** der **Ressourcenkonzentration** entfalten, was eine **Reihe** von anderen **Randbedingungen** nach sich zieht, während in einem **unteren bzw. einem oberen Bereich** stärker die eine oder andere **extreme Orientierung** vorfindlich ist. Gleichwohl soll natürlich nicht behauptet werden, daß der **Grad** der **ressourciellen Konzentration** *allein* sich für die **Steuerung** und **Durchsetzung** des **Forschungshandelns** eignet. Wichtig ist zunächst die **Zahl** der zur **Verfügung** stehenden **wissenschaftlichen Mitarbeiter**, die bei **effizient arbeitenden Instituten** zwischen **zehn** und **15** liegt. Eine zu **geringe Zahl** birgt die **Gefahr** des **Brain drain**, des **Wissensverlustes** durch die **personelle Fluktuation**, die ja **insgesamt gewünscht** wird, weil sie der **Hintergrund** für die **Motivation** und den **praktizierten Arbeitsstil** der **Mitarbeiter** ist.¹⁴ Die **personell unterfütterte fachliche Kontinuität** läßt sich in einer **Forschungseinrichtung** nur **sicherstellen**, wenn etwa **drei bis vier Mitarbeiter** an **verwandten Themen** und **überlappend angelegten Forschungsvorhaben** arbeiten. Wenn man zudem **berücksichtigt**, daß **jedes Institut** mehrere **Forschungsfragestellungen** bearbeiten muß, weil ja "**für die Zukunft vorgebaut**" werden muß, wenn die **derzeit aktuelle** und **innovativ bearbeitete Fragestellung** einmal **mangels weiterer Forschungsinteressen** **aufgeben** wird, ergibt sich eine **Mindestgröße** von etwa

¹⁴ Aus der Sicht des Mitarbeiters ist aufgrund der **Befristung** auch zu **akzeptieren**, warum er sich - trotz der schon im **Studium spürbaren** starken **Ausrichtung** auf die **Praxis** und des **geringen Wissenschaftsbezuges** im **herkömmlichen Sinn** - eine **zeitlang** mit **Grundlagenproblemen** beschäftigt: Die **Tätigkeit** als **Mitarbeiter** gehört sozusagen noch zu den "**Lehrjahren**", in denen noch **anders gearbeitet** wird als **später** in der **Berufspraxis**. Für die **Forschungseinrichtungen**, die die **Fluktuation** **verstetigen**, ergibt sich daraus die **Voraussetzung** für einen **dauerhaften wissenschaftlich-systematischen Bezug** der **Forschung**.

zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern zuzüglich nichtwissenschaftlichen Personals. Diese Grenze verschiebt sich entsprechend der sonstigen Ausstattung des Instituts: Muß eine große Werkstatt und zudem ein Konstruktionsbüro und/oder eine umfangreiche EDV-Ausstattung durch die eingeworbenen Drittmittelprojekte und Forschungsaufträge unterhalten werden, muß die Zahl entsprechend höher, andernfalls kann sie auch etwas niedriger sein.

Eine Obergrenze der Mitarbeiterzahl liegt bei etwa 15 bis 17 Mitarbeitern. Bei größeren Einheiten ist der notwendige enge Kontakt zwischen Leiter und Mitarbeitern nicht mehr gewährleistet, der nicht durch eine Zwischenebene auch fachlich weisungsbefugter Oberingenieure vermittelt werden sollte. Er ist einerseits notwendig, weil die Mitarbeiter meist alle zugleich promovieren wollen - und in diesen Promotionen ein Gutteil der generalisierenden Leistungen an den Einrichtungen erbracht wird - und daher vom Leiter betreut werden müssen. Andererseits ist der enge Kontakt wichtig, weil der Leiter, abgesehen von dem oder den möglicherweise vorhandenen Oberingenieuren, der einzige erfahrene Forscher ist, der zum einen über die fachlichen Standards in der Projektbearbeitung wacht und zum anderen als einziger die inhaltliche Integration der einzelnen Forschungsvorhaben und den jeweiligen Bezug zu übergreifenden Forschungsfragestellungen sicherstellen kann. Auf diese Weise ergibt sich eine Institutsgröße von zehn bis 15 wissenschaftlichen Mitarbeitern, die alle unmittelbar dem Leiter zugeordnet sind. Oberingenieure haben dabei vor allem formale Aufgaben in der Projektüberwachung oder Dienstleistungen zu erbringen oder werden mit der Vertretung von Querschnittskompetenzen in der Forschung (z. B. EDV, Meßtechnik) betraut, die einer kontinuierlichen Betreuung und Bearbeitung bedürfen.

Wichtige Hinweise auf Restriktionen des Wachstums bei gleichzeitiger Beibehaltung der Doppelstruktur der Forschung ergeben sich aus der Analyse unseres Zusatzsamples: Weiteres personelles Wachstum, wie es durch die Schaffung von Doppelseinrichtungen einer in außeruniversitärer Trägerschaft geführten Einrichtung und eines Hochschul Institutes möglich wird, scheint zwar zunächst wegen der für fertigungstechnische Fragen notwendigen umfangreichen sächlichen Ausstattung funktional - und wirft die Frage auf, ob nicht auch in den Maschinenelementen und in der Konstruktionstechnik z. B. eine große Versuchstandanordnung oder eine umfangreiche EDV-Ausstattung besser von einer größeren Zahl von Wissenschaftlern gleichzeitig genutzt werden sollte; andererseits ginge dadurch die enge Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitern und Leiter und die damit verbundene Betreuung und Integration der Vorhaben ebenso verloren wie die enge Abstimmung und die Vermeidung von Doppelarbeit: Die großen Einrichtungen sind in Hauptabteilungen und Abteilungen - z. T. auch noch in Gruppen gegliedert - die zwar jeweils von einem erfahrenen Ingenieur geleitet werden, oft aber handelt es sich hier auf Gruppen- und Abteilungsebene nur um

die dienstälteren nicht immer schon promovierten Mitarbeiter, die kaum in der Lage sind, die Projekte adäquat zu betreuen und deren Integration zu einer übergreifenden Fragestellung sicherzustellen. Zudem werden die Gruppen und Abteilungen als Profit-center geführt, weshalb ein Wildwuchs der bearbeiteten Fragestellungen und die Aufgabe übergreifender Fragestellungen zugunsten immer neuer Finanzierungs- und Wachstumsmöglichkeiten und zuungunsten der thematischen Fokussierung und Abstimmung kaum vermieden werden kann, was auch darin zum Ausdruck kommt, daß hier proportional weniger Dissertationen angefertigt werden.

Schließlich sind die Mitarbeiter in den Instituten, in denen wir die Organisation der Forschung am effizientesten verwirklicht sehen, mit der eigenständigen Durchführung von Forschungsvorhaben betraut, dessen Themen sie bei ihrer Einstellung meist vorgefunden haben. Es scheint effizienter zu sein, den erfahrenen, aber das Institut in kurzer Zeit verlassenden Mitarbeiter - in Absprache mit dem Leiter - die Beantragung eines Folge-Vorhabens zu überlassen, ohne daß die Unsicherheiten bei der Projektbeantragung auf die Personalplanung der Forschungseinrichtung durchschlagen. In der Projektdurchführung sind die Mitarbeiter eigenständig, von ihnen wird die Initiative erwartet. Nur in Problemsituationen wird der Leiter als erfahrener Ingenieur hinzugezogen, was auch der Einübung grundlagenwissenschaftlicher Arbeitsweisen dient. Neben dem eigenen Forschungsvorhaben - auf dessen Grundlage sie auch ihre Dissertation anfertigen - bearbeiten die Mitarbeiter - gleichzeitig oder im Anschluß - meist kleinere Industrieaufträge, in denen sich das erarbeitete Know-how bewähren muß, die der Aufbesserung des Institutshaushaltes dienen und durch die Praxiskontakte gehalten bzw. aufgebaut werden. Dies dient zum einen dem Zufluß aktueller Problemstellungen, zum anderen aber auch der Vorbereitung zukünftiger Karrierechancen der Mitarbeiter. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die bearbeiteten Forschungsfragen den Grundlagenbezug wahren und zum anderen auch nicht zu stark streuen. Beides wäre der Realisation effizienter Forschung hinderlich. Am ehesten scheint dies möglich, wenn eine in den Erhebungsinterviews genannte Faustregel eingehalten wird, nach der der Anteil der aus Drittmittel finanzierten Mitarbeiter nicht mehr als 50 Prozent ausmachen sollte, was aber wiederum bedeutet, daß den Forschungseinrichtungen bei einer Gesamtzahl von zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern mindestens fünf Planstellen zur Verfügung stehen sollten.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Organisation von Forschungseinrichtungen in den beiden untersuchten Teildisziplinen - und diese disziplinäre Eingrenzung muß immer wieder betont werden - dann am effizientesten gelingt, wenn etwa zehn bis 15 Mitarbeiter, wovon nicht mehr als die Hälfte aus Drittmitteln finanziert werden sollten (damit Eigenforschung möglich bleibt), unter der Leitung eines Hochschullehrers und möglicherweise unter Mithilfe eines für

Querschnittsfragen zuständigen Oberingenieurs an drei bis vier übergreifenden Fragestellungen arbeiten, wobei die Mitarbeiter mit möglichst langfristigen Projekten und gelegentlich direkten Industriaufträgen betraut sind. Dabei sollten sich Vorhaben, die aus Bordmitteln durchgeführt bzw. öffentlich gefördert werden, und Industriaufträge etwa die Waage halten.



Anhang

Falldarstellungen

Im folgenden werden die 18 untersuchten technikwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ausführlich als Fallbeschreibungen dargestellt, wobei das Hauptaugenmerk jeweils auf die Organisation dieser Forschungseinrichtungen gelegt wird. Mit Organisation sind hier zunächst natürlich die verfügbaren sächlichen und personellen Ressourcen und deren Strukturierung, Differenzierung und Hierarchisierung sowie deren Bündelung und Fokussierung in Projekten gemeint. Daneben werden im Rahmen der Darstellung der Organisation aber auch die Prozesse der Themengenerierung (Thematisierung) und der Ergebnisverwendung (Evaluation) berücksichtigt, da nach unserer Auffassung die Frage nach der Funktionsweise von Forschungseinrichtungen und die Effizienz ihrer Organisation nicht nur auf der Grundlage von Aussagen über die personellen und sächlichen Ressourcen beantwortet werden kann. Kognitive und soziale Strukturelemente sind untrennbar verschmolzen, sie bedingen einander und müssen gemeinsam betrachtet werden, wenn die Effizienz der Forschung analysiert werden soll.

In jedem der folgenden Portraits kommen zwar meist alle uns interessierenden Aspekte zum Tragen, aber eben mit unterschiedlichem Gewicht, das sich aus dem Verlauf der Erhebungsgespräche ergibt. In manchen Interviews wurde verstärkt auf die ressourcielle Organisation und weniger auf die Entstehung von Fragestellungen und Schwerpunkten abgestellt. In anderen hingegen wurde in besonderer Weise auf die generalisierenden Momente eines jeden Forschungsvorhabens abgestellt; wieder andere Befragte betonten die Doppelstruktur der Forschungsergebnisse. Dennoch konnten alle Falldarstellungen in die Analyse einbezogen werden. Auf diese Weise ergibt sich ein sehr facettenreiches Bild von der Organisation der Forschung in der untersuchten Teilforschungslandschaft.

Schwieriger ist dagegen eine weitere Besonderheit des Materials, die sich daraus ergibt, daß die untersuchten Forschungsinstitute zum Teil vollständig, zum Teil aber auch nur ausschnittsweise mit unserer Erhebungseinheit zusammenfallen, was damit zusammenhängt, daß manche Institute mehrere organisato-

rische Einheiten - z.B. Lehrstühle - umfassen, wir aber nur eine dieser Einheiten durch die Gespräche mit dem Leiter und seinen Mitarbeitern erheben konnten. Andererseits sind diese Einheiten aber so eng miteinander verknüpft - etwa durch die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur -, daß eigentlich weitere Zusatzinformationen erhoben und in die Analyse eingespeist werden müßten, was aber nicht an allen Stellen gelang. So finden sich an manchen Stellen Hinweise auf Forschungsfelder, die der befragte Leiter nur zu einem sehr kleinen Teil mitbearbeitet, die von einem anderen Hochschullehrer verfolgt werden. In diesen Fällen haben wir uns auf diejenigen Forschungsschwerpunkte beschränkt, die vollständig dem Befragten zuzuordnen sind und über die er ausreichend informieren konnte. So wie einige Forschungsschwerpunkte nicht in den Blick der Interpretation gelangen, weil sie sich erst auf einer unseren Erhebungseinheiten übergeordneten Ebene erschließen, sind in manchen Darstellungen zu einzelnen Forschungseinrichtungen nicht alle verfolgten Fragestellungen ausgebreitet, weil sie sich der Kenntnis des jeweils Befragten entziehen, was vor allem dann der Fall ist, wenn einzelne Oberingenieure sehr selbständig ohne enge Anbindung an den Leiter Forschungsthemen bearbeiten, über die dann der Befragte keine oder nur sehr oberflächliche Auskunft geben kann. Insgesamt dürfte dies aber nur zu kleineren Vollständigkeits-Lücken geführt aber keine grundlegenden Fehlinterpretationen der Forschungsorganisation hervorgerufen haben.

In den nachfolgenden Falldarstellungen wird z. T. sehr detailliert und nahe am technischen Artefakt interpretiert. Es soll aber nicht der Eindruck einer laienhaften Beschreibung von Forschungsverläufen und auch nicht der Eindruck einer technizistischen Auffassung der Technikgenese entstehen. Vielmehr wird das Material ausführlich referiert, weil sich unserer Auffassung nach die Relevanzstrukturen der Technikgenese nur über diese artefaktnahe Analyse erschließen.

Die nachfolgend skizzierten Forschungseinheiten A bis N stammen aus unserer Vollerhebung der Institute der Fachrichtung Maschinenelemente und Konstruktionstechnik. Die letzten vier dargestellten Institute O, P, Q und R repräsentieren das Sample der zusätzlich erhobenen Einrichtungen aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus, das keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Gleichwohl ergeben sich in der vergleichenden Betrachtung wichtige Unterschiede in der Organisation der Forschung, die es uns gestatten, die Besonderheiten der Institute in unserem Hauptsample leichter zu identifizieren und zu charakterisieren. Eine vollständige und genauso detailliert wie für die Institute im Bereich Konstruktion vorgenommene Analyse kann auf der Grundlage der vier Fallbeschreibungen aber nicht vorgenommen werden.

A.1 Forschungseinrichtung A

Der erste untersuchte Fall ist an einer renommierten westdeutschen Technischen Hochschule als eines der größeren Institute in unserem Kernsample der Maschinenelemente- und Konstruktionstechnik-Institute und auch in der Teilforschungslandschaft 'Konstruktion' in Deutschland etabliert. Der Institutsleiter ist seit 25 Jahren dort als Hochschullehrer tätig und hat während seiner Amtszeit zum Ausbau des Instituts sowie zu dessen heutiger Stellung in der Forschungslandschaft nicht unwesentlich beigetragen. Zum Zeitpunkt der Erhebung verfügt das Institut über zwölf Planstellen für wissenschaftliche Mitarbeiter, wovon eine von einem Obergeringenieur und eine andere von einem akademischen Oberrat besetzt wird. Neben den aus Landesmitteln bezahlten Mitarbeitern werden noch einmal etwa doppelt so viele aus Drittmitteln finanziert, so daß je nach der Zahl und dem Umfang der laufenden Drittmittelprojekte 30 bis 35 wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut arbeiten. Daneben verfügt das Institut über eine umfangreiche Infrastruktur und damit über weiteres nichtwissenschaftliches Personal: technisches Fachpersonal in der Werkstatt, im Bereich der Meßtechnik und der Elektrotechnik, sowie weitere Mitarbeiter im Konstruktionsbüro und im Sekretariat, so daß an diesem Institut je nach Projektaufkommen 70 bis 75 Personen beschäftigt sind. Hinzu kommen noch einmal etwa 50 studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte.

Die Mitarbeiter sind ausnahmslos befristet beschäftigt; nach Abschluß des Promotionsverfahrens gehen sie in die betriebliche Praxis. Nur selten bleibt einer der promovierten Mitarbeiter - zwar für längere Zeit, aber ebenfalls befristet - als Obergeringenieur am Institut. Diese Fluktuation wird vom Institutsleiter zunächst positiv bewertet, denn mit den neuen Mitarbeitern kommt motiviertes und als innovativ angesehenes Nachwuchspersonal an das Institut, womit gleichzeitig inhaltliche Erneuerungsimpulse in das Institut hineingenommen werden können. Neben diesen positiven Wirkungen der Fluktuation werden aber durchaus auch negative Effekte beobachtet, die bei gegebener Fluktuationsrate eine bestimmte personelle Mindestgröße für das Institut erforderlich machen. Denn es geht mit dem ständigen Wechsel der wissenschaftlichen Mitarbeiter - nach etwa fünf Jahren - jeweils ein Teil der in der Projektarbeit erworbenen Spezialkenntnisse verloren. Zwar können einige Erkenntnisse und Kompetenzen für das Institut gesichert werden, jedoch ist mit dem Weggang eines Mitarbeiters jeweils ein Brain drain verbunden, der nur bei einer bestimmten Mindestgröße des Instituts aufgefangen werden kann. Der in der arbeitsrechtlichen und biographischen Situation der auf Übergangsstellen beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiter angelegte strukturelle Brain drain für das Institut wird in seinem Gewicht dadurch minimiert, daß die Zahl der Doktoranden über einer kritischen Größe liegt, damit gewährleistet ist, daß beim Weggang eines Mitarbei-

ters nach Abschluß der Projektarbeit und des Promotionsverfahrens weitere im jeweiligen Spezialgebiet erfahrene Kollegen zurückbleiben, die den als Nachfolger eingestellten Neuling in die Materie einarbeiten können. Um die Spezialkompetenz für den Fall einer unvorhergesehenen Fluktuation, z.B. einer Finanzierungslücke halten zu können, ist eine gewisse Manövriermasse erforderlich, die nach Angaben des befragten Hochschullehrers bei etwa 25 wissenschaftlichen Mitarbeitern liegt.

"Ja, es ist vielleicht noch die untere Grenze, würd ich sagen. Doch, 25 müßte man schon haben, um, sagen wir mal, diese kritischen Aspekte ausgleichen zu können heute."

Eine Obergrenze der Anzahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter ergibt sich aus dem Funktionsverhältnis des Institutsleiters zu seinen Mitarbeitern, wobei zwei Aspekte hervorzuheben sind: Einerseits sind die wissenschaftlichen Mitarbeiter Doktoranden, woraus sich die Notwendigkeit der persönlichen Betreuung des Promotionsvorhabens ergibt, was letztlich einer zeitlichen und intellektuellen Kapazitätsgrenze entspricht. Außerdem ist der Institutsleiter auch fachlich-inhaltlich in alle Forschungsprojekte involviert, über deren Fortgang er auf dem laufenden gehalten werden möchte, um einerseits im Zweifel lenkend eingreifen, und um bei Präsentationen bei den Mittelgebern - die meist aus der Wirtschaft stammen - Rede und Antwort stehen zu können. Bei einer Zahl von 30 bis 35 wissenschaftlichen Mitarbeitern scheint dies zunehmend schwierig.

Das Institut ist in vier Abteilungen gegliedert: theoretische Tribologie, experimentelle Tribologie, Antriebstechnik und Maschinendynamik, wobei sich die Mitarbeiter etwa zu gleichen Teilen auf diese Abteilungen verteilen. Die Forschungsthemen in diesen vier Abteilungen des Instituts stammen - mit je unterschiedlichen Gewichten - im wesentlichen aus dem Bereich der Antriebstechnik, was sich aus der Tradition dieser Forschungsthemen ergibt: Zum einen ist die in den zurückliegenden Jahren angeschaffte versuchstechnische Ausstattung im wesentlichen auf diese Fragestellungen zugeschnitten, und um für weitere Themenbereiche die entsprechende sächliche Ausstattung vorhalten zu können, fehlen dem Institut die Ressourcen. Zum anderen haben sich die Mitarbeiter durch die langjährige Beschäftigung auf diesem Gebiet eine spezifische Spezialkompetenz erworben, die von Mitarbeitergeneration zu Mitarbeitergeneration - mit Reibungsverlusten - weitergegeben und durch die Bearbeitung von Forschungsvorhaben aus diesem Bereich stets aktualisiert wird.

"Wir haben eine bestimmte Ausstattung, die auf alles natürlich nicht paßt. Wir sind da zum Beispiel kein Motoreninstitut. Wir können also keine Motoren untersuchen, keine Experimente an Verbrennungsmotoren machen. Dafür

gibt es ja Parallelinstitute oder an Dampfmaschinen oder Dampfturbinen, meine ich. Sondern: wir sind hier speziell ausgerichtet auf Antriebstechnik."

Die theoretische wie praktische Tribologie sowie die Maschinendynamik sind Spezialgebiete, die sich aus den früheren Arbeiten zur Abtriebstechnik entwickelt haben. Soweit es die versuchstechnische Ausstattung zuläßt, werden in diesen Abteilungen aber auch außerhalb der Antriebstechnik liegende Forschungsfragen bearbeitet - die Meß- und Versuchstechnik wird hier nicht als Transferkompetenz zur Verzahnung mehrerer Projekte zu einer Forschungslinie, sondern zur Erweiterung des Spektrums möglicher Industrieaufträge genutzt, was der thematischen Diversifikation der am Institut bearbeiteten Vorhaben Vorschub leistet.

Das Institutsgebäude wurde Anfang der fünfziger Jahre erbaut. Auch die sächliche Ausstattung stammt z. T. aus dieser Zeit und ist zudem von der Grundausrüstung her auf die Zahl der Planstellenmitarbeiter bezogen, weshalb im Rahmen von Drittmittelprojekten zum Teil hochwertige Ausstattungselemente beschafft werden müssen, die die Voraussetzung für die Durchführung der experimentellen wie datenverarbeitungstechnischen Forschungsprojekte sind. Die Drittmittelgeber ihrerseits sind angesichts der angespannten Finanzlage jedoch an der Finanzierung jeweils besonders geringvolumiger Vorhaben interessiert, was mit den sachlich notwendigen Ausstattungserfordernissen der experimentell ausgerichteten Forschung kollidiert. Zudem wird eine gewisse Grundausrüstung in der Werkstatt und im Konstruktionsbüro bei den Drittmittelgebern vorausgesetzt. Neu- bzw. Ersatzbeschaffungen im Rahmen von Projektanträgen sind daher kaum möglich, und umgekehrt wird ein großer Teil der Haushaltsmittel für die Reparatur und Instandhaltung der Ausstattung aufgewendet. Hinzu kommt, daß die aus Haushaltsmitteln finanzierbare Ausstattung den Erfordernissen der anspruchsvollen Forschung dieses großen Instituts nicht gerecht werden kann. Dieses Defizit versuchen die Mitarbeiter des Instituts dadurch auszugleichen, daß sie im Auftrag der Industrie Aufgaben eines Ingenieurbüros erfüllen und direkte Industrieaufträge bearbeiten. Die Erträge aus diesen Arbeiten werden dann zur Aufstockung der Haushaltsmittel verwendet.

"Und wir rechnen jetzt gerade für [FIRMENNAME] so eine Bandanlage durch, von der Schwingungsseite her und von der Dynamik. Und das tun wir insofern ganz gerne, weil wir auf diese Weise Möglichkeit haben, Geld zu verdienen. Wir haben ja Gott sei Dank diese glückliche Einrichtung in [HOCHSCHULORT] des sogenannten Sonderfonds. Das heißt also, wir können für Geld diesen Auftrag durchführen. Die Hochschule hat da bestimmte Werkverträge ausgearbeitet, die dann die Firma unterschreiben müssen. Und wir nehmen das Geld ein und können dann damit unseren Etat

aufstocken. Denn wir müssen ja immer sehen, daß wir bißchen Manövriermasse haben."

Neben der Forschung hat das Institut umfangreiche Aufgaben in der Lehre. Vor allem in den Vorlesungen zu Maschinenelementen und im Konstruktionsunterricht. Wie in den meisten übrigen untersuchten Untersuchungseinheiten ist auch hier der Anteil der Lehre an den Gesamtaufgaben verhältnismäßig groß. Im Semester werden etwa 1000 Studierende von Mitarbeitern des Instituts in Übungen und Vorlesungen betreut, woraus sich für die Mitarbeiter - sowohl die auf Planstellen als auch die aus Drittmittel finanzierten - im Semester ein nicht unerhebliches Engagement ergibt. Außerdem wird ein Großteil der Mitarbeiter neben der Arbeit in ihrem jeweiligen Forschungsprojekt mit zusätzlichen administrativen Aufgaben betraut. Nur wenn diese Aufgaben (Lehre und Dienstleistung) zu gleichen Teilen auf die Planstellenmitarbeiter und die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter verteilt werden, bleibt jedem einzelnen Mitarbeiter Zeit für die Forschung, was einen gewissen Anteil von Planstellen erfordert. Hier wird dieser Anteil aber bei weitem unterschritten. Neben Lehre, Dienstleistung und Industrieaufträgen bleibt den Mitarbeitern kaum Luft für die eigeninitiative Verfolgung von Forschungsfragestellungen. Die Forschung bleibt daher beinahe ausschließlich verwendungsbezogen.

Bei der Projektakquirierung in Konkurrenz mit anderen Instituten und Lehrstühlen in der Forschungslandschaft werden zwei verschiedene Varianten mit unterschiedlichem Gewicht praktiziert: Zum einen wird auf Ausschreibungen reagiert, die dem Institut von den Drittmittelgebern zugehen, zum anderen werden aus eigener Initiative Projektanträge gestellt, um angefangene Forschungsfragen am Institut weiterverfolgen zu können. In 70 bis 80 Prozent der Fälle reagiert das Institut auf Anfragen oder Ausschreibungen von Wirtschaftsunternehmen und Forschungsförderungsinstitutionen, die - von den Oberingenieuren - daraufhin geprüft werden, ob das entsprechende Know-how, die apparative Ausstattung und die notwendige Manpower im Institut als Voraussetzung für die Erstellung eines Angebots und für die Durchführung des Projektes vorhanden sind. Vor allem wird auch geprüft, ob das Institut in Konkurrenz mit den übrigen Forschungseinrichtungen eine reelle Chance hat, für ein zu erstellendes Angebot oder einen auszuarbeitenden Forschungsantrag den Zuschlag zu erhalten. Andernfalls wäre der Aufwand für Vorlauforschung und Antrag bzw. Angebot nicht zu rechtfertigen. Dies führt zu höheren Umwandlungsraten, was aber nur angesichts der mit vier Abteilungen ausdifferenzierten Organisationsstruktur, der institutionell gesicherten thematischen Breite des Instituts und der als 'Kompetenzpool' herausragenden Stellung in der Forschungslandschaft möglich scheint.

"Nehmen wir mal an, also ich würde so eine Ausschreibung bekommen, dann läuft das also so, daß ich mir zunächst einmal Gedanken darüber mache, ob dieses Fach, was da berührt wird, oder dieses Spezialwissen, was da berührt wird, ob wir das überhaupt haben, ob wir das überhaupt bringen können. Manchmal ist es z.B. so, daß man von vornherein weiß: Aha, da gibt es also ein anderes Institut in Deutschland, die sind da ohnehin führend auf diesem Bereich und die stehen dann u.U. auch schon auf der Verteilerliste. Dann muß man natürlich überlegen: Was macht man? Treten wir jetzt in Konkurrenz? Haben wir eine reelle Chance überhaupt den Zuschlag zu bekommen oder nicht. Da muß man natürlich dann abwägen, inwiefern Mitarbeiterkapazitäten überhaupt frei sind, und wenn auch nur, um den Antrag zu erstellen usw."

Andererseits werden alle Projekte bearbeitet, die akquiriert bzw. bewilligt werden, was zunächst den Anschein erweckt, es würden relativ willkürlich alle Projekte ohne Rücksicht auf eine thematische Anschlußfähigkeit angenommen. Aber das Institut erhält ja nur bei Projekten den Zuschlag bzw. die Bewilligung, bei denen es eigene Vorarbeiten, eine entsprechende apparative Ausstattung und personell unterfüttertes Know-how nachweisen kann. Dennoch streuen die Fragestellungen der Projekte um einen Kernbereich, für den das Institut ausgewiesen ist. Dieser Kernbereich wiederum wandelt sich mit einem sich wandelnden Schwerpunkt der Projektthemen.

Dies müßte eigentlich dazu führen, daß eine Forschungslinie, wenn sie denn verfolgt wird, mit einer starken Unsicherheitsmarge behaftet ist. Denn das Institut muß ja - wegen der geringen Umwandlungsraten für Forschungsanträge - mehr Projekte beantragen, als dann bewilligt werden, und welche bewilligt werden, kann auch nicht vorweggenommen werden. D. h., selbst wenn es eine eigeninitiativ verfolgte Fragestellung gibt, ist deren Realisation stets unsicher, weil die Finanzplanung an eine längerfristige Personalplanung und nicht unmittelbar an die Forschungsplanung geknüpft ist. Wird ein Projektantrag nicht bewilligt, muß ein anderes, möglicherweise thematisch abgelegenes, Projekt akquiriert werden, um für den Mitarbeiter, den das Institut für die Lehre und als Träger von Spezialkompetenz benötigt, die Finanzierung zu sichern, was wiederum der thematischen Diversifikation und einem geringen innovativen Potential Vorschub leistet.

Ein Großteil der Forschung auf dem Gebiet der Antriebstechnik wird in Kooperation mit der Industrie - als Auftragsforschung, im Rahmen von Projekten einer Forschungsvereinigung der AiF oder im Zuge von BMFT-Verbundprojekten - durchgeführt, was vom Institutsleiter begrüßt und auf die spezifische Relevanzstruktur der ingenieurwissenschaftlichen Forschung zurückgeführt wird: Verwendungsbereich der Forschungsergebnisse ist die industrielle Praxis,

aus der dann wiederum jeweils die **aktuellen** Forschungsfragen abgeleitet werden. Dies ist Voraussetzung für die Aktualität des spezifischen Problemlösungskompetenz und damit letztlich für den Bestand des Instituts.

"Wir sind aber auch sehr daran interessiert, industrienaher Forschung zu gewinnen, denn sehr viele Fragestellungen entstehen in der Industrie. Dort ist im Grunde die Front, dort versucht man eben viele Dinge umzusetzen. Und dort treten eben auch dann unmittelbar Probleme auf."

Forschung wird selektiv betrieben. Neben der Ausstattung scheint hier vor allem eine bestimmte Spezialkompetenz als Auswahlkriterium für Forschungsprojekte zu dienen. Das Institut hat sich auf dem Gebiet der Tribologie spezialisiert und sich darin einen gewissen Ruf erarbeitet. Andererseits entsteht bei den Interviews der Eindruck, als sei das Institut in erster Linie ein Kompetenzpool, der auf Anfragen und Angebote der Drittmittelgeber reagiert, ohne daß eine spezifische eigeninitiierte Akquirierungsstrategie für die Projekte vorhanden ist, was weiterer Forschungsgegenstand sein soll. Es scheint zumindest zweifelhaft, ob an diesem Institut eine übergreifende Forschungsfragestellung, eine Forschungslinie eigeninitiiert verfolgt wird, wofür der folgende Dialog als Beleg steht:

I.: Könnte man das so sagen, daß es bestimmte Dinge gibt, für die Sie hier gerade der Adressat sind?

B.: Ja. Das kann man sagen. Also der ganze Tribologiebereich, da sind wir ziemlich weit und auch die Strukturmechanik. Ja, es sind im Grunde diese zwei Bereiche.

I.: Da würde man doch sagen: Wenn da was auf Sie zukommt, das können Sie übernehmen?

B.: Das können wir machen, ja.

I.: Und würden Sie auch machen?

B.: Das würden wir auch machen, ja.

I.: Sie würden nicht sagen: Ach, interessiert uns nicht?

B.: Nee, nee. Das würden wir schon machen, um, sagen wir mal, den Kontakt zu haben."

Die Abteilungen Maschinendynamik und Antriebstechnik werden fachlich von einem Oberingenieur betreut, die beiden tribologischen Abteilungen von einem promovierten Mitarbeiter in der Funktion eines Oberingenieurs. Die Abteilungsleiter haben neben der Bearbeitung eigener kleinerer Forschungsvorhaben eine Vermittlungsposition inne, die über eine formale und administrative Funk-

tion hinausgeht: In Fragen der Projektakquisition arbeiten sie dem Institutsleiter zu, sie prüfen zusammen mit dem Leiter, ob für ein Projekt die entsprechende fachliche Kompetenz und personelle Kapazität vorhanden sind, und sie organisieren die konkrete Projektbeantragung. Außerdem sind sie für die Betreuung und Anleitung der wissenschaftlichen Mitarbeiter bei der Durchführung von Forschungsprojekten zuständig. Dies reicht von der methodischen Anleitung in der Projektbearbeitung über das Projektkontrolling bis zur Hilfestellung und Kontrolle bei der Vorbereitung von Präsentationen für Arbeitstagen.

"Dann ist es also so, daß ich mich mit den Mitarbeitern auseinandersetze, die im Grunde genommen meiner Abteilung zugeordnet sind, und Herr [OBERINGENIEUR] mit den seinen und der Chef bekommt also jeden Bericht auf jeden Fall nochmal."

Im Falle von Schwierigkeiten bei der Projektbearbeitung finden die wissenschaftlichen Mitarbeiter in ihren Abteilungsleitern erste Ansprechpartner. Meist können sie mit ihrer fachlichen Kompetenz und ihrem Erfahrungsschatz weiterhelfen oder sie vermitteln Kontakte zu Partnern außerhalb des Instituts (Industrie bzw. andere Forschungseinrichtungen), mit denen das Institut derzeit oder in früheren Projekten kooperiert hat. Auch hier spielt die durch die Oberingenieure gewährte personelle Kontinuität eine wichtige Rolle. Der befragte Hochschul-lehrer vereinigt demgegenüber in seiner Position als Leiter des untersuchten Instituts verschiedene Funktionen: er vertritt die Teildisziplin in der Hochschule, er akquiriert Projekte und hält die Kontakte zur betrieblichen Praxis, er betreut die wissenschaftlichen Mitarbeiter in deren Qualifikationsarbeiten, aber er ist - anders als die Leiter der meisten übrigen Forschungseinrichtungen - relativ wenig in die konzeptionelle Vorbereitung und Beantragung von Forschungsvorhaben eingebunden. Diese Aufgaben werden von den beiden beschäftigten Oberingenieuren wahrgenommen. Die Oberingenieure sind in ihrer beruflichen Perspektive langfristig aber auf die betriebliche Praxis und die dortigen Aufgaben ausgerichtet. Sie können daher die Bündelung und Integration der einzelnen Projektthemen zu einer Forschungslinie, die sowohl theoretische Bezüge wie Verwendungsbezüge aufweist, kaum leisten. Andererseits müssen die Oberingenieure die Beantragung der Vorhaben aber wahrnehmen, weil der Leiter dies bei einer Zahl von 35 wissenschaftlichen Mitarbeitern selbst nicht mehr machen kann.

Insgesamt ist zu beobachten, daß verstärkt von der Einwerbung und Bearbeitung von direkten Industrieaufträgen Gebrauch gemacht wird, um den Bestand des Personals zu sichern bzw. weiter expandieren zu können, was zwei Ursachen hat: Zum einen geschieht dies angesichts der aktuellen Situation, in der es wegen der langen Beantragungszeiten und der geringer werdenden Umwandlungsraten schwer fällt, öffentliche Projekte zu akquirieren. Zum anderen

geschieht dies, weil die Zahl der zur Verfügung stehenden Planstellenmitarbeiter, die die aufwendigeren, an öffentliche Förderer gerichteten Forschungsanträge leichter erarbeiten könnten, als die mit enger zugeschnittenen Projekten betrauten Drittmittelmitarbeiter, absolut gesehen zwar hoch, relativ zur Gesamtmitarbeiterzahl aber recht gering ist. Um den Personalbestand halten zu können, werden überwiegend Industrieaufträge akzeptiert, die kurzfristiger angelegt sind, kaum im Sinne der Verfolgung einer Forschungslinie an die bisher am Institut bearbeiteten Vorhaben anschlussfähig sind und durch deren Bearbeitung - wegen der meist klar antizipierbaren Ergebnisse - kaum innovative Sprünge zu erwarten sind. Auf diese Weise wird die innovative theorieorientierte Forschung der Sicherung der personellen Stärke geopfert, die in gewisser Weise mittlerweile Voraussetzung für den Erhalt der sächlichen Ausstattung geworden ist.

A.2 Forschungseinrichtung B

Das zweite untersuchte Forschungsinstitut wird seit mehr als zwanzig Jahren von demselben Hochschullehrer geleitet. Der Leiter hat wegen des vergleichsweise kleinen Instituts eine zentrale Schlüsselposition inne: die meisten Außenkontakte sowie alle Anträge und Berichte gehen über seinen Schreibtisch. Er ist Gate keeper nach außen *und* innen.

"Aber es läuft alles hier über meinen Tisch, und sagen wir mal, die Forschungsanträge, sei es bei der DFG, sei es woanders, tragen also meine Unterschrift, nicht. So zentral ist das bei uns organisiert."

Das Institut verfügt wegen der hohen Lehrbelastung im Grund- wie Hauptstudium über neun Planstellen für Mitarbeiter und je nach Drittmittelaufkommen über weitere neun bis elf Mitarbeiter, die aus Forschungsmitteln Dritter finanziert werden. Drei Drittmittelmitarbeiter werden derzeit langfristig durch einen Sonderforschungsbereich finanziert, alle anderen durch kurzfristigere Drittmittelprojekte. Alle Mitarbeiter sind befristet beschäftigt und zugleich Doktoranden, die nach einer Zeit von etwa fünf Jahren das Institut nach Abschluß ihres Promotionsverfahrens in die betriebliche Praxis verlassen. Die Quote derjenigen, die die Promotion nicht erfolgreich abschließen, lag in den vergangenen Jahren bei etwa zehn Prozent. Die hohe Quote der jeweils promovierenden Mitarbeiter enthält erste Hinweise auf eine zumindest auch vorhandene Grundlagenorientierung, auf eine große Schnittfläche zwischen Projekten und auf eine gewisse Forschungstradition an diesem Institut. Die Arbeiten werden alle vom Leiter betreut, was anzeigt, daß die Kooperation zwischen dem Leiter und seinen Mitarbeitern wegen der relativen kleinen Größe der Einrichtungen eng angelegt ist.

Neben einer derzeit vakanten Oberingenieurstelle ist ein promovierter Oberingenieur vorhanden, der ausschließlich mit Dienstleistungsaufgaben in der Lehre und - weil die Themenschwerpunkte am Institut recht breit streuen, und der Leiter nicht in allen Fragen jeweils den aktuellen Stand der Technik verfolgen kann - mit Stabsfunktionen in der Datenverarbeitung betraut ist. Auf diese Weise werden wichtige Querschnittskompetenzen einer für die Lösung von Fragestellungen des Maschinenbaus wichtigen Disziplin - der Oberingenieur ist Informatiker und ihm ist ein weiterer Doktorand der Informatik zugeordnet - dauerhaft in den Institutsbetrieb integriert. Bei der formalen oder inhaltlichen Leitung tritt der Oberingenieur jedoch nicht zwischen Mitarbeiter und Institutsleiter. Alle Mitarbeiter sind in der Projektarbeit wie auch der Qualifikationsarbeit - mit Ausnahme des Informatikers, der dem Oberingenieur zuarbeitet - direkt dem Institutsleiter zugeordnet. Die Obergrenze der Anzahl der möglichen Mitarbeiter ist für den befragten Institutsleiter mit zwanzig erreicht, was er zum einen mit der bei weiterem Wachstum mangelnden Betreuung der Doktoranden begründet und zum anderen mit dem dann notwendigen stärkeren Engagement bei der Einwerbung von Drittmitteln und dem damit verbundenen Bedeutungsverlust seiner anderen Funktionen im Institut.

"Ich erweitere nicht! Im Gegensatz zu meinem Fertigungskollegen, der jetzt bei 300 wissenschaftlichen Mitarbeitern oder so ist, Herr [NAME]. Der hat zwar noch ein großes [AUSSERUNIVERSITÄRES INSTITUT], das ist da mitgerechnet, und der hat nun die drei Zwischenebenen, Hauptabteilungsleiter, Gruppenführer und weiß ich was. Mit der Konsequenz, daß der Chef überhaupt keinen mehr kennt und nur noch Manager ist und das Geld eintreiben muß. Denn für die 300 sind ja nur zehn Planstellen. Alles andere ist Drittmittel, d. h. also, der muß ja nur Geld besorgen im Grunde genommen, nicht."

Die Untergrenze für die Anzahl der Mitarbeiter hängt nach Angaben des Befragten von der Anzahl und der Art der verfolgten Forschungsschwerpunkte ab. Je nach thematischem Schwerpunkt sollten es etwa drei bis vier Mitarbeiter sein, wengleich ein Institut wohl insgesamt nicht weniger als sechs Mitarbeiter haben sollte, um eine gewisse kritische Größe für die Überbrückung von Finanzierungslücken zur Verfügung zu haben, aber auch um dem durch die ständige Fluktuation verursachten Brain drain entgegenzuwirken. Diese Angaben sind jedoch rein spekulativ, weil das Institut allein schon über neun Planstellen verfügt, und daher nicht auf eine derart kleine Mitarbeiterzahl zusammenschrumpfen wird. Zudem hängt die Zahl der mindestens benötigten Mitarbeiter von der Art und der Zahl der verfolgten Forschungsfragestellungen ab. Bei einigen Themenbereichen scheint ein einzelner Mitarbeiter auszureichen, bei anderen muß stets eine größere kritische Masse vorhanden sein.

"Z. B. hier diese Normbearbeitung, das hat immer nur einer gemacht. Das reichte auch. Während jetzt dieses Konstruktionsleitsystem usw., da müssen mehrere zusammenarbeiten, weil ja die unterschiedlichsten Berechnungs-, Gestaltungs- und Werkstoffdateien zusammen sein müssen, also da würde ich sagen, ist so eine Gruppe von fünf wenigstens so eine kritische Einheit. Mein Zahnradmitarbeiter ist über Jahre immer ein Zahnradmitarbeiter gewesen. Und wir machen durchaus interessante Forschungen, nicht. Also, ich würde sagen, das hängt doch sehr vom Thema ab."

Eine beliebige Ausweitung der personellen Ressourcen auf der Ebene der wissenschaftlichen Mitarbeiter wird für die Projektarbeit als nicht unbeschränkt sinnvoll erachtet. Zwar würde eine Steigerung der zur Verfügung stehenden Ressourcen eine Komprimierung der benötigten Zeit bewirken, andererseits läßt sich ein Projekt nicht beliebig durch arbeitsteilige Zergliederung beschleunigen. Eine grundlegende Abfolge von Arbeitsschritten scheint notwendig, um zu einem erfolgreichen Abschluß des Projektes zu gelangen. Hinzu kommt, daß der Koordinierungsaufwand für den Projektleiter so groß wird, daß die Vorteile eines arbeitsteiligen Vorgehens schnell in ihr Gegenteil umschlagen.

"Ja, ich weiß, diese Frage, ein Schiff braucht fünf Tage über den Ozean, fünf Schiffe brauchen einen Tag. Es würde sicherlich ein bißchen schneller gehen. Aber ich weiß nicht, ob es doppelt so schnell gehen würde, entsprechend der Stundenzahl die dann ein voller wissenschaftliche Mitarbeiter haben würde. Bestimmte Fragen brauchen eine gewisse Zeit der Reife einfach. Man kann nicht ein Projekt beliebig zerteilen und sagen: Dadurch das ich alle Schritte parallel mache ist es dann in beliebig kürzerer Zeit fertig. Es sind bestimmte Schritte auf Vorschritte angewiesen oder auf Voraussetzung von Vorschritte und die kann man nicht parallel machen. Sicherlich würde es schneller gehen. Aber ich glaube nicht, daß man mit Verdreifachung der Mitarbeiterzahl eine Drittelung der Zeit erreichen würde."

"(...), wenn jetzt mehr wissenschaftliche Mitarbeiter, wir hätten Koordinationsprobleme. Ich glaube einfach, daraus das dann fünf Köpfe überlegen, was kann man analytisch da machen, würde viel Zeit drauf verwendet werden, diese Ideen zu koordinieren."

Themenstellungen, die auf die Analyse eines konkreten technischen Artefakts und der an ihm wirksamen naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten abzielen, sind von Einzelpersonen bearbeitbar. Bei den auf die Synthese und Gestaltung von Artefakten (Programme) angelegten Themenbereichen wiederum sind mehrere Mitarbeiter notwendig. Programme größeren Umfangs sind von einem Einzelnen nicht in der vorgesehenen Zeit von fünf Jahren zu bewerkstelligen. Bei der stufenweisen Bearbeitung durch mehrere Mitarbeiter nacheinander würden

die Ergebnisse erst in zehn oder 15 Jahren zur Verfügung stehen und dann zudem veraltet sein. Außerdem ist das Programm nur in einer - wenn auch später zu überarbeitenden - vollständigen Version als Ergebnis sinnvoll. Zwischen- oder Teilergebnisse stellen keine Innovationen dar. Dies führt zu Parallelarbeit mehrere Mitarbeiter an einem Programm. Wichtig scheint auch, daß die Zahl der für die Verfolgung einer Fragestellung notwendigen Mitarbeiter von der Komplexität der Fragestellung bzw. des theoretischen Modells, in dem das Problem gefaßt wird, abhängig ist.

Das Institut verfügt traditionell über einen großen Park an versuchstechnischen Ausstattungen, eine Werkstatt und neuerdings eine konstruktions- und eine meßtechnischen Abteilung; eine Ausstattung, die durch Haushaltsmittel allein nicht zu unterhalten ist. Umgekehrt werden bei der Beantragung von Drittmittelprojekten bei den einschlägigen Förderorganisationen Kosten für die Anschaffung und Unterhaltung der als Grundausrüstung angesehenen Geräte keine Kosten übernommen. Als Ausweg bleibt die Bearbeitung von direkten Industrieaufträgen, die aber hier thematisch nur wenig streuen und als sinnvolle Ergänzung zu den eigenen Forschungsinteressen angesehen werden können. Sie sind exemplarische Realisation der erarbeiteten Konzepte und dienen zugleich der Aufbesserung des Institutshaushaltes. Aus der vorhandenen Ausstattung des Instituts z.B. mit kostenintensiven Hardware-Komponenten ergeben sich für die Forschungsarbeiten am Institut langfristig aber auch wichtige Randbedingungen, die auf die Wahl der konkreten Forschungsfragestellungen zurückwirken: Die Fragen müssen sich mit der vorhandenen Ausstattung bearbeiten lassen. Insofern beinhaltet die Bearbeitung von Industrieaufträgen auch eine Festlegung für die Forschung, wenngleich andererseits diese Kooperation langfristig die jeweils neueste Ausstattung für die auf dem Gebiet der Umsetzung der Konstruktionssystematik auf den Rechner arbeitenden Mitarbeiter ermöglicht.

Die Forschungsarbeiten am Institut konzentrieren sich schwerpunktmäßig auf drei Themenbereiche: Verbindungstechnik, Kunststoffzahnäder sowie die Anwendung und Umsetzung der Konstruktionsmethodik auf den Rechner. Die Mitarbeiter verteilen sich etwa zur Hälfte auf die beiden experimentellen Schwerpunkte (Verbindungstechnik und Kunststoffzahnäder) sowie auf den Schwerpunkt mit der datentechnischen Ausrichtung (Anwendungsfelder der Konstruktionsmethodik). Die Verbindungstechnik wurde vom Vorgänger im Amt des Institutsleiters als Themenschwerpunkt übernommen, für dieses Gebiet hat das Institut eine auf speziellem Know-how beruhende Position in der Forschungslandschaft inne.

Innerhalb des Instituts werden mehrere Spezialgebiete der Verbindungstechnik bearbeitet, die gleichfalls vom Vorgänger in der Position des Leiters des Instituts übernommen wurden - die Welle-Nabe-Verbindungen und die Schrauben. In beiden wurde zum einen an der Meß- und Versuchstechnik weitergearbeitet

und zum anderen moderne Entwicklungen hinsichtlich der Formgebung, des Werkstoffs und der Oberflächenbehandlung für die entsprechenden Verbindungselemente rezipiert. Neben den übernommenen Schwerpunkten in der Verbindungstechnik werden zwei weitere neu hinzugenommene Spezialgebiete der Verbindungstechnik verfolgt. Zunächst sind auf Initiative des Leiters sogenannte exotische Verbindungselemente untersucht worden, dann aber auch Verbindungen von Bauteilen aus keramischen Werkstoffen.

"Also, solche exotischen Verbindungen, die bis jetzt eigentlich nur so für Verkleidungen und sagen wir mal, nicht sehr tragfähige Verbindungen genutzt wurden. Die untersuchen wir seit Jahr und Tag systematisch. Hinsichtlich der Dauerfestigkeit, also der Tragfähigkeit, um sie auch für den Maschinenbau salonfähig zu machen."

Das Interesse an diesem Themenschwerpunkt geht auf eine VDI-Richtlinie zurück, die vor einigen Jahren erlassen wurde, in der der Recyclinggedanke für den Maschinenbau formuliert wurde. Von dieser Richtlinie ausgehend und das Interesse der Wirtschaftsunternehmen nach wiederverwendbaren Produktteilen antizipierend, leistet das Institut seit mehreren Jahren Vorlaufforschung, um dann, wenn die Nachfrage der Betriebe kommt, entsprechende Verfahren zur Bestimmung der Recyclingfreundlichkeit bieten zu können. Die Forderung der Recyclingfreundlichkeit transformiert sich hinsichtlich der Verbindungselemente zu der Forderung nach einem relativ leichten Fügen und Lösen bei hoher Dauerfestigkeit der Verbindungen, und damit zu einer zweidimensionalen Optimierungsfrage.

Dabei versuchen die Mitarbeiter des Instituts zunächst sich ein theoretisches Instrumentarium für die Behandlung dieser exotischen Verbindungselemente zu schaffen. Zwei Mitarbeiter arbeiten daran, für diese Verbindungselemente Kennwerte zu erarbeiten, anhand derer die Einsatzfähigkeit der Elemente beurteilt werden soll. Geeignete Kennwerte werden dann für eine Vielzahl von neuen Verbindungselementen definiert und errechnet oder experimentell ermittelt und in einer Tabelle für die Praxis bereitgestellt, was neben Zügen einer auf Vollständigkeit angelegten Systematisierung auch Aspekte einer Generalisierung bisher bekannter Gesetzmäßigkeiten über Verbindungselemente im Sinne einer Erweiterung des Geltungsbereiches auf neue Verbindungselemente enthält. Das Spektrum der untersuchten Verbindungselemente wird erweitert, um - generalisierend - den Geltungsbereich der Kennwerte prüfend auszudehnen. Für weitere, bisher nicht untersuchte Verbindungselemente werden die Kennwerte berechnet und auf ihre Tragfähigkeit und Aussagekraft hin überprüft. Gegebenenfalls wird die Definition der Kennwerte verworfen oder verändert, um auch für die neu hinzugenommenen Verbindungselemente zu aussagekräftigen Kennwerten zu gelangen. Auf diese Weise entsteht mit den Kennwerten ein theoretisches, die

Verbindungselemente hinsichtlich bestimmter Eigenschaften beschreibendes Konstrukt, das mit jeder Erweiterung seines Geltungsbereiches eine Generalisierung erfährt. Dieses Beispiel zeigt, wie die Forschung an diesem Hochschulinstitut auf die - hier antizipierte - betriebliche Praxis ausgerichtet ist, von den **grundlegenden Arbeitsvollzügen** her jedoch wissenschaftlich-systematisch angelegt ist. Zudem wird deutlich, wie die Bedürfnisse der betrieblichen Praxis weniger durch konkrete Aufträge, sondern mehr als durch den VDI (ähnlich die Arbeitskreise der AiF) gebrochene verallgemeinerte Interessen ganzer Branchen oder Wirtschaftszweige vermittelt werden. Umgekehrt werden die Lösungsvorschläge durch den Hochschullehrer, der in diesen Gremien vertreten ist, dort eingespeist, so daß sich ein wechselseitiger Abstimmungsprozeß zwischen Forschung an der Hochschule und Verwendung in der Praxis vollzieht.

"Und da gibt es dann auch, das gilt für andere Gebiete auch, Arbeitskreise im Verein Deutscher Ingenieure. Da sind wir natürlich auch Mitglied. Da sind dann die großen Schraubenhersteller, es gibt drei in Deutschland, nicht wahr, die sitzen da auch mit ihren Entwicklungsleitern usw. Das heißt, bei uns Ingenieuren gibt es ja auch so eine Community, möchte ich mal sagen. Und die Wellen-Naben-Verbindungen z. B., da gibt es beim VDMA eine Forschungsvereinigung Antriebstechnik. In dem Arbeitskreis sind wir natürlich auch. Zum Teil kriegen wir da sogar Gelder her oder wenigstens Anregungen, ja."

"Also. Ich erzähl das deswegen ein bißchen ausführlich, damit Sie mal sehen, da sitzt nicht einer und hat bloß eine Idee, sondern das wächst irgendwo durch die Gremien, durch die Gemeinschaftsarbeit beim VDI usw."

Die Verbindung zwischen keramischen Bauteilen ist ein Akzent, den der derzeitige Leiter erst in den letzten Jahren, als Reaktion auf den Einzug der keramischen Werkstoffe in den Maschinenbau im Institut aufgebaut hat. An dem Hochschulort, an dem das hier untersuchte Institut beheimatet ist, werden keramische Werkstoffe bereits in verschiedenen Kontexten an anderen Instituten untersucht. Auf Initiative eines Kollegen des befragten Hochschullehrers wurden diese Aktivitäten vor einigen Jahren gebündelt, wobei sich auch der Institutsleiter anschloß. Darüber hinaus gibt es Kooperationen mit anderen Hochschulorten auch über die Grenzen der Teildisziplin hinweg. Dieser thematische Schwerpunkt ist durch die Bündelung und Vernetzung historisch gewachsener Forschungsaktivitäten zu einem Zeitpunkt verfestigt worden, als diesbezügliche zukünftige Verwenderinteressen absehbar waren.

Das Spektrum der untersuchten keramischen Verbindungen ist in diesem Institut auf die bereits traditionell bearbeiteten und somit vertrauten Schraubenverbindungen eingegrenzt, für die Versuchsstände und Know-how vorhanden

sind. Zwar sind die Merkmale des neuen Werkstoffes nicht bekannt, viele anderen Eigenschaften der Schrauben als Verbindungselemente sind hingegen schon ausgearbeitet, was die weitere Analyse erleichtert. Die Rezeption der allgemeinen technischen Entwicklung in der Werkstofftechnik für die Verbindungselemente ermöglicht zum einen, den immer extremeren Einsatzbedingungen der Praxis gerecht zu werden, und zum anderen die bekannten theoretischen Aussagen über die Verbindungselemente hinsichtlich des neuen Werkstoffes zu überprüfen und möglicherweise diese modifizierend zu verallgemeinern. Die Arbeiten auf diesem Gebiet haben zudem zu einem wichtigen innovativen Sprung in der Verbindungstechnik geführt - Schraubverbindungen zwischen keramischen Bauteilen - in dem sich die wissenschaftlichen Interessen an Kenntnissen über den neuen Werkstoff und über die Verbindungselemente mit den Verwendungsinteressen an einer konstruktiven Lösung der Verbindungsproblematik treffen. Die Bearbeitung dieser Fragestellung schließt an die Forschungsarbeiten des Instituts an und löst in einer Art doppelten Relevanzstruktur zugleich Praxisprobleme.

"So. Und über diesen Hintergrund kam natürlich die Problematik in unsere Verbindungstechnikforschung, wie sieht denn das bei Keramik aus, nicht wahr. Können wir in Keramik ein Gewinde reindreihen? Können Sie eben nicht, nicht wahr. Wenn Sie es im sogenannten Grünling machen, also wo das noch nicht gesintert ist, dann aushärten, verzieht sich alles, dann paßt das alles nicht. Und wenn Sie es im harten Zustand reinschneiden, kostet das einen Haufen Geld. Eine sogenannte Hartbearbeitung mit Diamant oder weiß ich was, so. Und daraus ist also eine Idee entstanden, daß wir praktisch das Gewinde in der Keramikbuchse oder Keramikbohrung aus Klebstoff erzeugen, und zwar, ganz einfacher Trick: Nehmen Sie eine Stahlschraube, nicht wahr, die tauchen Sie in einen Kleber. Mit diesem jetzt in den Gewingegängen gefüllten Kleber drücken Sie das in die Bohrung eines Keramikbauteils, lassen das aushärten. So, und der Kleber und die Oberflächen sind nun so behandelt, daß an der Keramikseite eine hohe Haftfestigkeit ist und an der Schraube keine, so daß Sie mit dem ersten Fügevorgang sich das Gewinde herstellen in der Buchse und nachher können Sie die rausschrauben."

Die weitere Ausarbeitung dieser Idee verläuft nach den Regeln der systematischen Parametervariation: alle als wichtig erachteten Parameter werden kontrolliert und variiert, wobei der Einfluß der Parameter auf die Zielkriterien (z.B. Füge- und Lösevorgang, Dauerfestigkeit) ermittelt und in Regel- bzw. Gesetzmäßigkeiten überführt wird. Derzeit wird vor allem an der Hitzebeständigkeit der Verbindungen zwischen den keramischen Bauteilen gearbeitet, da hier der praktische Nutzen des neuen Werkstoffes in der betrieblichen Praxis am deutlichsten zu Tage tritt. Die Richtung der anvisierten Generalisierungsleistungen

und der weitere Zuschnitt der Forschungslinie wird eben auch von Verwendungskriterien determiniert.

Hinsichtlich des zweiten verfolgten Schwerpunkts, der auch vom Vorgänger angedachten und unter dem jetzigen Leiter systematisch ausgearbeiteten Kunststoffzahnräder, steht das Institut - wie in den anderen Forschungsgebieten auch - in einer arbeitsteilig organisierten Teil-Forschungslandschaft. An anderen Hochschulinstituten verfolgen Kollegen des Befragten andere Spezialfragen des Zahnrades, hier werden die Probleme des Kunststoffzahnrades untersucht und systematisch erarbeitet, wobei das untersuchte Institut hinsichtlich dieser Spezialfrage eine monopolartige Stellung einnimmt. Auch hier nimmt wieder die schwerpunktmäßige Fragestellung ihren Ausgangspunkt in der Rezeption eines neuen Werkstoffes für den Maschinenbau. Die konkreten Fragestellungen für die einzelnen Forschungsvorhaben ergeben sie aus der Variation aller für wichtig erachteten Einflußgrößen, aus deren Untersuchung sich Hinweise auf Gesetzmäßigkeiten ergeben sollen. Dieser Schwerpunkt wird ständig mit mehreren Forschungsprojekten aber ohne einen besonderen institutionalisierten Verwendungsbezug - etwa direkte Industrieaufträge - verfolgt.

Der dritte Schwerpunkt der am Institut verfolgten Fragestellungen fußt auf der in der Folge der Diskussion um den 'Engpaß Konstruktion' entwickelten Konstruktionsmethodik, die jedoch als weitgehend ausgearbeitet gelten kann und auch publiziert sowie in der Praxis eingeführt ist. Am Institut werden - unter Rezeption der Ergebnisse der elektronischen Datenverarbeitung als Querschnittstechnik (Hardware, Softwaretechnologien) - Arbeiten zur Umsetzung der Konstruktionssystematik auf ein Rechner-System zur unmittelbaren Unterstützung oder sogar Führung des Konstrukteurs im Konstruktionsprozeß ebenso durchgeführt, wie Forschungsprojekte zu verschiedenen Anwendungsfällen der Konstruktionsmethodik. Dabei gestaltet sich die Ausarbeitung der Anwendungsfälle und die Umsetzung der Konstruktionsmethodik auf den Rechner als miteinander verzahnt: Es wird ein Normenbereitstellungssystem und eine Entwicklungsmethodik für Software erarbeitet. Beide Vorhaben beinhalten die Erstellung eines Programmsystems, das die Konstruktionssystematik für einen bestimmten Zweck anwendet: Im Fall des Normenbereitstellungssystems wird der Konstrukteur während des Konstruktionsprozesses mit wichtigen Normen versorgt, die hinsichtlich des konstruierten Artefakts berücksichtigt werden müssen. Im Fall der Entwicklungsmethodik für Computerprogramme wird die Konstruktionsmethodik zunächst auf einen abgelegenen Gegenstand - hier Software, die als Artefakt ja ebenfalls gestaltet werden muß - übertragen, womit die Konstruktionssystematik eine weitere Generalisierung erfährt. Gleichzeitig wird das Konzept in Form eines Programmpaketes realisiert, das Software-Entwickler bei der Arbeit unterstützen soll. Außerdem arbeiten die Mitarbeiter des Instituts an der Umsetzung der Konstruktionsmethodik auf den Rechner in dem als klassisch

angesehenen Bereich der CAD-Systeme. Ausgangspunkt dafür war die in der betrieblichen Praxis erwünschte rechnerunterstützte CIM-Integration, die nun auch auf den Konstruktionsprozeß ausgedehnt werden sollte. Dies bedeutet für die Forschung an diesem Thema zweierlei. Zum einen wird die Konstruktionsmethode als Konzept - anders als an der Forschungseinrichtung M - noch als prinzipiell intakt und ausbaufähig angesehen, weshalb die Mitarbeiter des Instituts bestrebt sind, den Geltungsbereich der Konstruktionsmethodik auf andere zu konstruierende bzw. erstellende Artefakte zu erweitern. Zum anderen wird die Konstruktionsmethodik auf der Grundlage von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen auf die der - durch das CIM-Konzept erfaßten - Fertigung vorgelagerte Entwurfs- und Entwicklungsphase angewendet. Hier verbinden sich mit CIM-Technologie und Konstruktionsmethodik zwei übergreifende Forschungslinien, aus deren Verbindung sich durch den dem CIM-Konzept innewohnenden Trend zur vollständigen Erfassung des Produktionsprozesses weitere Vorhaben beinahe zwangsläufig ergeben.

Die Projektanträge werden meist vom Institutsleiter selbst oder aber - bei Folgeanträgen - in enger Absprache mit diesem von einem Mitarbeiter formuliert, was seine Schlüsselposition bei der Integration und Abstimmung der Forschungsfragen mit Verwendungsinteressen, aktuellen technischen Entwicklungen und den sich wandelnden eigenen Forschungsinteressen im Institut weiter betont. In der Durchführung der bewilligten Forschungsprojekte - die sich meist (nur etwa zehn Prozent der Mitarbeiter gelangen nicht zur Promotion) zu einem erheblichen Teil mit den Dissertationsvorhaben überschneiden - sind die Mitarbeiter eigenständig, allerdings dem Projektantrag verpflichtet. Da die Mitarbeiter erst bei der Bewilligung des Antrages bei der Förderungsinstitution am Institut angestellt werden, und sie - weil sie das Projekt in der Regel nicht selbst beantragt haben - wenig Erfahrung mit dem Projektgegenstand haben, dient der Antrag zugleich als Arbeitsplan. Erst im Laufe der Projektarbeit schwimmen sich die Mitarbeiter frei und setzen eigene Akzente. Nach Ablauf der Erstbewilligung können sie - wenn die Förderungslage dies zuläßt - in Zusammenarbeit mit dem Institutsleiter einen Verlängerungsantrag stellen, in dem sie aufgrund der Erfahrungen der ersten Projektphase eigene Schwerpunkte setzen.

Die Fragestellungen der Forschungsprojekte sind zwar auf Praxisfelder ausgerichtet und gelegentlich gibt es auch einen Auftraggeber, der aus der betrieblichen Praxis stammt oder mit dieser eng verbunden ist, das angesammelte Wissen hat aber, soweit es die beiden experimentellen Forschungsschwerpunkte (Kunststoffzahnradforschung und Verbindungstechnik) betrifft, eher die Funktion des auf Vollständigkeit der Erkenntnisse und Aktualität des Wissens angelegten Humusbodens, der dann im Wege des Technologietransfers durch Information und Nachwuchsausbildung in die Praxis getragen und nutzbar gemacht wird. Im Bereich der Anwendung und Umsetzung der Konstruktionssystematik

auf den Rechner sind die Ergebnisse der Projekte zwar konkreter auf Probleme der betrieblichen Praxis zugeschnitten, bleiben aber meist auf der Stufe von Machbarkeitsanalysen stehen. Gleiches gilt für die Arbeiten am Konstruktionsleitsystem: Als Ergebnis des Projekts des befragten Mitarbeiters wird - wegen des hohen Aufwandes bei der wasserdichten Programmierung und der anschließenden Pflege und Wartung des Programms, aber auch, weil die sorgfältige Produktion eines Programms der Weiterentwicklung der eigenen Forschungsfragen nicht dienlich ist - eine Machbarkeitsanalyse erarbeitet. Die Umsetzung in ein kommerzielles Produkt muß der privaten Wirtschaft überlassen bleiben. Dabei deckt sich der Ausschnitt der Maschinenteile, für die das System exemplarisch ausgearbeitet wird, mit den Verbindungselementen, die am Institut im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Verbindungstechnik untersucht werden. Das Programm wird zunächst nur für Welle-Nabe-Verbindungen geschrieben. Auf diese Weise können Unwägbarkeiten, die sich aus dem Gegenstand ergeben, weitgehend kontrolliert und außerdem die Ergebnisse dieses Projektes möglicherweise in Forschungsvorhaben eingespeist werden, die sich stärker mit den Welle-Nabe-Verbindungen als Maschinenelemente befassen.

"Wobei wir im Prinzip kein Programmpaket machen, wo man irgendwann sagen kann, so, das wird jetzt vermarktet und verkauft. Das können wir nicht. Erstens vom Umfang her, wir sind insgesamt neun oder zehn Mitarbeiter an diesem Forschungsbereich. Die Hälfte sind Planassistenten, die auch noch Lehrverpflichtungen haben. Die andere Hälfte reine Drittmittelassistenten von der DFG. Als Hochschulinstitut kann man das nicht, ein Programmpaket erstellen und verkaufen und warten und so, das ist einfach vom Umfang her nicht zu schaffen. Es geht nur darum zu zeigen, wie muß es sein."

"Und natürlich müssen wir dann eben auch die exemplarische Darstellung erarbeiten, daß man also so wie ich Welle-Narbe-Verbindungen jetzt versuche auszuwählen, auch Kugellager, Schraubenverbindungen, Kupplungen alle möglichen Einzelbausteine irgendwie erfassen und mit Experten-System auswählen kann. Und das geht eben darum, zu zeigen, wie muß ich solche Sachen aufbereiten, damit man das nutzen kann. Und das wird bei dem Beispiel der Welle-Narbe-Verbindungen gemacht."

Die Kooperation zwischen den Mitarbeitern ist kaum ausgeprägt. Die Themen werden durch die integrative Funktion des Leiters zugeschnitten und aufeinander bezogen. Dennoch werden durch den Transfer z.B. der Meßtechnik aus einem Projekt in das andere durchaus Generalisierungsleistungen erbracht, die auf Kooperation in der Infrastruktur und in den Hilfswissenschaften hinweisen. Auch zwischen den Mitarbeitern der Gruppe, die sich mit der Erstellung des Kon-

struktionsleitsystems beschäftigen, findet sich kaum inhaltliche Kooperation. In der Bearbeitung der Projekte sind die Mitarbeiter eigenständig. Lediglich die Schnittstellen zwischen den Programmteilen werden abgesprochen, um eine Integration der Module zu einem Gesamtprogramm zu ermöglichen. Andererseits ermöglicht die Absprache nur dieses minimalen gemeinsamen Nenners überhaupt erst die Parallelarbeit mehrerer Mitarbeiter an einem gemeinsamen Programm: Die inhaltliche Verzahnung der Teilprojekte und damit Kooperationshemmnisse werden künstlich niedrig gehalten, denn der Abstimmungsaufwand wäre sonst zu groß. Hinzu kommt, daß die Forschungsprojekte meist auch Grundlage der Dissertationsprojekte der Mitarbeiter sind, was eine eindeutige Zuordnung von Forschungsleistungen zu Personen erfordert, und damit die Teamarbeit einschränkt.

"Im wesentlichen sind wir ein Rudel von Einzelkämpfern. Wir sind kein Team. Also wir sind insofern ein Team, als wir gemeinsam an einem Projekt arbeiten und das auch immer wieder ein bißchen besprochen wird, wie muß es denn sein? Aber letztendlich sind wir doch Einzelkämpfer."

"Sie sind noch relativ abgeschlossen für sich, daß wir auch parallel arbeiten können."

Insgesamt haben wir es mit einem Institut zu tun, bei dem sich die Forschungsfragen aus dem Einsatz technischer Artefakte in der Praxis ergeben. Die Probleme der Praxis werden aber in einen wissenschaftlichen Diskurs überführt, der eine gewisse Eigengesetzlichkeit entwickelt. Dabei ist die personelle Größe und der Anteil der aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter auf die drei übergreifenden Fragestellungen und auf die Schlüsselfunktion des Leiters derart abgestimmt, daß einerseits zwar Industrieaufträge bearbeitet werden können, andererseits diese aber nicht zur Aushöhlung der Forschungsinteressen der Einrichtung selbst führen.

A.3 Forschungseinrichtung C

Diese Forschungseinrichtung wurde Ende der sechziger Jahre an einer westdeutschen Universität als Lehrstuhl zusammen mit vier anderen, thematisch verwandten Lehrstühlen, die gemeinsam ein Institut bilden, gegründet. Untersuchungseinheit ist der weitgehend selbständig agierende Lehrstuhl. Der befragte Hochschullehrer ist seit der Gründung der Forschungseinrichtung im Jahr 1969 als ihr Leiter tätig.

Derzeit werden Forschungsthemen aus drei Schwerpunkten bearbeitet, die sich personell und hinsichtlich des Kenntnisstandes historisch angereichert haben. Ausgangspunkt war die Erstellung eines CAD-Systems, das entsprechend

den jeweils konstruierten Artefakten auch den Code für die NC-Maschinen automatisch erzeugen können sollte. In der Folge wurden in den vergangenen zwanzig Jahren immer neue technische Entwicklungen in dieses System eingebunden (Expertensysteme, neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Betriebssysteme usw.), und zudem wurde es den jeweils aktuellen Standards angepaßt (2D, 3D und höhere Ordnungen, Benutzerfreundlichkeit, Windows-Technik). Die Arbeiten auf diesem Gebiet haben vor etwa zehn Jahren eine Konkretion und eine Transfertiefe erreicht, die unter den rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen der Hochschule gegenüber dem Verwendungsbereich nicht mehr erhöht werden konnte. Zum einen mußten mehr und mehr Entwicklungsaufgaben zur Anpassung des erarbeiteten Programms an immer neue und spezifischere Praxiserfordernisse erfüllt werden, zum anderen waren die Auftraggeber in der Industrie nicht länger bereit, Aufträge mit sehr konkreten Pflichtenheften und zeitlichen Vorgaben an ein Hochschulinstitut zu vergeben. Daher hat der Leiter der untersuchten Forschungseinrichtung damals mit zwei seiner gerade promovierten Mitarbeiter ein Ingenieurbüro gegründet, das heute über mehr als 100 Mitarbeiter verfügt und einen Umsatz von 25 Millionen DM erreicht. Als Grund für diese Entwicklung ist wohl zu nennen, daß diese Thematik ursprünglich nur von Instituten aus dem Bereich Werkzeugmaschinen bearbeitet und nur dort von den öffentlichen Förderern unterstützt wurde. Als der befragte Leiter keinen Erfolg mit der Einwerbung von öffentlichen Drittmitteln für sein Institut verzeichnen konnte, hat er sich direkt an die interessierte Industrie gewandt, die ihn durch die Vergabe von Aufträgen und die Bereitstellung einer Grundfinanzierung unterstützte, was letztlich den hohen Grad der Transfertiefe auf diesem Gebiet erklärt und der Grund für die Ausgründung eines Ingenieurbüros war.

Heute arbeitet eine Gruppe der Mitarbeiter an einem Konzept für die Integration von CAD-Systemen, Expertensystemen und flexiblen Fertigungszellen der nächsten Generation, wobei besonders die Fragen des Datenaustausches zwischen den einzelnen Programmkomponenten, die Expertensystemunterstützung und die Oberflächengestaltung untersucht werden. In einigen Jahren sollen die Forschungsergebnisse wiederum in ein Ingenieurbüro überführt werden, doch schon jetzt werden Zwischenergebnisse von Mitarbeitern des bereits bestehenden Ingenieurbüros aufgegriffen, auf deren Grundlage dann marktfähige und an die spezifischen Erfordernisse einzelner Verwender angepaßte Produkte entstehen.

"Forschung findet hier im Universitätsinstitut statt, Grundlagenforschung. Und dort im Ingenieurbüro die Weiterentwicklung, die auf den Alltag bezogen ist. Denn die Firma X sagt: 'Mensch, wir haben jetzt diesen speziellen Fall. Können wir den mit der Software nicht verknüpfen? Können wir da

nicht noch ein besonderes Makro bekommen?' Und dann sitzen wir da und arbeiten entsprechend die Software danach. Das wär für den Anwendungsfall. Ja, die CAD-Software kann nicht am grünen Tisch formuliert werden, daß jeder spezielle Anwendungsfall gleich gut bearbeitet werden kann."

Das zweite schwerpunktmäßig verfolgte Forschungsgebiet hat die Rekonstruktion und Simulation von Verbrennungsmotoren zum Gegenstand. Die Mitarbeiter haben hierzu in den vergangenen Jahren ein Konzept und exemplarisch einige Programme erarbeitet, die diese Aufgabe für Verbrennungsmotoren realisieren, wobei eine Fülle von Parametern variiert werden kann. Diese Thematik ist hinsichtlich der Transfertiefe so weit vorangetrieben worden, daß derzeit ein zweites Ingenieurbüro außerhalb der Hochschule mit dem Ziel der Weiterentwicklung, des Vertriebs, der Wartung und der Pflege der Programme aus dem Institut ausgegründet wird. Hier, wie schon bei der früher gegründeten Firma wird das erarbeitete Know-how zunächst von den Mitarbeitern, die die erforderliche Grundlagenforschung im Rahmen von Projekten am Institut durchgeführt haben, transferiert. Das Personal der Firma wird sich zunächst aus diesen Mitarbeitern - nach Abschluß ihrer Promotion - rekrutieren. Später werden - wie schon bei dem anderen Ingenieurbüro - auch Mitarbeiter eingestellt, die bisher nicht an der Ausarbeitung des zugrundeliegenden Konzepts mitgewirkt haben.

Die dritte Fragestellung, die an der untersuchten Forschungseinheit schwerpunktmäßig verfolgt wird, stammt aus dem Bereich Wälzlager. Hier wird der Ursache für Belastungen und in der Folge z. T. auch Schäden an diesen Lagern bei steigenden Drehzahlen nachgegangen. Es geht dabei um die Analyse von bisher nicht gekannten physikalischen Effekten mit dem Ziel, die Schadensursachen durch Konstruktionsänderungen zu beseitigen. Alle drei Fragestellungen stehen relativ unverbunden nebeneinander.

An dieser Forschungseinheit werden kaum direkte Industrieaufträge bearbeitet - diese werden überwiegend von den Mitarbeitern des ausgegründeten Ingenieurbüros bearbeitet. Stärkster Drittmittelgeber des Instituts ist mittlerweile nach anfänglicher Zurückhaltung die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die neben einem Sonderforschungsbereich weitere Einzelprojekte fördert, deren Forschungsgegenstände jedoch stets - und prononcierter als bei anderen untersuchten Instituten - auf die Bewährung in der betrieblichen Praxis ausgerichtet sind. Dabei genießen Forschungsergebnisse dann hohe Wertschätzung, wenn sie in einem Ingenieurbüro zu einem marktgängigen Produkt ausgearbeitet werden können. Statt der bei anderen Forschungseinrichtungen zur Aufbesserung der Haushaltsmittel üblichen Bearbeitung von Industrieaufträgen führen die Mitarbeiter halbjährliche Schulungen für das Arbeitsamt durch, um den Haushalt um die dringend benötigten Mittel für die Ausstattung aber auch für zusätzliches Personal aufstocken zu können. Insgesamt macht sich die Forschungseinrichtung

mit dem Ingenieurbüro selbst Konkurrenz um direkte Industriemittel, die nun schwerpunktmäßig in das Ingenieurbüro fließen und dem Hochschulinstitut zur Aufbesserung des Haushalts fehlen. Dies führt zwar einerseits zu einer geringeren thematischen Streuung und Verzettlung der Projektthemen im Institut, andererseits werden aber durch die angebotenen Schulungen in etwa gleichem Umfang personelle Ressourcen gebunden, die nicht für die Projektarbeit und - weil es sich überwiegend um planmäßige Mitarbeiter handelt - nicht für die Eigenforschung zur Verfügung stehen.

Ziel der Grundlagenforschung am untersuchten Institut ist - wie der Leiter explizit einräumt - die betriebliche Rationalisierung, was die starke Verwendungsorientierung dokumentiert, aber auch Hinweise auf ein verfolgtes übergreifendes Ziel enthält. Die Ausrichtung der Forschung auf dieses Ziel und die Konzentration der verfügbaren Ressourcen werden durch den Leiter garantiert, der in Personalunion die Forschungseinheit und das Ingenieurbüro führt und für die darauf abgestimmte Einwerbung der Drittmittel verantwortlich zeichnet.

"CIM bedeutet für mich Integration, bedeutet für mich Rationalisierung. Früher mußten da vielleicht acht Leute vorhanden sein, die das einzeln bearbeitet haben. Ich versuche das jetzt zu integrieren. Und im Extremfall kann einer also alles machen. Das ist natürlich übertrieben. Aber es sind dann nicht mehr acht, sondern vielleicht noch vier Leute notwendig, die jetzt diesen ganzen CIM-Vorgang, diese ganze Integration vom Konstruieren bis zum Fertigen, diese Datenverarbeitung, bewältigen!"

Das Institut verfügt derzeit über sechs Planstellenmitarbeiter und weitere neun Mitarbeiter, die im gleichen Umfang aus Mitteln Dritter finanziert werden, wovon fünf im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches beschäftigt sind. Eine weitere Gruppe von fünf Mitarbeitern ist unter Leitung eines Oberingenieurs auf dem Gebiet der Wälzlagertechnik tätig, die verbleibenden Mitarbeiter arbeiten derzeit an der Ausgestaltung der Konzepte der Simulationsprogramme für Verbrennungsmotoren. Die Mitarbeiter aus der Gruppe der Verbrennungsmotoren-simulation sowie die Gruppe im Sonderforschungsbereich sind unmittelbar dem Leiter zugeordnet, der in zentraler Position für die fachliche Betreuung, die Beantragung neuer Forschungsvorhaben und die Außenrepräsentanz verantwortlich zeichnet, während die Gruppe, die an der Analyse physikalischer Phänomene von Wälzlagern arbeitet, fachlich und formal von einem Oberingenieur betreut wird und verhältnismäßig eigenständig arbeitet, wenngleich letztlich der Leiter auch für diese Gruppe - die ein ihn weniger interessierendes Thema bearbeitet - verantwortlich ist.

Alle Mitarbeiter sind zugleich Doktoranden. Hier wie schon bei den anderen untersuchten Forschungseinrichtungen ist die Möglichkeit zur Promotion wichtiger Motivationsfaktor für die Diplom-Ingenieure, eine nach dem Bundesange-

stellentarif vergütete Stellung an einer Hochschule anzunehmen. Allerdings spielt die Dissertation für den Forschungsfortschritt nur eine geringe Rolle, was mit der Betonung der Verwendungsorientierung auch der am Institut betriebenen Grundlagenforschung zusammenhängt, deren Ergebnisse durch das bereits existierende und das geplante weitere Ingenieurbüro direkter als bei anderen untersuchten Forschungseinrichtungen in die betriebliche Praxis münden. Dies wirkt auf den Entstehungskontext der Techniken derart zurück, daß die Dissertationen als wissenschaftliche Qualifikationsarbeiten zwar thematisch mit den Projekten verbunden sind, gleichsam aber außerhalb des eigentlichen Projektergebnisses stehen.

Die Mitarbeiter sind alle in der Lehre engagiert. Auch die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter sind daran beteiligt, wobei sie die Planstelleninhaber entlasten, so daß diese Zeit für die Mitarbeit an Forschungsprojekten und für ihre Qualifikationsarbeiten gewinnen. Ohne die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter sei - so der Leiter - die Lehre für die steigenden Studierendenzahlen nicht mehr aufrecht zu erhalten. Die wichtigste Aufgabe der Mitarbeiter ist jedoch die Bearbeitung von Forschungsvorhaben, die auf einzelne Mitarbeiter und - je nach Forschungsförderer - auf einen längeren Zeitraum von ein bis drei Jahren zugeschnitten sind. Die Projekte sind inhaltlich zwar aufeinander abgestimmt, Kooperationen gibt es aber außer im Sonderforschungsbereich nicht. Neben den Qualifikationsinteressen der Mitarbeiter, die bei der Koppelung von Projekt- und Dissertationsthema eine gewisse zeitliche Streckung der Projektbearbeitung und eine alleinige Verantwortung für das Projektergebnis oder doch zumindest ihre eindeutige Zuordnung zu Personen erfordert, nennt der befragte Leiter für die auf mehrere Jahre angelegten Bearbeitungszeiten der Projekte durch einen Mitarbeiter sachliche Gründe: Zwischenergebnisse und Arbeitsschritte in der Projektarbeit bauen aufeinander auf, so daß eine zeitliche Abfolge in der Bearbeitung eingehalten werden muß, was die Chancen einer Beschleunigung des Innovationsprozesses durch den vermehrten Einsatz von Ressourcen in einem Projekt einschränkt. Andererseits lassen sich bestimmte komplexe Forschungsfragen, wie etwa die im Sonderforschungsbereich behandelte Fragestellung, nur von mehreren Mitarbeitern parallel und zum Teil überlappend, allerdings ohne Doppelarbeit, in einer Gruppe aufeinander abgestimmter Projekte bearbeiten. Denn würde zunächst eine Komponente eines umfangreichen Programms entwickelt und dann im Anschluß die weiteren, wären die zuerst entwickelten Teile bei der Realisation des Gesamtprogramms längst veraltet. Partiiell ist also die Parallelarbeit der zunächst noch grundlagenorientierten Forschungsfrage angepaßt und notwendig, weil in vergleichsweise kurzer Zeit eine neues, über den Stand der Technik hinausgehendes Konzept erarbeitet werden soll.

Ein weiterer personeller Ausbau der Forschungseinrichtung stößt an organisatorische und forschungspraktische Grenzen: Zwar hält der Leiter die zusätzliche über das bisher bestehende Maß hinausgehende Einwerbung von Forschungsprojekten, in deren Rahmen weitere Mitarbeiter eingestellt werden könnten, für möglich, doch würde dann die Intensität der Betreuung der Mitarbeiter durch den Leiter auf ein aus seiner Sicht nicht mehr vertretbares Maß zurückgehen. Um dies auszugleichen, müßten neben dem Leiter mehr erfahrene Mitarbeiter - etwa als OBERINGENIEURE - längerfristig für zehn oder fünfzehn Jahre am Institut beschäftigt sein, wofür dem Leiter jedoch die Mittel fehlen: Zum einen sind keine weiteren Stellen für eine über ihre Zeit als Doktoranden hinausgehende Beschäftigung von OBERINGENIEUREN vorhanden, zum anderen wäre zweifelhaft, ob erfahrene Mitarbeiter nach Abschluß ihrer Promotion die gut dotierten Angebote aus der Wirtschaft zugunsten einer Anstellung am Institut ausschlagen würden. Um einem Rückgang der Qualität der Forschungsergebnisse vorzubeugen - so der Leiter - müßte ein weiteres personelles Wachstum also von der vermehrten, längerfristigen Besetzung von Mittelpositionen begleitet werden, was unter den Bedingungen der Institutsstruktur jedoch nicht möglich ist.

"Ich könnt natürlich einen Mittelbau einziehen, könnte sagen, jetzt kommen drei OBERINGENIEURE oder fünf OBERINGENIEURE, die jetzt zehn Jahre, 15 Jahre hier sind. Dann könnt ich das. Aber wer bezahlt mir die?"

An dieser Forschungseinheit zeigt sich - wie schon bei einigen anderen Instituten - ein Organisationsmodell, das stark vom Leiter als erfahrenem Forscher, der von einer nicht beliebig vergrößerbaren Zahl von etwa 15 Mitarbeitern umgeben ist, geprägt wird. Angesichts der Fluktuation der auf Übergangsstellen beschäftigten Mitarbeiter ist das Spektrum der verfolgten Forschungsschwerpunkte stark eingeschränkt: Für die kontinuierliche Verfolgung einer Forschungsfragestellung sind etwa fünf bis sechs Mitarbeiter notwendig, damit beim Ausscheiden eines Mitarbeiters das notwendige Know-how durch die Verbleibenden an den neu Einstellenden weitergegeben werden kann. Dies ergibt bei einer Zahl von zehn bis höchstens 20 Mitarbeitern zwei bis drei Forschungsschwerpunkte.

"Wir haben natürlich mit zwei Mann angefangen. Aber heute ist die Technologie ja so weit, so verzweigt, so komplex, daß sie gar nicht mehr anfangen können! Sie müssen schon dann in ein arbeitendes Team mit eintreten und müssen dann versuchen, erstmal die Erkenntnisse, die das Team hat, zu erwerben, und dann, wenn sie besser sind, dieses dann mit nach vorne bringen. Aber als Einzelkämpfer ist da nichts mehr drin."

Andererseits ist die Verfolgung mehrerer thematischer Schwerpunkte zunächst in den sachlichen Grenzen der Parallel- und Teamarbeit begründet: Zum einen steigt bei einer Zahl von mehr als acht bis zehn gemeinsam verwandte Fragestellungen bearbeitenden Mitarbeitern der Koordinierungsaufwand, so daß nach Ansicht des Leiters der Zugewinn durch den vermehrten Einsatz von Ressourcen weitgehend aufgezehrt wird. Zum anderen lassen sich an der jeweils aktuellen Forschungsfront nicht beliebig viele Projektthemen konzipieren, für die sich Förderer finden und die als Grundlage für distinkte, einander ausschließende Themen von Qualifikationsarbeiten dienen können. Zudem ergibt sich die Notwendigkeit mehrerer thematischer Schwerpunkte aber auch aus dem Wunsch, den ressourciellen Bestand des Instituts langfristig zu halten, was nur gelingt, wenn mehrere Forschungsfragestellungen nebeneinander verfolgt werden, von denen immer mindestens eine aktuell ist und stark gefördert wird, während andere möglicherweise erst im Aufbau sind und erstere in einigen Jahren ersetzen können: Die Simulationstechnik für Verbrennungsmotoren sowie die CAD-Systeme für flexible Fertigungssysteme stehen in diesem Institut stellvertretend dafür. Hinzu kommt, daß die Arbeitskapazität des Leiters als einzigem erfahrenen Forscher begrenzt ist. Er kann nicht in mehr als etwa drei Themenbereichen jeweils den Stand der Forschung kennen, Forschungsvorhaben - wenn auch unterstützt durch Mitarbeiter - beantragen und durch qualitativ hochstehende Forschungsergebnisse weiter vorantreiben.

"Ich würde sagen, weil der erfahrene Forscher, also der Hochschullehrer ja hier einfach auch eine Kapazitätsgrenze hat. Ich kann nicht fünf verschiedene oder acht verschiedene Gebiete bearbeiten. Ich muß eben doch noch übersehen, was der einzelne tut, muß kontrollieren, muß mit ihm diskutieren können. Das ist einfach nicht, sonst wird es unseriös, mein ich."

In dem vom Leiter - und zwei weiteren ehemaligen Doktoranden - geleiteten Ingenieurbüro hingegen sind zum einen längerfristige, gut dotierte Anstellungsverhältnisse möglich und zum anderen werden dort stärker Entwicklungsaufgaben erledigt, die leichter zu delegieren und weniger auf die Unterstützung durch den erfahrenen Forscher angewiesen sind: Es wird mehr entwickelt, weniger geforscht.

"Und hier im Hochschulinstitut sind tatsächlich doch Forschungsfragen zu klären, die jetzt nicht einfach durch Delegation erledigt werden können, sondern wo man eben selbst mitdenken muß."

Alles zusammen macht insgesamt eine stärker hierarchische Struktur und arbeitsteiliges Vorgehen und damit eine größere - nach Auskunft des Leiters je nach Umsatz - beliebig steigerbare Mitarbeiterzahl in den Ingenieurbüros möglich. Die spezifische thematische Ausrichtung der Forschungsarbeiten am Insti-

tut, die nach disziplinären Gesichtspunkten auf der Grenze zur Werkzeugmaschinen-technik liegt, und die besonders ausgeprägte Verwendungsorientierung der Themenstellungen machen die Isolierung dieser Forschungseinheit in der untersuchten Teilforschungslandschaft erklärlich. Die bisher untersuchten Institute in unserem Sample stellten zwar keinen in sich geschlossenen Zirkel von Instituten dar, die jeweils nur mit den jeweils anderen Einrichtungen in Kontakt stehen und kooperieren, aber alle sahen doch zumindest einige der anderen untersuchten Forschungseinheiten als Konkurrenz und deren Leiter als Kollegen an, unter denen es im Rahmen einer wissenschaftlichen Gesellschaft sogar ansatzweise zu Abstimmungen über die jeweils verfolgten schwerpunktmäßigen Fragestellungen kommt. Ganz anders der Leiter dieses Instituts, der sich von den Kollegen aus seiner Teildisziplin distanziert und sich stärker einer anderen Teildisziplin zurechnet. Insofern haben wir es hier mit einem Außenseiter zu tun.

"Wir sind Konstrukteure. Und draußen, die dort mitreden könnten, sind Werkzeugmaschinenleute. Und da ist doch eine Diskrepanz in der Auffassung drin. Aber meine Leute, meine Kollegen, Konstrukteure wie [INSTITUTSLEITERNAME] und [INSTITUTSLEITERNAME] usw., die arbeiten hier nicht auf dem Gebiet der Software-Stellung, ja?! Da ist also kein Kontakt da. Wir stehen da praktisch für uns."

Seine Außenseiterrolle ist aber nicht nur fachlich begründet, auch organisatorisch geht der Leiter dieser Forschungseinrichtung z. T. eigene Wege: Zwar wird der Zielkonflikt zwischen personeller Fluktuation und personell unterlegter fachlicher Kontinuität ebenso wie das Problem der Lehrbelastung und die Koppelung von Projektarbeit und Qualifikationsinteressen der Mitarbeiter durch die auch bei den anderen untersuchten Instituten zu findenden Mechanismen gelöst oder zumindest vermittelt, in der Frage der thematischen Ausrichtung der Forschung und damit eng zusammenhängend mit dem Problem der tendenziell aufzubessernden Haushaltsmittel findet sich hier eine andere Konzeption. Um die dringend benötigten Mittel zur Aufbesserung der etatmäßigen Gelder zu bewerkstelligen, werden hier kaum Industrieaufträge durchgeführt, sondern das Institut hat sich mit einem bereits existierenden und einem weiteren zu gründenden Ingenieurbüro seinen eigenen - monopolartigen - Abnehmer für die erarbeiteten Forschungsergebnisse geschaffen. Das Ingenieurbüro tritt quasi zwischen das Hochschulinstitut und die Verwender, was zum einen dazu führt, daß kaum direkte Industrieaufträge am Institut bearbeitet werden. Zum anderen ist aber das Ingenieurbüro ein sicherer Abnehmer der Forschungsergebnisse, die zuvor mit diesem abgestimmt werden konnten. Durch die Führung in Personalunion ist sichergestellt, daß die Forschungsarbeiten am Institut auf die zukünftigen Bedürfnisse der Verwendungspraxis bestens abgestimmt werden kön-

nen und im gleichen Atemzug die Haushaltsmittel aufgebessert werden. Zudem werden von den Mitarbeitern EDV-Schulungskurse durchgeführt, die zwar auch personelle Ressourcen binden, andererseits aber nicht zu der bekannten, bei anderen Forschungseinrichtungen zu beobachtenden übermäßigen Diversifikation der Forschungsthemen führt, was letztlich die effiziente Bearbeitung einiger weniger Themen unterstützt; wengleich natürlich zugegeben werden muß, daß diese Organisationsform den Forschungsarbeiten den eigenständigen wissenschaftlichen Appeal nimmt. Das Institut scheint mit einem Ingenieurbüro vergleichbar zu sein.

A.4 Forschungseinrichtung D

Das Institut wurde Anfang der siebziger Jahre in der Folge der Diskussion um den Engpaß Konstruktion an einer norddeutschen Hochschule mit dem Auftrag gegründet, sich mit Fragen der Konstruktionsmethodik und der Ausbildung von Konstrukteuren zu beschäftigen. Der derzeitige Leiter der Forschungseinrichtung hat diese Position von seinem Vorgänger zwei Jahre vor dem Befragungszeitpunkt übernommen. Nach dem Studium war er selbst wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand an diesem Institut bevor er mehr als ein Jahrzehnt in der Industrie bei einem Pumpenhersteller in der Position des Konstruktionsleiters beschäftigt war. Danach wechselte er nach Querelen in der Firma - auch wegen der alten Verbundenheit mit dem untersuchten Institut - in die Position des Institutsleiters, um, eigenen Angaben zufolge, an der Verbesserung der in der Praxis als defizitär erfahrenen wissenschaftlichen Lehre mitzuwirken und um aus seiner Sicht ungelöste Forschungsfragen relativ frei wissenschaftlich bearbeiten zu können.

Derzeit werden am Institut drei verschiedene Themenstellungen verfolgt: Zum einen arbeiten Mitarbeiter des Instituts an der weiteren Ausarbeitung der Konstruktionsmethodik. Diese Fragestellung wird seit der Gründung des Instituts dort verfolgt; der Leiter hat sie bei seiner Berufung von seinem Vorgänger übernommen. Zudem beschäftigen sich die Mitarbeiter mit der Erarbeitung eines Konzepts, mit dessen Hilfe Artefakte in CAD-unterstützten Konstruktionskatalogen systematisch abgelegt und wiedergefunden werden können. Diese Fragestellung tauchte nach der allgemeinen Einführung von CAD-Programmen bei Firmen auf, die viele verschiedene Artefakte konstruieren und auch weiterhin Varianten und Abwandlungen davon laufend benötigen, ohne jeweils bei Null anfangen zu wollen. Diese Fragestellung wurde ebenfalls schon unter dem Vorgänger etabliert. Zum anderen werden im experimentellen Bereich kinematische Verdränger untersucht, was auf einen Kompromiß zwischen dem Schwerpunkt des am Institut unter dem Vorgänger bereits erarbeiteten Know-hows über Zahn-

räder und der Erfahrung des neuen Leiters als Konstruktionschef bei einem Pumpenhersteller zurückgeht. Zudem mußte der Leiter berücksichtigen, daß die Pumpen als Spezialthema an dem betreffenden Hochschulort bereits von einem anderen Hochschullehrer schwerpunktmäßig untersucht werden. Hinzu kommt, daß kinematische Verdränger derzeit in verschiedenen Branchen vielfältig eingesetzt werden und für die Zukunft eine weitere Verbreitung und damit vermehrt Forschungsbedarf zu erwarten ist, sowie schließlich, daß das Institut auf weiteres personelles Wachstum und somit auf die verstärkte Einwerbung von Drittmittelprojekten ausgerichtet ist und sich mit dem Thema Zahnrad auf dem Förderungsmarkt gegen die bereits etablierten Institute kaum durchsetzen könnte.

"Also auch unsere Werkstatt hat natürlich noch deutliche Spuren des Vorgängers und da bin ich im Moment dabei, praktisch diese Ausrichtung etwas abzuändern. Das hat zwei Gründe. Der eine Grund ist schlicht und ergreifend der, daß ich also kein Zahnradfachmann bin, sondern ein Pumpenfachmann und obwohl ich an diesem Institut mal Assistent war, aber ich hatte da mehr mit Konstruktionsmethodik als mit Zahnradern zu tun. Und der zweite Punkt ist der, daß Zahnräder einfach als Forschungsgebiet ein bißchen leblos sind, bzw. es gibt so mächtige Institute, daß so für kleinere Institute wie uns da kein Blumentopf mehr zu holen ist. Und darüber hinaus hat also auch mein Vorgänger sehr viel mehr Interesse am Konstruieren mit Rechnern und an Methodik gehabt, als an Zahnradern. Von daher war also unser ganzer Laborzweig hier fast abgestorben."

Der experimentelle Zweig an diesem Institut wird von dem neuen Leiter besonders gefördert, weil der Vorgänger diesem Bereich zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt habe. Daher wird als zweiter experimenteller Zweig die Dichtung von Wellenöffnungen in Gerätegehäusen untersucht. Für diese Themenstellung haben die Mitarbeiter des Instituts eine spezielle Meß- und Versuchstechnik erarbeitet. Während der Leiter den konstruktionstechnischen und den CAD-Schwerpunkt vom Vorgänger bisher relativ unverändert übernommen hat, hat er im experimentellen Bereich bereits eine Neuausrichtung durchgesetzt. Dies geschah auch, weil der Vorgänger diesen Bereich vernachlässigt hat und demzufolge der derzeitige Leiter in diesem Bereich den meisten Spielraum für eigene Akzente hat, während in den anderen Bereichen in der Übergangsphase noch Doktoranden mit Forschungsvorhaben des Vorgängers beschäftigt waren bzw. sind.

Als besonderes Merkmal dieses Instituts ist hervorzuheben, daß hier eine Strategie-Gruppe bestehend aus je einem Mitarbeiter aus den vorhandenen Forschungsschwerpunkten installiert ist, die unter Mitwirkung des Leiters Vorschläge zur Forschungsplanung erarbeitet. Anlaß für die Einrichtung dieser Gruppe war die Erfahrung des Leiters in der Anfangsphase nach seiner Beru-

fung, daß die Mitarbeiter des Instituts eine Reihe von Industrieaufträgen bearbeiten mußten, um den Sachmittelenstand aufzubessern, die sich mit den schwerpunktmäßig bearbeiteten Forschungsfragen kaum berührten. Ausgehend von den drei verfolgten Fragestellungen und unter Berücksichtigung wichtiger allgemeiner technischer Entwicklungen im Maschinenbau (u. a. Werkstofftechnik und elektronische Datenverarbeitung) werden aktuelle und wissenschaftlich interessante Forschungsfelder und Querschnittstechniken identifiziert, für die sich in der Förderungslandschaft und in den betrieblichen Verwendungsbereichen Finanzierungs- bzw. Einsatzmöglichkeiten erwarten lassen. Dies schließt eine Abwandlung und Abstimmung der schwerpunktmäßig bearbeiteten Forschungsfragen einerseits und eine Intensivierung der Kooperation zwischen den Mitarbeitern verschiedener Gruppen andererseits (s.u.) mit ein.

"Wir haben also zur Forschungsausrichtung vor einem Jahr für uns eine Strategiegruppe als Arbeitsgruppe definiert. Insgesamt waren das eben dann aus jedem Schwerpunktgebiet ein Mitarbeiter und wir haben dann versucht, gemeinsam uns ein bißchen zu orientieren und zu überlegen: Wo wollen wir hin? Was wollen wir tun? Und wir haben hier aufgelistet, welche konkreten Projekte sind hier gelaufen und welche sollen laufen. Und welches sind also Projekte, die wir quasi wirklich nur des Geldverdienens wegen gemacht haben, und welches sind eigentlich Projekte, die eben im Grunde wirklich eben unsere Hauptforschungsrichtung betreffen, und wie wollen wir uns in Zukunft verhalten, welche Schwerpunkte wollen wir jetzt forcieren?"

Eine solche Forschungsplanungsgruppe ist im hier untersuchten Feld nur bei den sehr großen Forschungseinrichtungen mit mehr als 50 Mitarbeitern zu finden. Dort aber auf der Ebene der (Haupt-)Abteilungsleiter, die über die Verteilung der vorhandenen Ressourcen zwischen den Abteilungen und die Einrichtung neuer Arbeitsgruppen und Abteilungen verhandeln. Die Tatsache, daß auch an diesem vergleichsweise kleinen Institut ein Gremium dieser Art installiert ist, durch das die verschiedenen, vereinzelt Forschungsprojekte in einen übergreifenden Kontext gestellt werden, der seinerseits als Filter für die Auswahl neuer Fragestellungen für Projekte und Industrieaufträge dient - eine Funktion, die sonst bei den kleineren Instituten, wenn überhaupt, allein vom Leiter realisiert wird - ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß das Institut bei weiterhin sachorientiertem, professionellem Arbeitsstil auf weiteres personelles Wachstum und damit auf die effiziente Erschließung alter und neuer Forschungsfelder programmiert ist. Der Leiter räumt allerdings ein, daß bisher allenfalls die thematische Streubreite der Industrieaufträge verringert, aber neue wissenschaftliche Fragestellungen noch nicht erarbeitet werden konnten. Dies kann allerdings darauf zurückgeführt werden, daß die zur Verfügung stehenden, relativ umfangreichen personellen Ressourcen aus dem Haushalt der Hochschule derzeit nicht un-

eingeschränkt dem neuen Leiter zur Verfügung stehen. Einige Stellen sind noch mit Doktoranden des 'alten' Leiters besetzt. Zudem werden die verfügbaren Planstellenmitarbeiter zum Untersuchungszeitpunkt vorwiegend zur Einwerbung von Industrieaufträgen eingesetzt.

Zur Ausstattung des Instituts gehört neben der beinahe üblichen umfangreichen EDV-Ausstattung für Forschungs- und Lehrzwecke ein Versuchsfeld mit Werkstatt sowie ein eigenes Zeichenbüro. Das Institut verfügt derzeit über zwölf wissenschaftliche Mitarbeiter, die alle aus der eigenen ehemaligen Studentenschaft rekrutiert worden sind. Davon sind acht Mitarbeiter auf Planstellen beschäftigt - diese vergleichsweise große Zahl ergibt sich aus dem breiten Lehrspektrum, das von den Mitarbeitern des Instituts für eine Vielzahl von Studenten erbracht werden muß - und weitere vier Mitarbeiter werden durch Drittmittel finanziert. Für die Zukunft visiert der Leiter auch die Rekrutierung von Absolventen von Studiengängen anderer Hochschulen an, um die Fluktuation zur Integration an der eigenen Hochschule nicht vorfindlicher Kompetenzen zu nutzen.

"Ich möchte aber eigentlich auf Dauer ein bißchen Blutauffrischung einfach auch von anderen Hochschulen haben."

Ein weiteres personelles Wachstum von derzeit zwölf wissenschaftlichen Mitarbeitern auf 18 oder 20 Mitarbeiter wird vom Leiter wegen der Folgen der ständigen Fluktuation für den Forschungsbetrieb vor allem durch die weitere Einwerbung von Drittmitteln angestrebt, was bei knapper werdenden Ressourcen die Notwendigkeit von Forschungsplanung begründet. Andererseits sieht der Leiter eine Zahl von 18 bis 20 aber als Obergrenze der Mitarbeiter an. Bei mehr als 18 bis 20 Mitarbeitern wäre der notwendige enge Kontakt zwischen ihnen und dem Leiter, der die Betreuung der Mitarbeiter in der Projektarbeit und bei der Dissertation sicherstellt, nicht mehr gewährleistet. Auch bei 18 bis 20 Mitarbeitern soll die direkte Zuordnung der Mitarbeiter zum Leiter und die informelle, nur auf dem Erfahrungsvorsprung der älteren Mitarbeiter beruhende Struktur beibehalten werden. Zudem würde sich bei 18 bis 20 Mitarbeitern eine Gruppengröße von etwa sechs Doktoranden ergeben, die einerseits groß genug wäre, um die Folgen der ständigen Fluktuation aufzufangen und andererseits noch klein genug, um enge Kooperationen und Abstimmungen zwischen den Mitarbeitern zu ermöglichen. Größere Gruppen sind nach Ansicht des Leiters kontraproduktiv. An eine Ausweitung der thematischen Schwerpunkte - was eine Erweiterung der personellen Ressourcen erzwingen würde - wird derzeit nicht gedacht; wohl auch, weil dann die Gesamtzahl von 18 bis 20 Mitarbeitern überschritten würde.

Vier der derzeit zwölf Mitarbeiter sind im Bereich der experimentellen Fragestellungen zu einer Gruppe zusammengefaßt. Drei Mitarbeiter arbeiten an

Fragestellungen aus dem Bereich der CAD-Technik und fünf wissenschaftliche Mitarbeiter bearbeiten Fragestellungen aus dem Bereich der Konstruktionsmethodik. Innerhalb der drei Gruppen gibt es derzeit keine formale Struktur oder Hierarchie; jeder Mitarbeiter ist unmittelbar dem Leiter zugeordnet. Lediglich informell wird es so gehandhabt, daß die erfahrenen, schon länger am Institut arbeitenden Mitarbeiter die jüngeren sowohl in den allgemeinen Institutsbetrieb als auch in die konkreten Forschungsarbeiten einweisen und betreuen. Dies wird durch überlappende Anstellungsverhältnisse des ausscheidenden und des neuen Mitarbeiters und durch eine weniger starke Koppelung von Projekten und Mitarbeitern realisiert: z. T. bearbeiten die Mitarbeiter mehrere, u.U. kleinere Projekte arbeitsteilig nebeneinander, was zu einem vermehrten Austausch von Informationen und Know-how führt, umgekehrt aber eine weitgehende Entkopplung von Projektarbeit, Mitarbeiter und Dissertation bedingt.

Innerhalb der Gruppen ist die Kooperation vergleichsweise eng und vor allem auch auf die Bearbeitung von Forschungsvorhaben bezogen. Die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern der verschiedenen Gruppen ist hingegen bisher nur wenig ausgeprägt. Zwar gibt es wöchentliche Zusammenkünfte aller Mitarbeiter mit dem Leiter, bei denen über einzelne Projekte gesprochen wird und bei denen auch schon mal ein Brainstorming zur Suche eines Lösungsweges für ein Projekt unter Beteiligung aller Mitarbeiter abgehalten wird. Thematische Verschränkungen, wie sie z. T. bei anderen Instituten zu beobachten waren, daß etwa die CAD-Gruppe diejenigen Artefakte zum Gegenstand der exemplarischen Darstellung ihrer erarbeiteten Konzepte nimmt, die die Experimentalgruppe im Versuchsfeld untersucht, gibt es ebensowenig, wie gemeinsame Projekte von Mitarbeitern verschiedener Gruppen. Beides wird jedoch für die Zukunft angestrebt, um die Erkenntnisverluste durch die personelle Fluktuation zu verringern und die Qualität der Forschungsergebnisse durch die Bündelung des auf verschiedene Mitarbeiter verteilten Know-hows zu erhöhen.

"Wir versuchen einfach, mehr Synergie auch zwischen den Gruppen herbeizuführen. Das ist aber noch nicht in dem Maße praktiziert, das ist kommunikativ inzwischen da, aber projektbezogen habe ich das noch nicht erreicht."

Die Ausarbeitung eines Projektantrages oder eines Angebots für einen Industrieauftrag geschieht in enger Abstimmung zwischen dem Leiter und einem oder mehreren erfahrenen Mitarbeitern. Gelegentliche Brainstormings aller Mitarbeiter, wie sie hier durchgeführt werden, stellen in der hier untersuchten Teilforschungslandschaft die absolute Ausnahme dar. Anders als bei anderen untersuchten Instituten werden Projekte auch nicht schwerpunktmäßig von Mitarbeitern beantragt, die das Institut verlassen und für ihren Nachfolger ein Projekt beantragen müssen. Da die Forschungseinrichtung auf weiteres Wachstum ausgerichtet ist, müssen ständig neue Projekte beantragt und Industrieaufträge ein-

geworben werden, was nur durch die verhältnismäßig große Zahl von Planstellenmitarbeitern (8 von 12 Mitarbeitern), die zunächst keine konkreten Forschungsaufgaben haben, möglich ist. Für die Bearbeitung eines bewilligten Projektes wird dann ein Mitarbeiter herangezogen, der über das nötige Know-how und zudem über freie Arbeitskapazitäten verfügt. Nur bei der Bewilligung größerer Projekte wird neues Personal eingestellt, wobei dann allerdings nicht zwingend der neue Mitarbeiter gleich das neue Projekt bearbeitet. Wenn doch, wird er dabei von einem erfahrenen - für die letzte Zeit am Institut auf einer Planstelle beschäftigten - Mitarbeiter betreut.

Die Mitarbeiter des Instituts führen - in überwiegend selbständiger Regie - eine Reihe von öffentlich geförderten Forschungsprojekten durch und bearbeiten daneben kleinere und größere Industriaufträge. Letzteres in vergleichsweise großem Umfang. Der wichtigste Ressourcengeber ist die Deutsche Forschungsgemeinschaft, gefolgt von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen. An dritter Stelle steht die Industrie selbst, die Forschungsaufträge direkt an das Institut vergibt. Sind die Auftragsarbeiten vor allem nötig, um die etatmäßigen Sachmittel aufzubessern, ohne die das Institut seine Ausstattung nicht auf dem modernsten Stand halten, den Kontakt zu den betrieblichen Verwendern von Forschungsergebnissen nicht verstetigen und durch diesen wiederum die eigenen Forschungsergebnisse an der Praxis erproben sowie aktuelle Fragestellungen aus der Praxis in die Forschung integrieren kann, so werden öffentlich geförderte Forschungsprojekte beantragt, um speziell zugeschnittenen Fragestellungen mit zeitlich beschränkt zur Verfügung stehenden sächlichen und personellen Ressourcen, die aus dem Haushalt allein nicht aufzubringen wären bzw. Themenbereiche betreffen, die von den Verwendern nicht unmittelbar mit Forschungsaufträgen besetzt sind, bearbeiten zu können. Der Stellenwert der Industriaufträge ist hier stärker ausgeprägt als bei anderen Instituten, die mit der Durchführung von Industriaufträgen vorwiegend die Aufbesserung ihres Sachmitteletats verbinden, während sie hier als effiziente Möglichkeit angesehen werden, aktuelle Forschungsfragen mit einem überschaubaren, genau nachzuweisenden Aufwand - dies ist dem Leiter besonders wichtig - bearbeiten zu können. Daneben sind Drittmittelprojekte aber auch notwendig, damit das durch sie finanzierte Personal die etatmäßigen Mitarbeiter in der - hier besonders umfangreichen - Lehre entlasten kann.

"Wir würden noch nicht mal unsere Lehre anständig im Grunde hinbekommen, wenn wir nicht drittmittelfinanzierte Leute mit einsetzen würden."

Ohne diese Entlastung könnten die planmäßigen Mitarbeiter selbst kaum forschen und sich wissenschaftlich qualifizieren, was Voraussetzung für das Interesse der Mitarbeiter an einer Anstellung an einer universitären Forschungseinrichtung ist. So wie die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter an der Lehre

mitwirken, beteiligen sich die planmäßigen Mitarbeiter an der Bearbeitung von Forschungsprojekten, insbesondere Industrieaufträgen, die - weil keine Qualifikationsarbeiten von Doktoranden und Studien- bzw. Diplomarbeitern an sie gekoppelt sind - arbeitsteilig von mehreren wissenschaftlichen Mitarbeitern - statt der sonst üblichen Beteiligung von studentischen Hilfskräften sowie Studien- und Diplomarbeitern - angegangen werden können.

"Wir machen im Grunde in Bezahlung und in Einreihung überhaupt keinen Unterschied zwischen Leuten, die eben von der Hochschule bezahlt werden oder Leuten, die über Drittmittel bezahlt werden. Die werden alle als wissenschaftliche Mitarbeiter in gleicher Art und Weise eingestellt. Haben auch absolut die gleiche Tätigkeit. Jeder muß praktisch Lehre machen und jeder muß auch, was weiß ich, seinen Teil dazu beitragen, um Projekte oder so was mit durchzuziehen."

Neben den Industrieaufträgen und den öffentlich geförderten Drittmittelprojekten werden - was wegen der relativ hohen Zahl der Planstellenmitarbeiter möglich ist - auch Forschungsarbeiten aus eigenen Mitteln betrieben; allerdings nur dann, wenn die zu erwartenden Ergebnisse dringend erforderlich sind - etwa im Bereich der Meßtechnik - um ein Forschungsfeld besetzen zu können, und die Arbeiten anderweitig nicht gefördert werden.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß sich die Forschungseinrichtung derzeit in einer Umbruchphase befindet, in der der Leiter den Versuch einer thematischen Neuausrichtung mit dem Ziel der stärkeren Betonung der experimentellen Forschung unternimmt. Zudem versucht er, kooperative Bearbeitungsformen in der Projektarbeit zu installieren, um Synergieeffekte nutzbar zu machen. Außerdem ist an diesem Institut eine Forschungsplanungsgruppe installiert, die versucht, der thematischen Diversifikation durch die gezielte Vermittlung der eigenen Forschungslinie mit den direkten Industrieaufträgen entgegenzuwirken, was als effiziente Form der Forschungsorganisation angesehen werden muß.

A.5 Forschungseinrichtung E

Diese Forschungseinrichtung ist als Institut für Maschinenwesen an einer der kleineren Technischen Universitäten etabliert, das - aufbauend auf einem älteren Institut mit anderer fachlicher Ausrichtung - nach Umstrukturierungen in seiner jetzigen Form seit Mitte der sechziger Jahre existiert. Der derzeitige Leiter hat diese Position nach der Promotion und einer mehrjährigen Industrietätigkeit als Konstruktionschef einer Drehmaschinenfirma vor elf Jahren von seinem Vorgänger übernommen. Nach einer kurzen Übergangszeit, in der sowohl der jetzige als auch der frühere Leiter im Institut aktiv waren, hat der befragte Hoch-

schullehrer in Abstimmung mit seinem Fachbereich auf eine Verschiebung und Ausweitung des thematischen Spektrums der am Institut bearbeiteten Forschungsvorhaben hingearbeitet. Heute werden an dieser Forschungseinrichtung vier schwerpunktmäßige Fragestellungen verfolgt.

Im experimentellen Bereich werden zunächst Fragen aus der Verbindungstechnik behandelt, wobei einerseits Festigkeit, Verschleiß, Lebensdauer von Verbindungselementen unter simulierten Einsatzbedingungen untersucht werden, und andererseits derzeit neuen physikalischen Effekten nachgegangen wird, die den Verbindungselementen jenseits der elastischen Grenzen zusätzliche Festigkeit verleihen. Daneben werden im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches, dessen Sprecher der befragte Leiter ist, verfahrenstechnische Maschinen unter Berücksichtigung der aktuellen technischen Entwicklungen (z.B. der Rezeption der Keramiktechnologie) erarbeitet und hinsichtlich Verschleißfreiheit und Wirkungsgrad optimiert. Als drittes - vom Vorgänger übernommenes - Thema wird die Spannungsoptik als Verfahren zur Spannungsanalyse in Maschinenteilen weiterentwickelt und auf dynamische Anwendungen zugeschnitten, wobei die Mitarbeiter der Forschungseinrichtung hinsichtlich der Weiterentwicklung des benötigten speziellen Werkstoffes mit einem Werkstofftechnik-Institut kooperieren. Außerdem wird die Übertragbarkeit der erarbeiteten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Spannungsoptik auf das verwandte Gebiet der Maschinenakustik angestrebt, da sich hier vielfältige Einsatzbereiche dieser Methode in der betrieblichen Praxis anbieten. Schließlich arbeitet eine Gruppe von Mitarbeitern an der CIM-Integration, wobei hier vor allem die Fragen behandelt werden, welche Informationen über ein konstruiertes Artefakt aus der Konstruktionsphase in die Fertigung übergeben werden müssen und mittels welcher Schnittstelle und welcher Standards auf der Grundlage welcher physikalischer Verdrahtungen dies zu geschehen hat. Diese vier Fragestellungen stehen relativ unverbunden nebeneinander, wenngleich die Mitarbeiter, die sich jeweils mit diesen Forschungsfragen beschäftigen, durchaus bei der Beantragung von Projekten miteinander kooperieren und bei der Bearbeitung der Vorhaben miteinander kommunizieren. Thematische Verknüpfungen hingegen gibt es kaum.

Die Forschung in dieser Einrichtung ist weniger direkt auf die Verwendungsinteressen ausgerichtet, als auf die systematische Ausarbeitung einzelner Forschungsfelder, was zum einen in einer vergleichsweise geringen Zahl von Industrieaufträgen und durch eine Vielzahl von fachlichen und interdisziplinären Kooperationen im Institut, innerhalb der eigenen Hochschule und zu Forschungseinrichtungen an anderen Hochschulen zum Ausdruck kommt. Die Themenstellungen der Forschung sind - nach Angaben des befragten Leiters - an die Bedürfnisse der Lehre angepaßt, was Hinweise auf eine auf Systematisierung und Vervollständigung angelegte Forschungsstrategie einerseits und das Interesse an einer Aktualisierung der Wissensbestände vor dem Hintergrund der ak-

tuellen technischen Entwicklungen andererseits beinhaltet. Allerdings können am Institut nicht alle in der Lehre vertretenen Themenbereiche auch in der Forschung bearbeitet werden; Restriktionen ergeben sich aus den zur Verfügung stehenden personellen und sächlichen Ressourcen sowie der Arbeitskapazität des Leiters als einem der wenigen erfahrenen Forscher am Institut.

"Wir haben unsere Spezialitäten. Wir haben an dieser relativ kleinen Hochschule die Aufgaben, die mit der Lehre zusammenhängen, und da angepaßt die Forschung."

Die Lehre, für die die Mitarbeiter neben allgemeinen Dienstleistungen für das Institut und Aufgaben, die sich aus der Betreuung der Hardware und der sonstigen Infrastruktur des Instituts ergeben, zuständig sind, nimmt einen großen Teil der Mitarbeiter dauernd in Anspruch. Jeder Mitarbeiter - sowohl die Planstellenmitarbeiter als auch die aus Drittmitteln finanzierten - werden in der Lehre eingesetzt, wobei nur Mitarbeiter, die im letzten Jahr ihrer Tätigkeit am Institut ihre Dissertation fertigstellen, von diesen Aufgaben entbunden sind.

"Jeder wird für alles verwendet. Sonst darf er nicht anfangen. Ich weiß, daß ich mich da auch neben die Bestimmungen mancher Förderungsgeber setze. Aber mein Bestreben, diesen Laden so aufzublasen, kommt im wesentlichen daher, daß ich so viel Personal brauche, um diese intensiven Übungen in Maschinenelemente und Maschinenzeichnen zu machen und für die Grundlagenbetreuung der Studierenden."

Gerade wegen der hohen Lehrbelastung handelt es sich durchweg um Maschinenbau-Ingenieure, denn Absolventen der Studiengänge Informatik oder Elektrotechnik, die für die Bewältigung der z. T. interdisziplinär angelegten Forschungsvorhaben am Institut nötig sind, könnten nur eingeschränkt in der Lehre eingesetzt werden. Aus der hohen Lehrbelastung durch eine Vielzahl von Grundstudiumsveranstaltungen an diesem Institut ergibt sich eine Mindestanforderung hinsichtlich der personellen Größe von mehr als zehn Mitarbeitern. Rechnet man einige Mitarbeiter hinzu, die als Fachfremde nicht in der Lehre eingesetzt werden können, aber für Forschungsaufgaben benötigt werden, und berücksichtigt man zudem, daß einige Mitarbeiter während ihrer letzten Monate am Institut, in der sie ihre Qualifikationsarbeiten anfertigen, nicht in die Lehre einbezogen werden, so ergibt sich eine Zahl von 15 bis 20 Mitarbeitern, die ständig am Institut beschäftigt werden müssen.

Neben dem Leiter ist ein weiterer habilitierter Wissenschaftler - als Überleitungsfall - in dieser Forschungseinrichtung tätig, der weitgehend unter der Aufsicht des befragten Hochschullehrers arbeitet, und nicht über nennenswerte Ressourcen der Forschungseinrichtung verfügt. Am Institut sind derzeit vier wissenschaftliche Mitarbeiter auf Planstellen beschäftigt, weitere 16 Mitarbeiter

werden in gleichem Umfang aus Drittmitteln finanziert. Die eingeworbenen Drittmittel stammen überwiegend von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die neben fünf Teilprojekten eines Sonderforschungsbereiches weitere Einzelprojekte am Institut finanziert. Eine weitere Gruppe von fünf wissenschaftlichen Mitarbeiter werden von einer Kommission des DIN und die übrigen von einer der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen zugehörigen Gruppe von Wirtschaftsunternehmen finanziert. Vereinzelt direkte Industrieaufträge runden das Spektrum ab.

Die vorhandenen Mitarbeiter sind in aufgabenbezogene Teams gruppiert, in denen der dienstälteste Mitarbeiter jeweils für die gruppeninterne Organisation verantwortlich ist und zudem auch Aufgaben der fachlichen Betreuung der jüngeren Mitarbeiter übernimmt. Derzeit sind vier Gruppen etabliert. Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches sind fünf Mitarbeiter mit Forschungsaufgaben betraut; Fragestellungen aus dem Bereich der Verbindungselemente werden von vier Mitarbeitern bearbeitet und fünf weitere arbeiten an der Schnittstellenproblematik. Die übrigen sechs Mitarbeiter gehören zu einer Gruppe, die sich mit Fragen der Spannungsoptik und der Maschinenakustik beschäftigt. Die planmäßigen Mitarbeiter verteilen sich auf diese vier Gruppen, deren Stellen als Zugaben zu größeren Forschungsvorhaben oder als Manövriermasse in den Gruppen dienen. Die Gruppengrenzen sind jedoch variabel gehalten. Für spezielle Aufgaben werden Mitarbeiter verschiedener Teams zusammengezogen, so daß sich für spezielle Fragen zum Teil Überlappungen ergeben, ohne daß jedoch Forschungsvorhaben von mehr als einem Mitarbeiter bearbeitet würden. Die Größe der einzelnen Arbeitsgruppen findet ihre Grenze im Koordinierungs- und Kooperationsaufwand: mehr als sieben oder acht Mitarbeiter werden nicht zu einem Team zusammengefaßt, wobei die Zahl der Mitarbeiter, die sehr verwandte Themen bearbeiten - und daher näher kooperieren -, nicht mehr als drei beträgt.

"Das hat seine Obergrenze. Ich glaube, daß auch im Sinne einer wissenschaftlichen Arbeit drei Leute zusammenarbeiten können, die ständig aufeinander hocken. Die Information mit fünf Mann geht hervorragend. Da würde ich sagen: sieben Mann, maximal acht Mann, die sich regelmäßig treffen, sich informieren, das bleibt noch effektiv. Gibt auch genügend Input, auch in so einem Team aus anderen Sichten was dazukommt."

Eine Höchstgrenze der am Institut sinnvollerweise beschäftigten Mitarbeiter ergibt sich aus der Zahl der effektiv für die Bearbeitung einer Fragestellung benötigten Mitarbeiter einerseits und der Zahl der Forschungsgebiete, die vom Leiter dauernd verfolgt werden können andererseits. Allerdings begrenzt die Betreuung der Mitarbeiter als Doktoranden durch den Leiter und das damit notwendig verknüpfte Verständnis der Dissertationsthemen die Zahl der vom Leiter maximal zu beschäftigenden Mitarbeiter. Und schließlich ist auch die in der

Forschungseinrichtung verfügbare Infrastruktur als Restriktion für die Mitarbeiterzahl anzusehen. Mit einem weiteren über die Zahl von etwa 16 Mitarbeitern hinausgehenden personellen Wachstum ist dann - so der Leiter - kein proportionales Anwachsen der Forschungsergebnisse bei gleichbleibender Qualität mehr verbunden.

"Ich könnte mehr Teams anlegen, aber da muß ich natürlich sagen, ist meine persönliche Kapazität vorbei. Die ist jetzt schon an der Grenze. Alles muß über meinen Schreibtisch. Jede Doktorarbeit muß über meinen Schreibtisch. Muß ich immer noch irgendwo wissenschaftlich verstehen können. Sonst hat es keinen Wert."

"Nein. Das Haus und mein Kopf sind voll. Das reicht. 20 Mann ist also wirklich Obergrenze. Ab 16 verliert es schon ein bißchen die Qualität."

Forschungsvorhaben werden von in naher Zukunft ausscheidenden Mitarbeitern unter Aufsicht des Leiters als erfahrener Forscher beantragt, damit ein Nachfolger eingestellt werden kann, wobei in der Entstehungsphase eines Antrages in Brainstormings und Arbeitssitzungen Mitarbeiter verschiedener Gruppen mitwirken. Die Themenstellungen stammen überwiegend aus dem Kontext der bearbeiteten Projekte. Sie schließen an diese an und transferieren Teile des bisher erarbeiteten Know-hows auf anderen Gegenstandsbereiche, die jedoch innerhalb der in der Lehre verfolgten Themenbereiche liegen müssen.

"Wir haben ja Mitarbeiter, die Fachleute in bestimmten Gebieten sind. Und es gibt so ein Prinzip: Jeder Mitarbeiter sollte dafür sorgen, daß sein Nachfolger wieder eine Stelle hat. Das ist ein etwas einfaches Prinzip. Wenn das Thema erschöpft ist, dann geht das halt nicht. Aber nehmen wir mal an, es kommt eine Idee auf, einer meiner Mitarbeiter, der Herr [NAME], hat jetzt entdeckt, man kann diese Spannungswellen auch zur Körperschalluntersuchung in Maschinenbauteilen benutzen. Dann setzen wir uns vielleicht mit fünf Personen hier um den Tisch, machen ein kleines Brainstorming. Wie würden wir ein solches Projekt anlegen? Dann werden Aufgaben verteilt. Natürlich wird der, der das entdeckt hat, hat die meisten Aufgaben dabei, weil er ja die Fachkraft ist. Dann wird ein Vorentwurf für ein solches Forschungsvorhaben ausgearbeitet und dann ist es meistens so, daß ich mit einem oder mit zwei Mitarbeitern zusammen dieses Forschungsvorhaben endgültig ausarbeite und dann wird der Antrag abgeschickt."

Ist das beantragte Vorhaben bewilligt, wird ein neuer Mitarbeiter - meist aus den Reihen der Absolventen des Studienganges, an dem die Mitarbeiter des Instituts mitwirken - gesucht und eingestellt. Dieses Verfahren sichert auf der einen Seite, daß Forschungsanträge jeweils an den aktuellen Stand der For-

schung anschließen, den der erfahrene Mitarbeiter nach mehr als vier Jahren Arbeit an einer Fragestellung kennt, und auf der anderen Seite kann der neu einzustellende Mitarbeiter aus der Gruppe der ehemaligen Studien- bzw. Diplomarbeiter oder der studentischen Hilfskräfte rekrutiert werden, was Einarbeitungszeiten minimiert. Gleichzeitig wird durch den Antrag ein nicht unbeträchtlicher Know-how-Transfer von einem erfahrenen zu einem neuen Mitarbeiter geleistet, der sich in der Projektarbeit zunächst weitgehend an die Vorgaben des Antrags hält. Dies verkürzt die Einarbeitungszeiten weiter, vermeidet Doppelarbeit und ermöglicht auf der Grundlage eines ersten abgearbeiteten Forschungsantrages die Generierung neuer, innovativer Fragestellungen.

A.6 Forschungseinrichtung F

Bei diesem Institut handelt es sich zweifellos um eine der kleineren Forschungseinrichtungen im Sample mit einer vergleichsweise geringen personellen und sächlichen Konzentration, das jedoch nicht mehr im Aufbau begriffen ist und bei geringen ressourciellen Schwankungen schon seit vielen Jahren seine jetzige personelle Größe hat. Der befragte Leiter dieser Forschungseinrichtung ist zum Erhebungszeitpunkt mehr als zwanzig Jahre in dieser Position - seit der Gründung der untersuchten Forschungseinrichtung - tätig. Nach dem Diplom und einigen Jahren Praxis im Bereich Bergbau- und Hydrauliktechnik hat er an einem der anderen untersuchten Institute promoviert und dort einige Jahre als Oberingenieur gearbeitet, bevor er als Hochschullehrer auf seine heutige Position berufen wurde. Erste Promotionen und umfangreichere Forschungsarbeiten sind an dieser Einrichtung erst nach Abschluß der Aufbauphase Ende der siebziger Jahre zu beobachten, nachdem eine gewisse Konzentration sächlicher wie personeller Ressourcen und die Anreicherung eines spezifischen Know-hows erreicht waren.

Derzeit verfügt die Forschungseinrichtung über acht wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen vier auf Planstellen der Hochschule beschäftigt sind. Zwei weitere werden im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches finanziert, die übrigen durch eingeworbene Drittmittel, die von öffentlichen Forschungsförderern - meist von der Deutschen Forschungsgemeinschaft - stammen. Während die Mitarbeiter in der Anfangsphase zumeist durch ein Netzwerk von persönlichen Kontakten des Leiters zu anderen Hochschullehrern - in Ermangelung eigener Absolventen des zunächst im Aufbau befindlichen Studienganges - rekrutiert wurden, werden heute interessierte Studien- und Diplomarbeiter aus den Reihen der eigenen Studierenden als wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt, die unmittelbar im Anschluß an ihren Studienabschluß eine Promotion anstreben. Dies verringert den durch die Mitarbeiterfluktuation hervorgerufenen Brain drain, da die Studien- und Diplomarbeiter bereits Erfahrungen in der Projekt(zu)arbeit am

Institut haben und Reibungsverluste durch Einarbeitung in die Thematik und in den Arbeitsstil am Institut verringert werden. Gleichwohl kann der Brain drain nicht völlig vermieden werden.

Der Leiter ist nach eigenem Bekunden mit einer Zahl von acht Mitarbeitern schon an der Obergrenze der aus seiner Sicht sinnvollen personellen Ausstattung der Forschungseinrichtung angelangt. Es gibt keine interne Struktur und keine Gruppenbildung. Die Mitarbeiter sind sowohl in fachlichen wie formalen Fragen alle unmittelbar dem Leiter zugeordnet. Unter diesen Bedingungen scheint eine Zahl von acht Mitarbeitern gerade noch zu bewältigen, zumal der Leiter auch in inhaltlichen Fragen der Projektarbeit als Ansprechpartner zur Verfügung steht, bzw. stehen muß, denn außer ihm ist kein weiterer erfahrener Oberingenieur an der Forschungseinrichtung beschäftigt. Es handelt sich bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern durchweg um auf Übergangsstellen beschäftigte Doktoranden.

"Ich muß sagen, mit den acht Leuten wäre ich an und für sich überfordert. Das Problem ist die Betreuung, und da habe ich nun einen etwas anderen Weg: Ich sage meinen Herrschaften immer, ich gebe euch ein Ziel, ich gebe euch auch eine gute Startposition, aber laufen müßt ihr schon mal selbst. Ich möchte von Zeit zu Zeit hören, wo seid ihr angekommen. Aber ich greife nicht ein, wenn ihr nicht selbst so klug seid, die Frage zu formulieren."

Die Forschungseinrichtung verfügt über eine vergleichsweise geringe Hardware-Ausstattung, dafür aber über ein, gemessen an der personellen Ausstattung, umfangreiches Versuchsfeld mit angeschlossener Werkstatt, was sich aus der thematischen Ausrichtung der Forschungsarbeiten an diesem Institut ergibt. Die Arbeiten kreisen um die auf physikalische Grundlagen abzielende Analyse konkreter Maschinenelemente aus dem Bereich Antriebstechnik und die Beschreibung und Erklärung der Eigenschaften von Systemen solcher Maschinenelemente. Die notwendigen Arbeiten hierzu werden weitgehend am Schreibtisch und im Versuchsfeld durchgeführt. Umfangreiche Programmierarbeiten zur Erstellung beispielsweise von CAD-Systemen oder von Programmen zur Unterstützung solcher Systeme werden nicht durchgeführt, weshalb die Ausstattung mit Computern vergleichsweise gering ist. Es wird keine genuine CAD- oder CIM-Fragestellung verfolgt, bei der der Computereinsatz zum integralen Bestandteil des Forschungshandelns gehört, was angesichts der Tatsache, daß der befragte Hochschullehrer einer Generation angehört, die vergleichsweise spät mit dieser neuen Technologie konfrontiert wurde und den Sprung auf den bereits fahrenden Zug nur mühsam schafft, verständlich ist. Vor allem aber die Struktur des Forschungshandelns und das spezifische, auf physikalische Grundlagen ausgerichtete Erkenntnisinteresse machen einen Computereinsatz nur partiell notwendig und

sinnvoll. Aus diesen Gründen gibt es auch keine spezifische, personell abgesicherte EDV-Kompetenz am Institut.

"Ich habe aber auch gesehen, daß da andere Leute sind, die mir in der Beziehung überlegen waren, und ich war damals auch noch nicht so weit. Ich war damals noch Oberingenieur in [HOCHSCHULORT]. Meine Intentionen waren ein bißchen anders."

Übergreifende Forschungsfragestellungen - die den Kontext für mehrere gleichzeitig oder in Folge bearbeitete Forschungsvorhaben abgeben - sind kaum auszumachen. Die Themenstellungen sind relativ vereinzelt, und nur selten werden kleine Kaskaden von zwei oder mehr Projekten installiert, die ein Problem nacheinander und aufeinander aufbauend bearbeiten. Thematisch werden die Projekte jedoch durch die Antriebstechnik als Schwerpunkt zusammengehalten, für die das Institut laut Curriculum in der Lehre zuständig und der Leiter der entsprechende Fachvertreter an der entsprechenden Hochschule ist.

"Der Lehrbereich spiegelt sich im Forschungsbereich natürlich wider. Das ist immer so gewesen."

Auffällig ist in diesem Zusammenhang, daß von Mitarbeitern der untersuchten Forschungseinrichtung keine Industrieaufträge bearbeitet werden (dies kann also nicht wie bei anderen Forschungseinrichtungen der Grund für die relativ breite Streuung der Forschungsthemen sein). Allenfalls schließt der Leiter auf privater Basis Beratungsverträge mit einzelnen Wirtschaftsunternehmen, was jedoch die Nutzung öffentlicher Ressourcen für diese Verträge ausschließt. Darauf legt der befragte Hochschullehrer großen Wert. Zwar sind auch die Forschungsfragen auf die Lösung der physikalischen Grundlagen praktischer, verwendungsrelevanter Probleme ausgerichtet, die Ergebnisse werden aber allenfalls veröffentlicht, um sie so interessierten Partnern aus dem Verwendungsbereich zugänglich zu machen. Projekte mit hoher Transfertiefe - wie es bei Industrieaufträgen sonst üblich ist - bei denen mehr entwickelt als geforscht und getüftelt wird, finden sich an dieser Forschungseinrichtung nicht.

"Was ich ablehne, ist Förderung durch die Industrie. Diese Leute, die aus der Industrie herauskommen, sind nicht an einer wissenschaftlichen Arbeit interessiert. Die sind ganz klar daran interessiert, eine Lösung des technischen Problems mit nach Hause zu nehmen. Ich bin nicht der Meinung, denn, es ist einfach nun mal so, die wissenschaftliche Fragestellung unterscheidet sich grundsätzlich von der praxisorientierten Frage. Die wissenschaftliche Fragestellung entspricht der Erkenntnis. Praktische Fragestellungen beruhen darauf, ein System zum Laufen zu bringen. Und das können manchmal sehr primitive Fragestellungen sein."

Die am Institut bearbeiteten Forschungsfragen müssen dem Kriterium der Wissenschaftlichkeit, also der Innovativität sowie der Originalität hinsichtlich der Erklärung von Phänomenen aus dem Gegenstandsbereich des Maschinenbaus genügen. Die Ideen zu den Projekten stammen überwiegend vom Leiter selbst, wenngleich sie von den eingestellten Mitarbeitern ausgearbeitet und dann mit dem Leiter in Diskussion - unter Rekurs auf den durch die Erfahrung des Leiters und die Vorarbeiten des Mitarbeiters ermittelten Stand der Erkenntnis - abgestimmt werden. Dabei wird zum einen geprüft, ob die Fragestellung nun tatsächlich zur Klärung der Diskrepanz zwischen theoretisch vorausgesagten Werten und empirisch ermittelten Befunden dient und ob der anvisierte Lösungsweg gangbar erscheint und profunde Ergebnisse erhoffen läßt.

"Wir wissen genau, auf dem Gebiet ist das und das bereits erbracht, ohne daß man das nochmals wiederholt und hinterher feststellen muß, können wir nicht mehr verwenden, alles schon geklärt."

Anders als bei den meisten übrigen untersuchten Forschungseinrichtungen werden die Forschungsprojekte nicht durch thematische Nähe oder sogar direkte Anschlußfähigkeit verbunden, sondern gemeinsam ist den Projekten der grundlagenorientierte, auf wissenschaftliche Erkenntnisse ausgerichtete Impetus, was dieser untersuchten Forschungseinrichtung eine gewisse Außenseiterrolle zuweist. Wichtiger EingangsfILTER für die Auswahl der bearbeiteten Forschungsfragestellung ist neben der Wissenschaftlichkeit der Fragestellung die Verfügbarkeit von sächlichen Ressourcen. Themenstellungen, die mit 'Bordmitteln' bzw. unterstützt durch Mittel der öffentlichen Forschungsförderungseinrichtungen nicht zu lösen sind, werden von vornherein nicht aufgegriffen. Einen übergreifenden theoretischen Rahmen oder ein Konzept, in das die Projektthemen hineinpassen müssen, scheint es nicht zu geben. Die Fragen müssen den Leiter interessieren, theoretisch interessant sein und mit bescheidenem ressourciellem Aufwand in einer Zeit von etwa vier Jahren von einem Mitarbeiter tüftelnd zu lösen sein. Das Thema selbst scheint nebensächlich. Die konkreten Themenstellungen der Forschungsvorhaben ergeben sich aus einer - in der Regel vom Leiter - beobachteten Diskrepanz zwischen den durch theoretische Berechnungen vorausgesagten Eigenschaften eines Artefakts und den in experimentellen Versuchen gemessenen Werten. Ziel der Analyse ist die Aufdeckung der zugrundeliegenden physikalischen Gesetze und deren Kumulation und Interaktion im Artefakt als deren Kristallisationspunkt sowie die Zusammenfassung dieser Erkenntnisse zu einem weitgehend konsistenten und die Eigenschaften der Artefakte in einer dem Verwendungsbereich angemessenen Genauigkeit voraussagenden theoretischen Konstrukt, das im Maschinenbau überwiegend mathematisiert ist.

"Wir wissen jetzt, was mit der Strömung passiert, und die sieht ganz anders aus, als bisher die Theorie behauptet hat."

Auf der Grundlage eigener Messungen mit einer weiterentwickelten Mess- und Versuchstechnik werden zusätzliche Informationen und Aufschlüsse über die Wirksamkeit der physikalischen Gesetze gesammelt und zu einem Erklärungsmodell zusammengefaßt, das das bisher gültige nicht nur in Frage stellt, sondern widerlegt und Grundlage für ein anderes Erklärungsmodell wird.

"Es gibt eine bestimmte Theorie, und zwar das sogenannte hydrodynamische Paradoxon zweiter Art. Und das behandelt den Stoßzustand innerhalb der Kupplung, das ist wunderschön mal formuliert worden, und ich habe mir erlaubt, Fragen an die Theorie zu stellen bzw. die Theorie in Frage zu stellen. Denn wir kamen zu ganz anderen Ergebnissen, als die Leute sich das vorgestellt haben."

"Mit einem Mal konnten wir Erscheinungen erklären, als wir das raus hatten - das war die erste Arbeit -, die vorher völlig unerklärlich waren. Es gab aber abenteuerliche Theorien, bloß die stimmten alle nicht."

In dieser Forschungseinrichtung entstehen die Forschungsfragen demnach aus der Auseinandersetzung mit theoretischen Erklärungsmodellen aus dem Fundus des Maschinenbaus, die gegenüber empirisch beobachtbaren Phänomenen inkonsistent erscheinen, wobei diese Diskrepanz meist erst auftritt, wenn die in Frage stehenden Artefakte über den Stand der bisher geltenden Technik hinaus weiterentwickelt werden und die Erklärungsmodelle nicht mehr einen der Realität angemessenen Komplexitätsgrad erreichen. Erst dann tritt der Widerspruch zwischen dem bisher als adäquat angenommenen Modell und den beobachteten Eigenschaften der Phänomene zu Tage. Die Zugangsweise des Leiters ist ausgesprochen grundlagenorientiert und zugleich auf die Unterstützung von praxisrelevanten Optimierungen der Funktion von Artefakten ausgerichtet - letzteres allerdings mit geringerer Transfertiefe.

"Nun wurde das bisher immer so gemacht, daß man bestimmte Kupplungskonstruktionen in aufwendigen Versuchsanlagen Schwingungsversuchen ausgesetzt hat und dann wurde Eigenfrequenz, Dämpfungsverhalten und so weiter und so fort bestimmt. Und ich habe gesagt, ich muß umgekehrt rangesehen. Ich muß wissen, warum es so ist. Nicht wie es ist, sondern warum ist es."

Die geförderten Forschungsvorhaben werden vom Leiter in Abstimmung mit den Interessen der eingestellten neuen Mitarbeiter holzschnittartig festgelegt, vom Mitarbeiter in einer ersten drei- bis viermonatigen Einarbeitungsphase prä-

zisiert und schließlich mit dem Leiter abgestimmt, wobei der Ausgang des Vorhabens weitgehend ungewiß ist. Forschung ist hier hochgradig unsicher, was durch den spezifischen Zuschnitt der Forschungsfragen verursacht ist. Der Verlauf der Arbeiten wird in halbjährlich von den Mitarbeitern anzufertigenden Berichten festgehalten, die die Grundlage für die Dissertation - und bei den seltenen öffentlich geförderten Forschungsvorhaben auch für die Projektberichte - sind. Nach der Festlegung der Forschungsfrage in einer abstimmenden Diskussion zwischen Leiter und Mitarbeiter sind die Doktoranden weitgehend selbstständig. Der Leiter selbst ist in die konkrete Bearbeitung dann kaum eingebunden, was angesichts der Tatsache, daß die Projekte zugleich Qualifikationsvorhaben sind, auch auf die Intensität bei deren Betreuung zurückwirkt. Die Mitarbeiter sind weitgehend an den vereinbarten Lösungsweg gebunden, können diesen aber ohne enge Rücksprache mit dem Leiter bearbeiten. Nur bei größeren Änderungen des zuvor abgestimmten Konzeptes wird der Leiter als erfahrener Ingenieur und zur Entscheidung kompetenter Institutsleiter hinzugezogen.

Der konkrete Verwendungsbezug ist hier insgesamt weit weniger ausgeprägt, als bei vielen anderen untersuchten Forschungseinrichtungen. Die in die Projekte einbezogenen Artefakte stammen zwar aus dem Repertoire des derzeitigen Standes der Technik, und die Fragestellungen entstehen letztlich durch die Optimierungsversuche der Funktion der Artefakte in der betrieblichen Praxis. Die konkrete Fragestellung hingegen wird aus einem technikwissenschaftlichen Diskurs, nämlich aus den bisherigen Thematisierungsversuchen dieser Problemstellung, gewonnen. Die in der Projektarbeit erarbeiteten Ergebnisse werden dann von den Mitarbeitern genutzt, um die Optimierung der Funktion des Artefakts weiter voranzutreiben, wobei das Optimierungskriterium wiederum aus der Verwendungspraxis stammt: das Artefakt soll beim Einsatz in der betrieblichen Praxis leistungsfähiger, zuverlässiger usw. sein. Der Verwendungsbezug bleibt jedoch diffus. Weder gibt es Kooperationen mit Wirtschaftsunternehmen oder Forschungsvereinigungen, in denen überwiegend die Verwendungspraxis vertreten ist, noch gibt es direkte Industrieaufträge. Die Relevanzstruktur des Verwendungsbereiches vermittelt sich eher indirekt über die Praxiserfahrungen des Leiters und durch die eher distanzierte Beobachtung der Praxis.

Die Forschungsprojekte sind grundsätzlich auf einzelne Mitarbeiter zugeschnitten, die diese in einer Zeit von etwa vier Jahren bearbeiten. Dabei werden die Forschungsergebnisse sowohl für die Zwischen- und Abschlußberichte der Projektarbeit als auch als Grundlage für die Qualifikationsarbeiten der Mitarbeiter verwendet. Projektarbeit und Qualifikationsarbeit überschneiden sich stark bis hin zur Deckungsgleichheit, was angesichts des Zuschnitts der Fragestellungen, die überwiegend aus der Auseinandersetzung mit dem Theoriebestand des Maschinenbaus entstehen und weniger kompromißartig mit möglichen

Auftraggebern aus der Verwendungspraxis abgestimmt werden müssen, durchaus möglich scheint. Dies führt aber auch dazu, daß Forschungsfragestellungen nicht kooperativ in Gruppen bearbeitet werden (können), denn Arbeitsergebnisse, die als Grundlage für Qualifikationsarbeiten dienen, müssen eindeutig Personen zugeordnet werden können. Dies konfliktiert zwar einerseits mit der Möglichkeit, Forschungsprobleme durch vermehrten Ressourceneinsatz in kürzerer Zeit lösen zu können und unter Ausnutzung von Synergieeffekten zu einer theoretisch anspruchsvolleren und hinsichtlich des Komplexitätsgrades angemesseneren Erklärung der empirisch vorfindlichen Phänomene zu gelangen. Andererseits paßt sich der auf einzelne Personen zugeschnittene Arbeitsrhythmus den Erfordernissen der verwendeten, eher langfristigen Bearbeitungs- und Lösungsstrategien an, die sukzessive voranschreiten und schrittweise, bei schleifenartigem Durchlaufen von empirischen und theoretischen Phasen, Teillösungen produzieren.

"Fast immer ist die Fragestellung bei uns so, daß wir in irgendeiner Weise auf das Element oder das System zurückgreifen, dieses Element versuchen physikalisch, mathematisch abzubilden. Und wir brauchen einfach die dazu gehörige Versuchsanlage, d. h., man muß warten."

Letztlich entspricht die auf Einzelpersonen zugeschnittene, in Projekten organisierte Bearbeitung von Forschungsfragen den sachlogischen Erfordernissen der Probleme und deren Lösungen und berücksichtigt zudem den Wunsch des Hochschullehrers, seine Mitarbeiter für einen möglichst langen Zeitraum am Institut zu halten. Teamarbeit spielt an dieser Forschungseinrichtung nur eine untergeordnete Rolle, da kaum aufeinander aufbauende Forschungsvorhaben konzipiert und bearbeitet werden und außerdem im Anschluß an Forschungsvorhaben keine Industrieaufträge durchgeführt werden, in denen sich das erarbeitete Know-how in der Praxis bewähren muß, weshalb über den Rahmen einzelner Projekte hinausgehende personell abgesicherte fachliche Kontinuität kaum benötigt wird. Trotz der auf einzelne Mitarbeiter zugeschnittenen Fragestellungen, wird die am Institut vorhandene Infrastruktur im versuchs- und meßtechnischen Bereich und die vorhandene Hardware durchaus von Mitarbeitern, die an verschiedenen Projekten arbeiten, gemeinsam genutzt.

"Die Teamarbeit hat den großen Nachteil, daß ich nachher furchtbar schwer differenzieren kann, wer hat das gemacht. Das ist furchtbar schwer. Und dann ist es mir doch lieber, daß ich Leute an einer Versuchsanlage nacheinander laufen lasse, oder wie in diesem speziellen Fall jetzt, Herr [MITARBEITERNAME] und Herr [MITARBEITERNAME], an verschiedenen Versuchsanlagen, aber dann auch mit unterschiedlicher Fragestellung arbeiten. Das bedeutet nicht, daß die nicht engstens zusammenarbeiten, daß diese nicht

auf gleiche Programme zurückgreifen, nicht die gleiche Meßtechnik benutzen usw. Aber die Fragestellung lautet anders."

Insgesamt läßt sich festhalten, daß sich der thematische Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am Institut zunächst und nur sehr grob aus der Rolle des Leiters als Fachvertreter an der betreffenden Hochschule ergibt. Die bearbeiteten Fragestellungen müssen einem spezifischen wissenschaftlichen, auf systematische Erklärung von Phänomenen ausgerichteten Anspruch genügen, wodurch sich auch die relative Nähe der Projekt- und Dissertationsthemen ergibt. Thematische Kontinuität, die Anreicherung von Know-how oder gar die Verfolgung einer Linie spielt an dieser Forschungseinrichtung für die Wahl von Forschungsthemen kaum eine Rolle. Gleichwohl bleiben sie durch den auf einer Metaebene angesiedelten wissenschaftlichen Anspruch verbunden.

A.7 Forschungseinrichtung G

Bei diesem Institut handelt es sich um eine erst wenige Jahre bestehende Einrichtung an einer süddeutschen Hochschule. Sie wurde nach der Einführung eines neuen Spezialstudienganges aus dem Bereich Maschinenbau an der betreffenden Hochschule etabliert und ist Teil eines größeren Institutes, mit dem sie aber nur formal verknüpft ist. Praktisch agiert der Leiter autonom, wie die Leiter der übrigen untersuchten Forschungseinrichtungen auch. Der befragte Hochschullehrer ist seit der Gründung der Forschungseinrichtung als ihr Leiter tätig, nachdem er zuvor in der Wälzlagerindustrie beschäftigt war. Wie auch bei den anderen jüngeren Instituten konnten die Forschungsarbeiten erst zwei Jahren nach der Gründung der Forschungseinheit aufgenommen werden. Neben der Tatsache, daß bei der Errichtung der Forschungseinheit zunächst keine versuchs- und meßtechnische Ausstattung und keine Hardware vorhanden war, ist auch zu berücksichtigen, daß auch die Forschungsfragen selbst erst einmal bis zu einem Niveau und einem Präzisionsgrad erarbeitet werden mußten, auf dem der Leiter erste Anträge bei den Förderungseinrichtungen stellen konnte.

"Als ich hier begonnen habe, da habe ich nur einen eigenen Schreibtisch, einen eigenen Stuhl und einen eigenen Bleistift gehabt, ich mußte also hier alles erst einmal selbst erstellen, so daß die Realisierung solcher Forschungsschwerpunkte erst später gekommen ist."

Diese erste Projektgeneration steht zum Befragungszeitpunkt kurz vor dem Abschluß. Weitere Forschungsvorhaben sind aber schon projektiert. Derzeit verfügt die Forschungseinrichtung über sieben wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen fünf über Planstellen der Hochschule finanziert werden und zwei weitere über Drittmittel abgesichert sind. Hinzu kommt eine Sekretärin und ein techni-

scher Zeichner. Obwohl in diesem Institut auch experimentell gearbeitet wird, ist bisher kein Werkstattpersonal vorhanden. Die Prüfstände und die gesamte Versuchs- und Meßtechnik mußte von den wissenschaftlichen Mitarbeitern selbst aufgebaut und gewartet werden.

An dieser Forschungseinrichtung werden derzeit zwei übergreifende Fragestellungen verfolgt: Zum einen werden experimentell spezielle Verschleißerscheinungen bei Wälzlagern untersucht und dabei wiederum besonders die Probleme des Anschmierens. Zum anderen werden Fragen des fertigungsgerechten Konstruierens mit CAD-Unterstützung behandelt. Die Beschäftigung mit dem Problem der Anschmierungen geht auf eine bisher nicht erklärte Verschleißerscheinung, an Wälzlagern zurück, deren Ursachen noch im dunkeln liegen. Ziel der Arbeiten ist es, zunächst die Ursachen für diese Erscheinungen zu erhellten und im Anschluß daran Empfehlungen an die Praxis zu geben, mit welchen konstruktiven Änderungen eine Optimierung, d. h. Verringerung der Verschleißerscheinung, zu erreichen ist. Zunächst wurde von den Mitarbeitern des Instituts - Werkstattpersonal ist ja nicht vorhanden - ein Prüfstand zur experimentellen Ermittlung aller für die Entstehung dieser Verschleißerscheinungen relevanten Parameter gebaut.

"Das Ganze ist sowohl eine theoretische Untersuchung, aber in aller erster Linie eine experimentelle Untersuchung. Wir haben dazu einen Prüfstand selbst entwickelt und auch gebaut. Mit diesem Prüfstand untersuchen wir keine kompletten Wälzlager, aber einzelne Wälzkörper, und können hier die einzelnen Parameter definitiv ermitteln."

Die Arbeiten hieran werden von der Forschungsvereinigung Antriebstechnik im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen finanziert und begleitet. Mit dem Spezialproblem der Anschmierungen befaßt sich nach Angaben des Leiters in der Bundesrepublik Deutschland keine weitere Forschungseinrichtung. Eine kooperative oder konkurrierende Bearbeitung einer Problematik wird als ineffizient und unnötig angesehen. Angeregt wurden die Arbeiten zu diesem Thema vom Leiter der Forschungseinrichtung, der die Problematik des Anschmierens aus seiner beruflichen Praxis kennt und zudem über Kontakte zu Firmen aus dieser Branche verfügt. In Kooperation mit Vertretern dieser Firmen unter dem Dach der Forschungsvereinigung Antriebstechnik hat der Leiter dann ein erstes Forschungsvorhaben konzipiert und beantragt, wobei die Interessen der Praxisvertreter, die Förderungsmöglichkeiten durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen und die in der Vorlaufphase erarbeitete Kompetenz der hier untersuchten Forschungseinrichtung abgestimmt werden mußten.

"Ich bin aus der Industrie hierher gekommen und habe aus meiner industriellen Erfahrung mitgebracht, daß auf dem Gebiet der Wälzlager durchaus noch Forschungsbedarf existiert, und habe dann meine Vorstellungen in Gesprächen mit der Wälzlagerindustrie präzisiert. Und wir sind dann zu dem Schluß gekommen, daß hier in diesem Teilbereich (a) Handlungsbedarf ist, und (b) auch Förderungsmöglichkeiten gegeben sind seitens der FVA. Beides muß man unter einen Hut bringen."

Zielten die bisherigen Arbeiten darauf ab, alle ursächlichen Faktoren für die Anschmiererscheinungen zu identifizieren, richtet sich das Augenmerk der nächsten nun beantragten und bewilligten Projektgeneration darauf, zum einen die Interaktionen und Kumulationen der relevanten bisher schon untersuchten Faktoren zu ermitteln, und zum anderen, einen für eine geplante Optimierung der Konstruktion von Wälzlagern wichtigen, aber bisher konstant gehaltenen Parameter (die Schmierflüssigkeit) zu variieren. Insgesamt läuft dies auf eine Komplizierung des erarbeiteten theoretischen Modells der Anschmiererscheinungen hinaus. Während die Wahl der bisher in das Modell einbezogenen Parameter durch das Ziel eines der Realität angemessenen Komplexitätsgrades motiviert war, wird nun aufgrund von Verwendungsinteressen ein bisher kaum berücksichtigter Parameter herausgegriffen und hinsichtlich seines Einflusses auf die Entstehung bzw. Vermeidung der Anschmiererscheinungen untersucht.

"Es wird in die Richtung gehen, daß wir in der zweiten Stufe mehr die Schmierstoffe untersuchen. Wir haben die ja bisher vollkommen aus der Untersuchung als Parameter herausgelassen, d. h., wir setzen einen Schmierstoff ein und verändern den aber nicht. Und in der zweiten Stufe wird man dem Bereich der Schmierstoffe hier eine wesentlich größere Bedeutung beizumessen haben, d. h., wir werden dann Schmierstoffe als Parameter auch verändern."

"Denn da können Sie auch als Anwender oder Hersteller am leichtesten variieren. Das kann man also beeinflussen. Es gibt andere Parameter, die können Sie nicht so ohne weiteres beeinflussen. D. h., den Schmierstoff kann ich ohne weiteres austauschen."

Die zweite an dieser Forschungseinrichtung verfolgte Fragestellung stammt aus dem CAD-Bereich und beschäftigt sich mit Problemen des fertigungsgerechten Konstruierens. Der Konstrukteur in der betrieblichen Praxis soll durch ein Computer-Programm bei der Arbeit derart unterstützt werden, daß das zu konstruierende Artefakt besonders leicht, d. h. kostengünstig zu fertigen ist. Dies soll ihm nicht in Form von abstrakten Regeln nahegebracht werden, sondern durch konkrete Hinweise auf diesbezügliche Mängel am jeweils mit Hilfe eines

CAD-Programms konstruierten Artefakt. Die Wahl dieses Themas wurde zu einem frühen Zeitpunkt getroffen, in der die untersuchte Forschungseinheit sich noch zu Beginn der auch zum Befragungszeitpunkt nicht abgeschlossenen Aufbauphase befand, wobei vor allem strategische Überlegungen eine Rolle spielten: Der Leiter wollte sich mit seiner neu gegründeten Forschungseinrichtung in der vorhandenen Landschaft der bereits länger bestehenden Institute in einer Nische etablieren. Waren bei der Wahl des Themas Anschmiererscheinungen die Erfahrungen des Leiters in der betrieblichen Praxis, seine Kontakte zu dieser Branche und der Standort der Forschungseinrichtung in einer Region mit entsprechenden Firmen ausschlaggebend, ist die Wahl des fertigungsgerechten Konstruierens durch den Wunsch nach Profilierung in der hier untersuchten Teilforschungslandschaft motiviert.

"Und das war eigentlich ein Punkt, wo man gesagt hat: Da ist eine Lücke. Und wenn Sie irgendwo neu anfangen, müssen Sie auch versuchen, Marktlücken zu finden und die dann zu nutzen und nicht irgend etwas zu machen, wo sich große leistungsfähige Institute schon betätigen. Das sollte man nicht machen, denn die haben so viel Potential, da kommt man gar nicht mit dran."

Hinsichtlich dieses Themas war zunächst eine größere Anlaufzeit notwendig, bis die notwendige Infrastruktur (Hardware) mit den zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln beschafft war und erste Vorlauftforschungen abgeschlossen waren, auf deren Grundlage ein Forschungsantrag ausgearbeitet werden konnte. In dieser entscheidenden Phase arbeitete der Leiter mit den verfügbaren Mitarbeitern besonders eng zusammen. Ziel der weiteren Arbeiten ist, daß bisher erarbeitete und mit Hilfe eines Industrieauftrages anhand eines Prototypen exemplarisch umgesetzte Konzept für ein Programm zur Unterstützung beim fertigungsgerechten Konstruieren so allgemein zu fassen, daß es auf möglichst viele und verschiedenartige Bauteile anwendbar ist. Die Dimension, hinsichtlich der generalisiert wird, ist die Vielfalt der zu konstruierenden Artefakte, letztlich also die Abstraktion von den konkreten Artefakten.

"Und die Zielsetzung, die wir verfolgen, das jetzt für möglichst verschiedenartige Bauteile in Ansätzen zu realisieren und zu zeigen, was es gibt."

Neben den Forschungsvorhaben, die im Rahmen der beiden schwerpunktmäßigen Fragestellungen bearbeitet werden, bearbeiten die Mitarbeiter auch einige direkte Aufträge der Industrie, die in unterschiedlichem Verhältnis zu den Forschungsprojekten stehen. Bei einzelnen Aufträgen handelt es sich um reine Programmierung, die von den Mitarbeitern des Instituts übernommen werden, um die Haushaltsmittel der Forschungseinrichtung durch Einkünfte aus diesen Aufträgen aufstocken zu können. Insbesondere die kostspielige Hard- und Software-Ausstattung muß in kurzen Abständen aktualisiert und erneuert werden, was aus

dem Haushalt der Forschungseinrichtung allein nicht zu leisten wäre, aber andererseits notwendig ist, um die Voraussetzungen für innovative Forschungsergebnisse zu schaffen.

"Darüber hinaus habe ich mehrere Projekte geleitet, die überhaupt mit der Thematik gar nichts zu tun haben, die eigentlich nur zur finanziellen Aufbesserung des Instituts dienten, das war Softwareentwicklung hauptsächlich. Die waren zwar jetzt nicht völlig fachfremd, aber mit der eigentlichen Forschungsthematik nicht zusammenhängend."

"Das geht nicht anders, gerade bei dem Aufwand, den wir hier an Soft- und Hardware benötigen, was praktisch alle Jahre praktisch wieder veraltet."

Hinzu kommen Arbeiten, die zwar eine höhere, weit über das Stadium einer Machbarkeitsanalyse hinausgehende Transfertiefe aufweisen und zudem von der Industrie (neben den über die Forschungsvereinigung Antriebstechnik finanzierten Forschungsprojekten) direkt gefördert werden, andererseits aber eine enge inhaltliche Nähe zu den Forschungsvorhaben aufweisen. Teile des entwickelten Programms zum fertigungsgerechten Konstruieren wurden so weit ausgearbeitet, daß sie in einer Testserie in der Praxis erprobt werden konnten, woraus sich wichtige Hinweise für die die Grundlagen erarbeitenden Mitarbeiter in den Forschungsprojekten ergaben. Die Möglichkeit, den Haushalt der Forschungseinrichtung aufzustocken, wird hier gekoppelt mit der Möglichkeit, die Forschungsergebnisse in der betrieblichen Praxis zu erproben.

"Darüber hinaus kommen von Zeit zu Zeit auch mal direkte Industrieaufträge. Wir machen das momentan mit einer Firma noch gerade über Gußteile auch. Das paßt dann wunderbar ineinander."

Die Lehrbelastung war in den Anfangsjahren mangels großer Jahrgänge nur sehr gering. In den letzten Jahren hat sich das Aufkommen der Studierenden jedoch erhöht und hat mit mehr als hundert zu betreuenden Studierenden pro Semester ein für ein Institut dieser Größe beachtliches Ausmaß erreicht. Dennoch werden die Aufgaben in der Lehre nur von dem Leiter der Forschungseinrichtung und den planmäßigen Mitarbeitern wahrgenommen. Die Drittmittelmitarbeiter sind, anders als bei den meisten übrigen untersuchten Forschungseinrichtungen, von diesen Aufgaben entlastet.

Der Leiter dieser Forschungseinrichtung fungiert - wie in den meisten anderen Fällen auch - zunächst in der Projektakquirierung und bei der Präsentation der Ergebnisse, er ist der alleinige Fachvertreter in seiner Teildisziplin, er stellt Praxiskontakte her und ist zudem Betreuer der Qualifikationsarbeiten. Vor allem aber ist er stärker als bei den übrigen Instituten in die Konzeption und Durchführung der Forschungsvorhaben involviert. Wie bei anderen im Aufbau be-

findlichen Instituten auch, ist der Leiter als erfahrener Ingenieur gerade zu Beginn gefordert, wenn es um die inhaltliche Ausrichtung der Forschungseinrichtung geht. In den ersten Jahren, in denen nur wenig gesichertes Know-how und keine oder nur wenig erfahrene Mitarbeiter am Institut vorhanden sind, ist er für die durchgeführte Vorlaufforschung verantwortlich. Eine Zwischenebene von Oberingenieuren oder Abteilungs- bzw. Gruppenleitern ist hier nicht eingezogen und wäre auch nur einer intensiven Zusammenarbeit zwischen Institutsleiter und wissenschaftlichen Mitarbeitern hinderlich. Alle Mitarbeiter sind unmittelbar dem Institutsleiter zugeordnet und besprechen mit ihm direkt alle Fragen, die sich aus der Beantragung eines Vorhabens, der Projektarbeit oder den Qualifikationsarbeiten ergeben. Gerade mit Blick auf die schon länger existierenden anderen Forschungseinrichtungen läßt sich vergleichend feststellen, daß der Leiter dieser jungen Forschungseinrichtung in ihrer Aufbauphase besonders auf die thematische Ausrichtung einwirkt, während sich seine Kollegen in schon länger existierenden Einrichtungen auf eine gewisse Tragfähigkeit der versammelten Ressourcen und des Know-hows hinsichtlich der verfolgten Fragestellungen verlassen können.

Das derzeitige Organisationsmodell läßt sich nach Angaben des befragten Leiters bis zu einer Gesamtzahl von zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern beibehalten. Bis zu dieser Grenze kann der Leiter durch intensiven Kontakt zu den Mitarbeitern die Projekte auch inhaltlich betreuen und vorantreiben. Anders als bei anderen Forschungseinheiten wird hier nicht auf die Betreuung der Qualifikationsarbeiten, sondern auf die Betreuung der Forschungsprojekte abgehoben, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß sich die Forschungseinheit noch in der Aufbauphase befindet und auf besonders exzellente Forschungsergebnisse angewiesen ist. Bei einem weiteren Anwachsen der Zahl der Doktoranden - was mit einer weitgehenden Etablierung der beiden am Institut verfolgten Forschungsfragestellungen einhergeht - müßten dann Gruppenleiter eingesetzt werden, die den Leiter bei einigen Leitungsfunktionen unterstützen. Anders als der Leiter einer anderen gerade im Aufbau befindlichen Forschungseinrichtung, der bei weiterem personellen Wachstum eine Gruppe von Mitarbeitern direkt einem erfahrenen Oberingenieur unterstellen würde ('Zellteilung'), wird hier die Einführung einer hierarchischen Zwischenebene favorisiert.

"Ich würde sagen, wenn das über zehn Mitarbeiter hinausgeht."

Im Unterschied zu den meisten anderen Forschungseinheiten ist hier ein echtes Team von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern anzutreffen, das gemeinsam an einer Fragestellung arbeitet. Dabei handelt es sich um die zwei aus Haushaltsmitteln finanzierten Mitarbeiter im Bereich der Anschmiererscheinungen: Die von der Forschungsförderungseinrichtung bewilligten Projektmittel wurden hier vollständig in den Aufbau eines aufwendigen Versuchsstandes investiert, und

beide Mitarbeiter sind eine Zugabe des Institutsleiters, um sich auf diesem Gebiet mit verwendungsrelevanten Forschungsergebnissen einen Namen in der Region zu machen, damit im Anschluß weitere Forschungsvorhaben oder direkte Industrieaufträge eingeworben werden können.

"Von seiten der FVA ist da eigentlich nur eine Stelle finanziert, die ich dann umwandeln mußte in Sachmittel, um den Prüfstand in einer sehr anspruchsvollen Technologie überhaupt realisieren zu können. Das ist für mich also ein ganz entscheidender Punkt, denn die geographische Lage in der Nähe von [ORT], in der Nähe von [ORT] ist natürlich für die Wälzlagerthemenstellung schon ein ganz wichtiger Standort. Und mir ist es sehr wichtig, daß dieses Thema zu einem sehr positiven Resultat kommt. Und ich habe mich aus diesem Grunde und aufgrund der ungeheuer vielen Arbeit, die darin steckt, entschlossen, zwei Mitarbeiter darauf anzusetzen, und das hat sich auch gut bewährt. Es ist ungewöhnlich, aber ich meine, es ist für mich kostenneutral. Aber das ganze hat einen solchen Umfang, daß ein einzelner, vor allen Dingen wenn er da so nebenbei seine Arbeit als Assistent machen muß, überfordert wäre."

Zwar verbaut sich der Leiter dieser Forschungseinrichtung damit zunächst die Chance, weitere Drittmittelprojekte aus diesem Themenkreis durch Planstellenmitarbeiter beantragen und bearbeiten zu lassen, und er nimmt indirekt sogar in Kauf, daß er mittelfristig kaum das Spektrum der verfolgten Forschungsfragestellungen erweitern oder modifizieren kann, weil kein Personal für Vorlauforschung frei ist. In der Aufbauphase des Instituts scheint es jedoch wichtiger, mit der eingeschränkten und speziellen, aber in der betrieblichen Praxis aktuellen Fragestellung der Anschmiererscheinungen zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen.

Auch in der Gruppe der Mitarbeiter, die an Fragen des fertigungsgerechten Konstruierens arbeiten, sind zwei Mitarbeiter an einem gemeinsamen Projekt tätig. Auch hier geht es darum, in kurzer Zeit mit fundierten Kenntnissen aufwarten zu können. Allerdings handelt es sich hier um einen direkt von der Industrie finanzierten Auftrag, was den Schluß nahelegt, daß es sich hier nicht um ein Vorhaben klassischen Zuschnitts (zwei bis drei Jahre, Koppelung mit der Qualifikationsarbeit) handelt, sondern um ein auf unmittelbare Verwendungsinteressen zurückgehendes (höhere Transfertiefe, Umsetzung von Konzeptwissen) in kürzerer Zeit zu bearbeitendes Projekt handelt, das auch nicht als Grundlage für eine Qualifikationsarbeit dienen soll. So ist sowohl eine kürzere Laufzeit als auch Teamarbeit möglich, ohne daß nachträglich Einzelleistungen Personen zugeordnet werden können oder müssen. Andererseits kann sich das von den Mitarbeitern der Forschungseinrichtung erarbeitete Konzept in diesem Industrieauftrag in der Praxis bewähren. Bei einem positiven Echo kann dies als Hinweis

auf die Relevanz des gewählten Forschungsschwerpunktes und die Güte der entwickelten Lösungen bewertet werden. Auch dies scheint ein Grund für die Eile zu sein.

Die übrigen drei Mitarbeiter aus dem Bereich des fertigungsgerechten Konstruierens sind aber scheinbar Einzelkämpfer, die sich nur am Rande über ihre Themen austauschen. Allerdings sind auch zwischen diesen und den beiden Teamarbeitern Abstimmungsprozesse notwendig, da alle am gleichen Konzept bzw. an der Umsetzung des gleichen Konzeptes arbeiten. Bei der Fortentwicklung des Konzeptes scheint es auf der Ebene der Mitarbeiter ein gewisses arbeitsteiliges Vorgehen, zumindest aber gegenseitige Interdependenz zu geben. Insgesamt zeichnet sich diese Forschungseinrichtung dadurch aus, daß die Projekte innerhalb der Arbeitsgruppen stärker verzahnt sind, während im Vergleich zu anderen untersuchten Instituten die Fragestellungen der beiden Gruppen nicht interagieren.

Die engere Verzahnung der Projekte in den Gruppen sowie der damit korrespondierende höhere Koordinationsaufwand, die z. T. hohe Transfertiefe und die Tatsache, daß bisher keine erfahrenen Ingenieure an dieser Forschungseinheit beschäftigt sind, machen regelmäßige Abstimmungen zwischen dem Leiter und den Mitarbeitern der an der Problematik des fertigungsgerechten Konstruierens beschäftigten Gruppe notwendig: Die Arbeiten der fünf beteiligten wissenschaftlichen Mitarbeiter werden in Arbeitssitzungen zwischen dem Chef und den Mitarbeitern abgesprochen; eine im hier untersuchten Feld ungewöhnliche Konstellation, die die enge Projektkontrolle der Drittmittelgeber ergänzt, aber nicht ohne Komplikationen durchgehalten werden kann. Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die im Aufbau befindliche Forschungseinrichtung zwei übergreifende Fragestellungen verfolgt, um sich in einer Nische des Fördermarktes einen Namen zu machen. Die Orientierung folgt überwiegend dem wissenschaftlich-systematischen Relevanzsystem. Verwendungskontakte werden nur selten zur Aufbesserung des Institutshaushaltes eingegangen.

A.8 Forschungseinrichtung H

Der Leiter dieses untersuchten Instituts an einer Technischen Hochschule ist seit der Errichtung der Hochschule und der Forschungseinrichtung als Hochschul-lehrer in dieser Position. Zuvor hat er als Leiter der Konstruktionsabteilung bei einer Hydraulikfirma gearbeitet. Neben dem Leiter sind acht wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt sowie weitere nicht-wissenschaftliche Mitarbeiter im technischen und Sekretariatsbereich. Eine vorhandene Oberingenieurstelle wird zur Finanzierung eines promovierten aber befristet beschäftigten Mitarbeiters verwendet, was, wie noch zu zeigen ist, auf die besondere Situation der For-

schungseinrichtung in der Aufbauphase zurückgeht. Dieser Mitarbeiter soll - neben den Dienstleistungen in der Lehre und der Organisation - als erfahrener Ingenieur auch an der Forschung mitarbeiten und dann nach einigen Jahren aus dem Institut ausscheiden. Auf diese Weise - es handelt sich um einen der eigenen ehemaligen Doktoranden - wird Know-how längerfristig im Institut gehalten und andererseits durch die Befristung auch dieser Stelle die Chance zur Anpassung an jeweils aktuelle Bedürfnisse hinsichtlich des im Institut zu pflegenden Wissens offen gehalten. Die Oberingenieurstelle und vier weitere wissenschaftliche Mitarbeiter werden aus den Haushaltsmitteln finanziert. Weitere drei wissenschaftliche Mitarbeiter sind derzeit mit Forschungsvorhaben betraut, die aus Drittmitteln finanziert werden. Diese Drittmittel stammen überwiegend direkt von der Industrie oder von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen. Öffentliche Förderungen machen einen, verglichen mit anderen untersuchten Forschungseinrichtungen, geringen Anteil aus.

Ein weiteres personelles Wachstum der Forschungseinrichtung über die Zahl der derzeit beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiter hinaus findet seine Grenze im verfügbaren Platz für Labors und Büros und in der notwendigen Betreuung der Mitarbeiter durch den Leiter. Als Obergrenze gibt der befragte Institutsleiter eine Zahl von maximal zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern an. Ein darüber hinausgehendes Wachstum der Mitarbeiterzahl müßte von der Einstellung eines Oberingenieurs begleitet werden, der als erfahrener Ingenieur eine Gruppe von drei Mitarbeitern intensiv betreuen könnte.

"Ich fang mal anders an: Das erste Limitierende ist meine Vorstellung, wieviel Mitarbeiter ich betreuen kann. Und ich sage, acht ist schon die obere Grenze, also wenn sich nicht Gruppen bilden. Und Gruppen heißt, daß ein Senior da ist, der in der Lage wäre, mir eine Gruppe von drei Wissenschaftlern abzunehmen, würde ich mal sagen, ist acht schon wirklich eine Grenze, die ich nicht überschreiten wollte. Ich habe mal für mich gesagt: 'zehn Wissenschaftler, und das ist aber auch dann wirklich der Strich, an dem ich nicht mehr weiter will'."

Die Gefahr einer zu geringen personellen Ausstattung der Forschungseinrichtung liegt nach Ansicht des befragten Hochschullehrers darin, nicht flexibel neue Themenstellungen aufgreifen zu können. Hat das Institut nur einen oder nur sehr wenige Mitarbeiter, sind die Kapazitäten auf mehrere Jahre hinaus verplant, ohne daß es sich bei interessanten neuen Entwicklungen innerhalb des Maschinenbaus oder der betrieblichen Praxis mit Forschungsprojekten engagieren kann. Eine Untergrenze kann der Leiter nicht exakt beziffern, die Forschungseinrichtung hat diese Zahl jedoch bisher nicht unterschritten. Außerdem wirkt sich bei einer zu kleinen Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Wissensverlust nach dem Weggang eines promovierten Mitarbeiters negativ auf das

Niveau des bisher erreichten Kenntnisstandes hinsichtlich der schwerpunktmäßig bearbeiteten Fragestellungen aus. Trotz der relativ kleinen Zahl der Mitarbeiter an dieser Forschungseinrichtung kann der durch den Weggang eines Mitarbeiters entstehende Brain drain in Grenzen gehalten werden, denn die Vertragslaufzeiten der Mitarbeiter werden stets so gehalten, daß nicht mehr als zwei Mitarbeiter pro Halbjahr das Institut verlassen. Auf diese Weise kann das vorhandene Wissen jeweils von den erfahrenen Mitarbeitern auf die neu eingestellten übertragen werden.

Etwa mit der Hälfte der Arbeitszeit sind die Mitarbeiter mit der Bearbeitung der Forschungsvorhaben beschäftigt. Neben der Projektarbeit muß jeder Mitarbeiter auch Funktionen in der Lehre und der Dienstleistung wahrnehmen. Dabei müssen sich alle Mitarbeiter - ob auf Planstellen oder aus Drittmittel finanziert - wegen der hohen Studierendenzahl und dem umfangreichen Lehrangebot an der Lehre beteiligen. Weitere kleinere Projekte - etwa um den Institutshaushalt aufzustocken - werden von den Mitarbeitern kaum bearbeitet.

Am Institut werden zwei übergreifende Forschungsfragestellungen verfolgt: Forschungen zur Antriebstechnik mit dem Schwerpunkt hydrostatische Antriebe und Arbeiten zur Weiterentwicklung eines CAD-Softwareprogrammes. Für jede der beiden am Institut verfolgten schwerpunktmäßigen Fragestellungen (s.u.) viert der Institutsleiter eine Gruppe von fünf wissenschaftlichen Mitarbeitern an. Bei einem weiteren Anwachsen der Gruppengröße würde der Erkenntniszuwachs im Verhältnis zum ressourciellen Aufwand nicht mehr proportional verlaufen. In beiden Themenbereichen werden zwar in den Forschungsvorhaben verwendungsbezogene Fragestellungen bearbeitet, dennoch ist die Zugangsweise stets grundlagenorientiert.

Die Forschung zum Schwerpunkt Antriebstechnik wird scheinbar kaum von einer übergreifenden Fragestellung bestimmt, sondern Projekte werden eher unsystematisch je nach Ressourcenlage aufgegriffen. Die Eingrenzung der Projektthemen auf hydrostatische Antriebe erklärt sich vor dem Hintergrund, daß der Leiter aufgrund seiner früheren Tätigkeit in einer Firma für Hydraulikantriebe über intime Kenntnisse der betrieblichen Praxis und der dort anfallenden Probleme verfügt und zudem Kontakte in diese Branche herstellen kann.

Im zweiten Themenschwerpunkt werden grundlegende Fragen des computerunterstützten Konstruierens am Beispiel von hydraulischen Anlagen bearbeitet. Anders als die erste schwerpunktmäßige Fragestellung am Institut, die sich aus der Industrieerfahrung des jetzigen Leiters ergab, wurde die zweite Linie mehr aus strategischen Überlegungen gewählt. Das Institut befindet sich noch im Aufbau und versucht sowohl in der Forschungslandschaft der schon länger bestehenden Institute von Kollegen und Konkurrenten als auch gegenüber den Betrieben der Region eine Spezialkompetenz zu etablieren.

"Und da habe ich mir überlegt: Was macht man, wenn man hierher kommt und in eine Hochschule eintritt, in einen Kreis von Kollegen. Wälzlager und Leitlager und Zahnräder und Schrauben und Muttern und Zubehör werden schon an X Stellen bearbeitet. Was macht man dann, auch noch so etwas? Oder macht man da etwas anderes? [ZEITANGABE] war CAD eigentlich erst so im Kommen. Es ging gerade los. Und da haben wir gesagt: Warum eigentlich nicht CAD? Und dann hatte ich das Glück, daß ich zwei Mitarbeiter fand, sehr früh, die in dem Gebiet schon einige Vorkenntnisse mitbrachten. Und dann haben wir uns relativ schnell hier im Raum doch zu einer CAD-Kompetenz entwickeln können. Und das haben wir heute eben entsprechend ausgebaut, so daß wir sowohl apparativ als auch personell einen sehr guten Stand haben."

Ein im Bereich CAD seit längerem verfolgter Projektverbund setzt bei einem kommerziellen Softwareprogramm an, dessen Quelltext den Mitarbeitern des Instituts vorliegt. Auf dieser Grundlage werden umfangreiche Erweiterungen und Verbesserungen vorgenommen, die darauf abzielen, den Konstrukteur bei der Arbeit mit einem computersimulierten dreidimensionalen Modell des zu konstruierenden Artefakts besser zu unterstützen. Mittlerweile haben die Mitarbeiter ein lauffähiges Zusatzmodul für ein marktgängiges Programmsystem erarbeitet, das von der Firma, die auch das Basissystem anbietet, vertrieben wird. Das Programm wurde für spezielle Hydraulikkonstruktionen geschrieben - ein Programm mit einem höheren Generalisierungsniveau ist bei derzeitigem Kenntnisstand noch nicht möglich - für die die Forschungseinrichtung über umfangreiche Grundlagenkenntnisse aufgrund der experimentellen Arbeiten und der Erfahrungen des Leiters mit diesen Artefakten verfügt.

"Ich kann ja konstruktionstechnische Untersuchungen in Sachen CAD an beliebigen Objekten machen, warum dann nicht an solchen, die die andere Gruppe als Hardware unten im Labor untersucht?"

Diese exemplarische Realisierung und Darstellung ist integraler Bestandteil der technikwissenschaftlichen Forschung, sie vermittelt den Verwendungsbezug der Forschungsergebnisse und damit der Forschungsarbeit und dient so als Sinnfolie. Ohne diesen zumindest symbolischen Verwendungsbezug ist ingenieurwissenschaftliche Forschungsarbeit kaum denkbar. Konzeptwissen, das nicht auf Möglichkeiten der Umsetzung geprüft wurde, ist daher nicht von großer Bedeutung.

"Was nützt mir die beste Idee, wenn ich die nicht in irgend einer Form umsetzen kann oder sie nicht zu realisieren ist."

Ein zweites Projekt auf dem Gebiet der CAD-Technik beschäftigt sich ebenfalls mit hydraulischen Anlagen. Thema des Projektes ist die rechnerunterstützte Schaltplanerstellung für hydraulische Anlagen. Dazu gehört nicht nur die CAD-unterstützte Erstellung der Schaltpläne, sondern auch die Erstellung von Stücklisten, Verbindungslisten sowie die automatische Durchführung von Festigkeits- und Belastungsberechnungen im Anschluß an die Konstruktion, um kritische Aspekte der Auslegung vorwegnehmen und vermeiden zu können. Allgemein gesprochen wird der Konstrukteur bei der Schaltplanerstellung durch ein wissensbasiertes System unterstützt. Das Innovative daran war die Integration der z.T. vorhandenen Berechnungsprogramme und der CAD-Software, sowie der Programme zur Erstellung von Verbindungs- und Gerätelisten. Der Fortschritt besteht hier in der Erzeugung und systematischen Ausnutzung von Synergieeffekten für die betriebliche Praxis. Im derzeitigen Projekt geht es primär darum, die Voraussetzungen einer Verbindung von wissensbasierten Systemen und der Schaltplanerstellung zu prüfen, und insofern um Vorfeldforschung, bis sich ein Förderer findet. Die Personal- und Sachmittel werden hierfür aus der Grundausstattung aufgebracht. Ursprünglich sollte gleich mit der Konzipierung und Erarbeitung eines Programms begonnen werden, doch auftretende Schwierigkeiten, überhaupt eine Anforderungsliste für ein solches Projekt zu erstellen, haben zu einer Verschiebung der ursprünglichen Thematik geführt. Es mußte daher erst eine Schleife durchlaufen werden, in der die fehlenden Informationen zusammengestellt werden. Statt sich mit der Integration der Berechnungsalgorithmen in ein CAD-System zu beschäftigen, mußte nun erst untersucht werden, wie die Informationen über die Bauteile, Geräte und Verbindungselemente mit einer Datenbank integriert und dargestellt werden können. Von dem ursprünglichen Vorhaben ist nur ein Demonstrationsprojekt übrig geblieben, das aus einem Spezialbereich der hydraulischen Anlagen stammt. Am Einzelfall soll gezeigt werden, wie das integrative Konzept insgesamt aussehen könnte. Dieser Einzelfall ist aber nicht generalisierbar, dazu fehlen noch die Grundlagen hinsichtlich der Datenbankstruktur, die nun erarbeitet werden.

Die Auswahl dessen, was aus dem Feld möglicher Fragestellungen bearbeitet wird, so läßt sich zusammenfassend sagen, wird durch verschiedene Faktoren determiniert oder zumindest tangiert. Es muß sich um eine wissenschaftlich interessierende Fragestellung handeln - was entweder die Herbeiführung von Synergieeffekten oder die Generalisierung des Kenntnisstandes im Sinne einer Erweiterung des Gegenstandsbereiches beinhaltet -, die auf absehbare Zeit lösbar scheint und für die sich zudem in der Förderlandschaft Mittelgeber erwarten lassen.

"Einmal nach den Interessen und nach dem, was wissenschaftlich interessant und aber auch lösbar erscheint, und natürlich zum anderen nach den Geld-

quellen, die man erschließen kann. Man möchte vieles machen. Aber wenns einem keiner bezahlt."

Zwar stehen der Forschungseinheit auch Mitarbeiter auf Landesstellen zur Verfügung, mit denen Themen verfolgt werden können, für die sich kein unmittelbarer Interessent findet. Diese aber müssen in der derzeitigen Aufbauphase der Forschungseinrichtung z. T. als Zugabe bei der Einwerbung von Drittmittelvorhaben gegeben werden, um die Erfolgsaussichten der Anträge zu steigern. Die Drittmittelgeber, insbesondere solche aus der Industrie, sollen auf diese Weise gelockt werden, ein Forschungsprojekt zu finanzieren, das mehr Ergebnisse erwarten läßt, als an Äquivalent für die gezahlten Drittmittel zu erwarten sind. Die Landesstellen sind für den Drittmittelgeber 'gratis'.

Der Erfolg der Forschungsarbeit wird am Interesse der betrieblichen Praxis an den Projektergebnissen einerseits und dem Interesse der Wissenschaftlerkollegen an der Dissertation andererseits gemessen. Dies enthält Hinweise auf eine doppelte Relevanzstruktur der Forschungsarbeit. Diese Doppelstruktur findet sich sowohl beim Leiter des Institutes als auch beim den Projektmitarbeitern, was darauf hinweist, daß diese Relevanzmuster nicht nur einer argumentativen Absicherung der Forschungsarbeit im Sinne einer 'offiziellen' Version dienen.

"Wieviel Leute kommen und wollen das Ergebnis der Dissertation genauer sehen."

"Und wenn eine Firma bereit ist, über ein Produkt ein Lizenzvertrag zu schließen und dieses Produkt auf den Markt zu bringen, dann ist das für mich ein Indiz dafür, daß das keine uninteressante Arbeit gewesen ist."

Der wissenschaftliche Erfolg eines Projektes bemißt sich an der Möglichkeit, die Ergebnisse generalisieren zu können. Diese angestrebte Generalisierbarkeit der Anwendungsmöglichkeiten, z.B. eines erstellten Programms, erstreckt sich auf den Gegenstandsbereich - das Programm muß auch mit Daten anderer Artefaktbereiche funktionieren -, wird aber ergänzt um den Wunsch nach Optimierbarkeit des Lösungsentwurfs: Wenn ein Programm bei kleinen Verbesserungen nicht mehr funktioniert, also das zugrundeliegende Konzept nicht in seiner Umsetzung verbessert werden kann, dann ist ein Programm weniger gelungen. Dies impliziert eine positiv bewertete Programmierweise, die den Regeln der Zunft (Informatik) entspricht.

"Also, ich würde es als eine richtig gute Lösung finden, wenn das so allgemein gehalten ist, daß da jeder dran weiterarbeiten kann. Wenn man jetzt also ein Grundmodul an eine Firma gibt, und die dann da dran selbständig auf dem was man gemacht hat, weiterarbeiten können. Und zwar nicht bezüglich der Software, sondern daß ich entsprechende Dateien ändern kann.

Wie in einer Katalogdatenbank. Im richtigen Maschinenbau ist es doch oft schon so, daß man froh ist, wenn etwas funktioniert. Da sind Sie dann wirklich froh, wenn es funktioniert, und gucken erst gar nicht dahinter. Das ist auch bei der Software so. Da funktioniert ein Programm, und da geht man hin, um das ein bißchen zu optimieren, und dann läuft es nicht mehr. Für die Erweiterung ist es natürlich schöner, wenn es auch vernünftig aufgebaut ist und dann funktioniert."

Die Forschungseinrichtung zeichnet sich durch eine doppelte Relevanzstruktur bei der Themenfindung wie bei der Ergebnisbewertung aus, die sie durch eine professionelle Organisationsstruktur mit einem in zentraler Stellung installierten Institutsleiter absichert.

A.9 Forschungseinrichtung I

Bei dem hier untersuchten Institut handelt es sich um eine der ältesten Forschungseinrichtungen im Sample. Sie besteht aus drei miteinander verbundenen Lehrstühlen mit je zugeordneten wissenschaftlichen Mitarbeitern. Kooperationen im Rahmen der Forschung gibt es jedoch nicht, die einzelnen Teile agieren weitgehend unabhängig voneinander. Die Untersuchungseinheit ist der mit Maschinenelementen und Konstruktionstechnik befaßte Teil des Instituts, der von einem Hochschullehrer geleitet wird, gleichwohl wird im folgenden von diesem Teil im Sinne der Vereinheitlichung der Bezeichnungen in allen Falldarstellungen als Institut und Forschungseinrichtung gesprochen.

Die Mitarbeiter der vergleichsweise kleinen Untersuchungseinheit sind aufgrund des thematischen Zuschnitts des Instituts und seiner Stellung im angesiedelten Studiengang stark in die Grundstudiums-Lehre eingebunden, woraus sich ein breites Spektrum von durch die Mitarbeiter und den Leiter anzubietenden Veranstaltungen ergibt, was auf die für die Forschung zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen wirkt: Die Mitarbeiter müssen einen nicht unbeträchtlichen Teil ihrer Arbeitszeit auf die Lehre verwenden. Dies wird durch die vergleichsweise hohen Studierendenzahlen in diesem Studiengang, durch die sich der Betreuungsaufwand in den veranstaltungsbegleitenden Übungen weiter erhöht, verschärft.

"Unser Schwerpunkt liegt zunächst einmal auf dem Gebiet der Lehre. Weil wir im Grundlagenfach tätig sind. Und wir sind natürlich sehr sehr stark engagiert in der Lehre, bei den hohen Studentenzahlen die wir heute haben. Wir liegen eigentlich immer bei Eingangsquerschnitten von etwa 600 Studenten hier im Maschinenbau."

"Das erfordert allein seitens des Institutes und der Mitarbeiter auch eine hohe Investition in den Lehrbereichen."

Die Forschung an diesem Institut kreist thematisch um Wälzlager. Diese Themenstellung hängt mit der Praxistätigkeit des derzeitigen Leiters zusammen, aber auch mit der traditionellen Stellung des untersuchten Instituts an der beheimatenden Hochschule bzw. im Fachbereich. Um den Drittmittelbedarf der Forschungseinrichtung decken zu können, der sich aus einer bestimmten kritischen Masse sächlicher und personeller Ressourcen - etwa in Form von Versuchsständen - für die Forschung einerseits und dem personellen Bedarf zur Abdeckung der Lehre andererseits ergibt, müssen daneben weitere Forschungsfelder im Rahmen von Drittmittelprojekten bearbeitet werden. Daher behandeln weitere Forschungsvorhaben Fragen aus den Gebieten Kupplungen und Umschlingungstrieben.

"Nur allein von diesem Gebiet kann man nicht leben. Denn Forschung will auch bezahlt sein, so daß wir uns auch auf weiteren Gebieten der Maschinenelemente im Rahmen der Forschung bewegen."

"Die eigenen Mittel, die seitens der Hochschule zur Verfügung gestellt werden, kann man vergessen. Und wir hätten gar keine Möglichkeit, Forschung zu betreiben, wenn wir auf unsere Mittel der Universität angewiesen wären."

Die eingeworbenen Drittmittel stammen überwiegend von zwei in der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen zusammengeschlossenen Forschungsvereinigungen und nur am Rande von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Angebote aufgrund von Ausschreibung werden überwiegend auf Initiative des Leiters durch die auf Planstellen beschäftigten Mitarbeiter ausgearbeitet, was neben der Lehre weitere personelle Ressourcen bindet, die nicht mehr unmittelbar für die Bearbeitung von Eigenforschungsprojekten und Vorkaufforschung zur Verfügung stehen.

"Das ist schon eine sehr aufwendige Angelegenheit, die Ausarbeitung dieser Angebote. Dafür kriegen wir nichts. Das ist zunächst mal Vorleistung, wenn die Sache in die Hose geht, tote Arbeit. Wir müssen aber diesen Aufwand treiben, denn die Konkurrenz ist auf diesem Gebiet stark. Und die Konkurrenz macht da einiges."

Die Beantragung von Forschungsprojekten bzw. die Erstellung von Angeboten als Reaktion auf eine Ausschreibung ist ihrerseits mit immensen theoretischen und z. T. auch mit experimentellen Vorarbeiten verbunden, was auch Hinweise darauf enthält, daß die im Rahmen von drittmittelgeförderten Projekten bearbeiteten Themen nicht nur aus der Verwendungspraxis an das Institut herangetragen werden, sondern durch eigenfinanzierte und eigeninitiativ durchgeführte

Projekte vorbereitet bzw. durch deren Ergebnisse in die Gremien der Förderungsgeber hineingetragen werden. Auf daraus resultierende Ausschreibungen kann dann - immer noch mit erheblicher Arbeit verbunden - aber mit einer vergleichsweise höheren Realisierungschance des Angebots reagiert werden. So schafft sich das Institut partiell seine eigene Nachfrage, ohne jedoch sicher sein zu können, auch den Zuschlag für ein Angebot zu bekommen.

"Und hier haben wir jetzt das Verfahren so, daß ich der FKM dieses anbiete und sage: Habt ihr nicht Interesse? Wir selbst haben eine Reihe Untersuchungen auf dem Gebiet gemacht, und es ist aussichtsreich, dieses Gebiet aufzugreifen. Das heißt, hier versuchen wir die FKM ein bißchen zu initiieren und anzuregen, dieses Gebiet aufzunehmen."

"Nun müssen wir sehen, daß wir das dem Arbeitskreis Umschlingungstrieb ein bißchen schmackhaft machen, daß sie sagen: Aha, könnte uns interessieren. Wir schreiben es mal aus. Und ihr seid der Initiator. Und dann kommt das wieder rückwärts hierher."

So wie die Notwendigkeit, die Lehre realisieren zu können und eine gewisse sächliche und personelle kritische Masse, um dauerhaft Forschungsvorhaben durchführen zu können, ein Diversifikation der Forschungsthemen über die Wälzlagertematik hinaus erzwingt, schränken die für Eigenforschungen verfügbaren sächlichen und personellen Ressourcen aus dem Haushalt der Hochschule die Zahl der verfolgten Schwerpunkte wieder ein: Selbst wenn man unterstellt, daß bei der Ausarbeitung von Eigenforschungsprojekten durch Planstellenmitarbeiter mit Ausnahme der studentischen Hilfskräfte und des Werkstattpersonals keine Personalkosten anfallen, reichen die verfügbaren Mittel meist nur für ein Eigenforschungsprojekt. Zudem sind die Planstellenmitarbeiter mit der Beantragung von Drittmittelprojekten befaßt. Dabei handelt es sich überwiegend um aus der Verwendungspraxis in eine wissenschaftliche Fragestellung transformierte Probleme, die sich aus der Aktualität eines Artefakts in den Verwendungsbereichen ergeben, wobei die Problemstellung nicht in Form einer Fragestellung an das Institut herangetragen wird, sondern vom Leiter oder den erfahrenen Mitarbeitern als solche wahrgenommen wird. Nur durch die Bearbeitung von zusätzlichen direkten Industrieaufträgen - etwa in der Schadensanalyse - können weitere Mittel eingeworben werden, mit denen dann Eigenforschungen zur Vorbereitung zukünftiger Drittmittelprojekte finanziert werden, außerdem können dadurch aktuelle Problemstellungen aus der Praxis aufgenommen und in Forschungsfragestellungen im Rahmen von Projekten überführt werden.

"Nun ergeben sich Fragen der Forschungsvorhaben zum Teil aus Schadensfällen. Da treten in der Industrie plötzlich Schäden auf. Die Frage ist: Woher kommen diese Schäden? Und durch solche Fragestellungen von Schadensfäl-

len aus der Industrie initiieren wir hier die Forschungsvorhaben, die wir selbst im Hause bearbeiten."

Eine Fragestellung wird - auch wenn es sich um eine wichtige Schlüsselstelle für die weitere Verfolgung einer übergreifenden Fragestellung handelt - nur von jeweils einem Mitarbeiter in einem Projekt innerhalb des Instituts angegangen. Eine parallele Herangehensweise mit verschiedenen anvisierten Lösungswegen durch mehrere Mitarbeiter findet sich nicht. Lediglich auf überinstitutioneller Ebene werden z. T. parallel mehrere Projekte hinsichtlich einer Fragestellung bearbeitet, aber mit von vornherein unterschiedlichen Lösungsansätzen, was u. a. auch der Konkurrenz um Fördermittel entspringt.

"Und so laufen parallele Untersuchungen. Mein Kollege macht das jetzt in einem sehr aufwendigen Versuchsstand. Der hat dann Zylinderrollen mit großem Durchmesser. Wir werden parallel einen anderen Weg gehen und wollen versuchen, das in unserem Zweischeibenprüfstand zu realisieren, indem man zunächst mal Grundlagenversuche mit dem Kontakt zweier Ringe macht."

In dieser Forschungseinheit läßt sich daher zusammenfassend folgender Mechanismus zur Generierung und Realisierung von Forschungsprojekten finden, der jedoch nicht als statisches Schema sondern vor dem Hintergrund der Tatsache verstanden werden muß, daß die Forschungseinheit langfristig in eine Teilforschungslandschaft, und in ein Netzwerk von Förderungsgremien eingebunden ist: Am Institut werden antizipierte Verwendungsinteressen in Eigenforschungsprojekten, die bis zu dem Stadium vorangetrieben werden, in dem ein Lösungsweg erkennbar ist, bearbeitet. Die Problemstellungen werden dann in die Förderungsgremien eingespeist, in der Hoffnung, daß die Förderer zunächst die Problemstellung als zutreffend oder zumindest als erwartbar akzeptieren und die weitere konzeptionelle und experimentelle Ausarbeitung des Lösungswegs beschreiben und finanzieren. Dabei gibt es aufeinander aufbauende Projektkaskaden, wobei sich die Themenstellung eines Folgeprojektes im Anschluß an ein vorausgehendes Projekt herauskristallisiert. Die verfolgte übergreifende Fragestellung wird mit jedem Projekt auf der Grundlage seiner Ergebnisse neu ausgerichtet. Diese Projektkaskaden folgen einer kombinierten Ablauflogik, die sowohl auf die Verwendung ausgerichtete Konkretionen von erarbeiteten Konzepten in exemplarischen Realisationen als auch generalisierend auf Erkenntniszuwächse durch Gegenstandserweiterungen ausgerichtet ist. Phasenweise werden Projekte durchgeführt, die mal mehr auf den einen, mal mehr auf den anderen Relevanzbereich ausgerichtet sind.

Auf der Grundlage der auf diese Weise durchgeführten Forschungsprojekte bzw. deren Ergebnissen können dann direkte Industrieaufträge angenommen und

in der Forschungseinrichtung bearbeitet werden, in denen sich zum einen die erarbeiteten Lösungsvorschläge exemplarisch bewähren und zum anderen inhaltliche Anregungen und finanzielle Mittel für weitere Vorlauforschungen in die Institutsarbeit hineingenommen werden können, die die mit etatmäßigen Mitteln durchgeführten Eigenforschungen ergänzen. Diese enge inhaltliche und konzeptionelle Verzahnung der Projekte läßt - auch angesichts der vergleichsweise kleinen Zahl von elf Mitarbeitern - eine interne organisatorische Differenzierung als unnötig oder sogar hinderlich erscheinen. Alle Mitarbeiter sind unmittelbar dem Leiter zugeordnet und nicht in Gruppen eingeteilt, was angesichts der Tatsache, daß der Leiter zur Realisierung des beschriebenen Projektakquirierungs- und Bearbeitungsschemas in hohem Maße mit Ressourcen jonglieren muß, damit Mitarbeiter zur Sicherung der fachlichen Kontinuität gehalten und finanziert werden können, einleuchtet. Eine Zuordnung von Mitarbeitern zu einzelnen, von erfahrenen Mitarbeiter geleiteten Gruppen und eine damit einhergehende Bindung von Ressourcen an kleinere Einheiten ist aus diesen Gründen - aber auch, weil neben dem Leiter und dem Oberingenieur keine erfahrenen Mitarbeiter am Institut beschäftigt werden können - nicht realisiert.

Die Projektanträge oder Angebote als Reaktionen auf Ausschreibungen werden überwiegend vom Leiter - der sonst kaum an der Forschung mitarbeitet und nach eigenen Angaben mehr als die Hälfte seiner Zeit mit der Lehre zubringt - als erfahrener Ingenieur in Zusammenarbeit mit dem Oberingenieur und/oder einem anderen, bald ausscheidenden Mitarbeiter verfaßt. Dies geschieht zunächst, weil der Leiter in zentraler Position den Überblick über den Stand der oben beschriebenen Projektkaskaden hat, dann aber auch, weil er als erfahrener Ingenieur zuverlässige Angaben hinsichtlich der Finanz- und Zeitplanung machen und Hinweise auf eine notwendige Abgrenzung zu möglichen Konkurrenten in der Teilforschungslandschaft sowie zur Lösung der Forschungsprojekte geben kann. Allerdings wird die konkrete Ausarbeitung eines Antrags von den Planstellenmitarbeitern vorgenommen - die keinen durch enge Zeitvorgaben im Rahmen von Drittmittelprojekten vorstrukturierten Arbeitsabläufen folgen müssen -, was angesichts sinkender Umwandlungsraten und einer Laufzeit der Anträge und Angebote von z. T. mehr als einem Jahr zu einem immensen Vorlauf und vor allem zu Unsicherheiten über den weiteren Fortgang der Projektkaskaden führt.

In der Projektbearbeitung sind die Mitarbeiter relativ selbständig und arbeiten ohne ständigen Kontakt zum Leiter der untersuchten Forschungseinrichtung. Die formulierten, eingereichten und bewilligten Förderungsanträge dienen den Mitarbeitern dann weitgehend als Grundlage für die Bearbeitung der Vorhaben, in denen der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte vorgezeichnet ist und die meist auch einen Lösungsweg zumindest aber eine Versuchstechnik vorgeben, mit der Daten erhoben werden können und auf deren Grundlage eine Lösung zu erwar-

ten ist. Dieses Vorgehen ermöglicht es dem Leiter der Forschungseinheit nach der Bewilligung des Vorhabens einen neuen Mitarbeiter - möglicherweise unmittelbar nach dessen Abschluß als Diplom-Ingenieur - einzustellen, der das Vorhaben bearbeitet, ohne daß übermäßig lange Einarbeitungszeiten in Kauf genommen werden müssen. Daher halten sich die Mitarbeiter der Forschungseinrichtung in der Forschung weitgehend an die Anträge oder Angebote. Eine Korrektur der für die Zukunft geplanten Bearbeitung der übergreifenden Fragestellung - die ja stets nur als Projektion auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes, der Verwenderinteressen und der Förderungsmöglichkeiten konzipiert werden kann - ist erst in der nächsten Projektgeneration, nach Abschluß des laufenden Projektes, möglich.

Für die Zahl der mindestens benötigten Mitarbeiter ergibt sich aus der bisher geschilderten Organisation der Forschungseinrichtung folgendes: Um neben den Lehraufgaben Forschungsprojekte durchführen zu können, müssen Drittmittel für entsprechende Mitarbeiter angeworben werden, was angesichts sinkender Umwandlungsraten und sich verlängernder Beantragungszeiten nur geht, wenn die Zahl der Planstellenmitarbeiter nicht unter sechs liegt. Hinzu kommt, daß das Institut mehr als nur eine übergreifende Forschungsfrage verfolgen muß, damit sich auf dem Förderungsmarkt genügend Mittel akquirieren lassen, was bereits einen Bestand von Drittmittelmitarbeitern voraussetzt. Diese Konstellation läßt kleineren, neu gegründeten Instituten, die stringent an übergreifenden Fragestellungen arbeiten wollen, kaum eine Chance, denn der durch die Fluktuation der Mitarbeiter begründete Brain drain ist bei weniger als zehn Mitarbeitern kaum zu verkraften. Die Qualität der Anträge und Angebote sinkt und damit auch die Zahl der realisierten Projekte, was auf die Zahl der Drittmittelmitarbeiter zurückwirkt und mittelfristig die Forschung an diesem Institut gefährdet. Umgekehrt können nach Angaben des Leiters kaum mehr als die derzeit 12 Mitarbeiter beschäftigt werden, denn einerseits sind keine weiteren Arbeitsplätze in den Büros und im Labor vorhanden, zum anderen würde bei einem weiteren Anwachsen die Betreuungsintensität und -qualität - trotz der Unterstützung durch den Oberingenieur - durch den Leiter sinken, was sich letztlich wiederum auf den Bestand der Forschung an diesem Institut auswirken würde. Dies würde zudem die Promotionsmöglichkeiten der Mitarbeiter einschränken, die ja auf der Grundlage eines Forschungsvorhabens eine Dissertation anfertigen wollen. Und ohne zumindest die Chance dafür würden nur wenige bereit sein, zu den Bedingungen des Bundesangestelltentarifes an der Lehre mitzuwirken. So pendelt sich langfristig die Zahl der Mitarbeiter zwischen zehn und fünfzehn ein.

A.10 Forschungseinrichtung J

Diese Forschungseinrichtung existiert erst kurze Zeit an der fraglichen Hochschule. Sie befaßt sich in Forschung und Lehre mit Fragen aus einem Spezialgebiet der Konstruktionstechnik. Der Leiter ist zum Befragungszeitpunkt sechs Jahre - seit der Gründung der untersuchten Forschungseinrichtung - in dieser Position tätig, nachdem er zuvor in der Automobilzulieferindustrie beschäftigt war. Das geringe Alter und in dessen Folge die vergleichsweise geringe personelle wie sächliche ressourcielle Ausstattung sowie der geringe Grad des erarbeiteten Know-hows sind die maßgeblichen Parameter für die Organisation dieser Forschungseinrichtung. Wie die anderen jüngeren Forschungsinstitute auch hat dieses Institut gegenüber älteren einen entscheidenden Ressourcennachteil: Der Leiter mußte nach seiner Berufung zunächst die sächliche Ausstattung und auch die personelle Kapazität aufbauen, um sinnvoll an den ebenfalls zu erarbeitenden Forschungsfragen arbeiten zu können. Als weitere Randbedingungen bei der Wahl thematischer Schwerpunkte ist neben der Maßgabe, sächliche und personelle Ressourcen aufzubauen und zu sichern, ebenso wichtig, die Konkurrenzinstitute in der Forschungslandschaft zu berücksichtigen, um sich in einer bisher nicht besetzten Nische zu etablieren. Zudem muß sich das Institut auch gegenüber den regional ansässigen Verwendern durch den Aufbau eines spezifischen verwendungsrelevanten Know-hows als potentieller Auftragnehmer und Kooperationspartner empfehlen. Dabei erweist sich der durch die erst kurze Existenz der Forschungseinrichtung bedingte Ressourcenrückstand bei der apparativen Ausstattung gegenüber größeren und älteren Instituten wiederum als Nachteil.

"Ich habe also mehrere Wettbewerber. Der eine Wettbewerber ist das [INSTITUTSNAME] in [HOCHSCHULORT]. Die haben also auch eine apparative Ausstattung, an die ich nicht drankomme."

Derzeit verfügt das Institut über drei wissenschaftliche Mitarbeiter, die auf Planstellen beschäftigt sind, und über einen weiteren wissenschaftlichen Mitarbeiter, der aus Drittmitteln finanziert wird. Daneben sind zwei nicht-wissenschaftliche Mitarbeiter in der Werkstatt sowie eine Sekretärin beschäftigt. Die Rekrutierung der Mitarbeiter ist für eine Forschungseinrichtung, die an einer Hochschule angesiedelt ist, die erst relativ kurze Zeit einen entsprechenden Studiengang anbietet, schwierig. Die neuen Mitarbeiter müssen vorerst vorwiegend von anderen Hochschulen rekrutiert werden. Diese Forschungseinheit befindet sich noch im Aufbau und damit in einer personellen Expansionsphase. In der Zukunft sollen weitere aus Drittmitteln finanzierte Mitarbeiter eingestellt werden. Im Bereich der Forschung strebt der Leiter eine Zahl von insgesamt sechs bis sieben wissenschaftlichen Mitarbeitern an, was er mit dem Hinweis auf eine

bestimmte kritische Masse begründet und wobei er auf das Problem der Fluktuation verweist. Mit dieser, für ihn optimalen, personellen Größe liegt er unter der Zahl, die die meisten seiner Kollegen als Untergrenze für eine sinnvolle und kontinuierliche Forschung nennen. Dies zeigt in der Forschung darin Wirkung, daß nur eine übergreifende Fragestellung verfolgt werden kann.

Neben dem aus Drittmitteln eingestellten Mitarbeiter bearbeiten auch die drei Planstellen-Mitarbeiter z. T. Vorhaben, die von Forschungsförderern finanziert werden. Die meisten Drittmittel fließen dem untersuchten Institut derzeit vom BMFT zu, gefolgt von der Industrie und der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Das Land Hessen ist der vierte und hinsichtlich des Volumens am wenigsten gewichtige Förderer. Bei den Fördermitteln handelt es sich überwiegend um Sachmittel, Personalmittel spielen derzeit nur eine geringe Rolle. Der Sachmittelbedarf der Forschungseinrichtung beträgt zum Untersuchungszeitpunkt etwa 200.000 DM im Jahr. Davon sind aber nur zehn Prozent aus dem Haushalt gedeckt. Der übrige Teil wird durch Drittmittelvorhaben ergänzt.

Während die beantragten Forschungsvorhaben bei den öffentlichen Förderern überwiegend die eigenen Forschungsinteressen widerspiegeln, sind - nach Aussage des Leiters - bei Vorhaben, die von der betrieblichen Praxis finanziert oder unterstützt werden, verschiedene Interessen zu berücksichtigen und zu integrieren: Kommt die Forschungseinrichtung an eine Stelle, an der sie die weitere Forschung nicht mehr aus eigener Kraft oder durch Anträge bei den Forschungsförderern finanzieren kann, werden Vorarbeiten zur Vergrößerung der Transferiefe des bisher erarbeiteten Know-hows geleistet, mit denen dann Drittmittelaufträge aus der Industrie eingeworben werden sollen. Die Vorarbeiten werden von den auf Planstellen beschäftigten Mitarbeitern durchgeführt, woraus sich - wie schon bei anderen untersuchten Forschungseinrichtungen - Hinweise ergeben, daß auch die Mitarbeiter aus der Grundausrüstung in gewissem Sinne an Verwendungsinteressen gebunden sind und nicht uneingeschränkt als Manövriermasse zur Verfolgung der ureigensten Forschungsfragen oder zur Überbrückung von Finanzierungslücken der aus öffentlich geförderten Forschungsvorhaben finanzierten Mitarbeiter dienen können. Diese Forschungseinrichtung geht jedoch nur dann Kooperationen mit dem Verwendungsbereich ein, wenn die Interessen der Verwender mit denen der Forschungseinrichtung kongruieren, wobei die Initiative von der Forschungseinrichtung selbst ausgeht. Drittmittelprojekte werden bewußt und gezielt integriert, aber nur wenn beide Interessenlagen zum Zuge kommen können. Die hier vorfindlichen Hinweise auf eine wissenschaftliche Orientierung des Leiters dieser Forschungseinrichtung werden an anderen Stellen weiter bestätigt.

"Meist ist es aber auch so, daß wir in einem Vorfeld liegen. Wir erkennen, das ist durch die Mittel, die wir haben, aber nicht finanzierbar. Dann gehen

wir auch her und akquirieren, daß heißt, wir beschreiben den Lösungsweg, wir machen eine Vorleistung und sagen dann einem möglichen Interessenten: dieses Problem hast du doch auch. Und wir haben das Werkzeug, uns interessiert zwar nicht die konkrete Ausführung, aber wir haben ein Werkzeug, wir geben dir das Werkzeug, und du kannst daraus machen was du willst."

"Nehmen wir einen konkreten Fall. [MITARBEITERNAME] wird untersuchen, welchen Einfluß die Rippen auf Bauteile haben. Um das systematisch machen zu können, muß ein Optimierungsalgorithmus geschrieben werden, für kompakte Bauteile. Wir können diesen Algorithmus, den haben wir hier beispielhaft auf das Problem Fahrradretrokurbel angewandt und haben das zwei Unternehmen vorgestellt. Und beide haben gesagt, jawohl, das ist eine Sache, die interessiert uns."

Diese Industriaufträge dienen zunächst der Aufbesserung des Institutshaushaltes, um die apparative Ausstattung erweitern bzw. erneuern zu können. Daneben dienen diese Auftragsarbeiten aber auch der Überprüfung der eigenen Forschungsergebnisse an der Praxis: Die in Machbarkeitsanalysen erarbeiteten Konzepte müssen sich in der Verwendungspraxis bewähren. Innovative Konzepte sind von solchen Arbeiten hingegen kaum zu erwarten, und im Rahmen solcher Industrieprojekte werden auch keine Dissertationen angefertigt; dazu sind die Fragestellungen in der Regel zu wenig innovativ, und sie haben eine zu kurze Laufzeit.

"Meist wird bei so konkreten Industrieprojekten nicht promoviert, denn da ist die Fragestellung zu klein."

Der Schwerpunkt der Arbeiten dieser Forschungseinrichtung liegt im Bereich des Leichtbaus. Dabei stehen weniger Arbeiten zur Weiterentwicklung der Konstruktionsmethodik für diesen Gegenstandsbereich im Mittelpunkt des Interesses, vielmehr wird ein Verfahren erarbeitet, mit dem schon in der CAD-unterstützten Konstruktionsphase von Leichtbauelementen Vorhersagen über den Verschleiß und die Belastbarkeit dieser Elemente berechnet werden können. Dabei interessiert den Leiter besonders die Integration bestimmter Berechnungsmethoden - die Finite-Elemente-Methoden - in ein CAD-Programm, durch die die geometrische Gestalt des Bauteils, die Werkstoffeigenschaften und die Belastung, der das Bauteil später in der Praxis ausgesetzt sein wird, berücksichtigt werden können. Ziel ist es, ohne experimentelle Überprüfung zuverlässige Aussagen über die Lebensdauer eines Artefakts unter Einsatzbedingungen treffen zu können und entsprechend bei der Konstruktion mit dem Ziel einer Optimierung zu berücksichtigen. Dieses in ein CAD-System integrierte Berechnungsverfahren wird derzeit von den Mitarbeitern ausgearbeitet und verbessert, wobei sich die Güte des Verfahrens jeweils an der Vorhersagegenauigkeit bemißt.

Insgesamt ist die Forschungsfrage der Vorhersage der Eigenschaften eines zu konstruierenden Artefakts in der Konstruktionsphase schon seit etwa 80 Jahren im Gespräch. Aber auch die derzeitige Forschergeneration wird das Problem - nach Einschätzung des Leiters - wohl nicht endgültig lösen können, was darin begründet ist, daß das erarbeitete theoretische Modell nicht den Komplexitätsgrad der Realität erreichen kann. Das in der Realität verwendete Material weist Unregelmäßigkeiten auf, die rechnerisch kaum antizipiert werden können. Dennoch enthalten diese Aussagen Hinweise darauf, daß der befragte Leiter sich einer übergeordneten Fragestellung verpflichtet sieht, bei deren Lösung er gleichsam an der Forschungsfront mitarbeitet. Außerdem ergeben sich auch Hinweise, daß ein Bemühen um eine Lösung prinzipiell scheitern könnte.

"An dieser Fragestellung arbeiten die Ingenieure, sagen wir mal seit 80 Jahren. Ich hatte mir ursprünglich eingebildet, daß wir das lösen können, und wir haben auch eine Lösung produziert. Und dann haben wir es allen präsentiert, und es war klar, das mußte so gehen. Und dann haben wir es angewandt, und dann haben wir die vielen Unwägbarkeiten der Praxis erkannt: Das Material ist nicht homogen, so daß ich also heute ganz realistisch sagen würde, wir stehen heute im ersten Drittel. Es kann aber auch sein, daß wir das nicht lösen können."

Insgesamt scheint in dieser Forschungseinrichtung das Selbstverständnis des Leiters wie der Mitarbeiter als Forscher und Wissenschaftler stärker ausgeprägt zu sein, als bei einer Reihe anderer untersuchter Institute. Zumindest ansatzweise ergeben sich Hinweise auf eine Orientierung auf die Scientific community aus den Äußerungen zu den Kriterien der Bewertung von Forschungsergebnissen. Forschungsergebnisse werden als gut eingestuft, wenn die Resonanz aus dem Kollegenkreis auf eine Veröffentlichung über diese Forschungsergebnisse positiv ist. In anderen untersuchten Forschungseinrichtungen wurde mehr Wert auf die Resonanz auf der Verwenderseite gelegt. Ebenso werden Mißerfolge durch die Resonanz der Kollegenschaft auf eine Veröffentlichung definiert: Muß nach einer Publikation etwas richtiggestellt oder ein Fehler eingeräumt werden, so ist das ein weniger gutes Forschungsergebnis.

"Wir haben publiziert vor etwas längerer Zeit, und wir haben aus dem Fachkreis der Kollegen eine Resonanz bekommen, und dann, meine ich, war das ein Erfolg. Wir haben aber auch Mißerfolge, daß zum Beispiel auf eine Publikation Zuschriften kommen und wir etwas richtigstellen müssen. Das sind dann weniger gute Projekte."

Die Forschungsfragestellung ist in dieser Forschungseinrichtung - wie bei den anderen jüngeren Instituten - stark an die Person des Leiters als erfahrener Ingenieur gebunden. Neu zu beantragende Forschungsvorhaben werden von ihm

selbst - unter Berücksichtigung der Interessen seiner Mitarbeiter - projiziert, wobei er sich von Studien- und Diplomarbeitern bzw. studentischen Hilfskräften unterstützen läßt. Ebenso ist er bei Problemen in der Forschungsarbeit unmittelbar Ansprechpartner für die Mitarbeiter. Einen Oberingenieur oder Gruppenleiter gibt es schon wegen der geringen Zahl der Mitarbeiter nicht, aber auch weil keine forschungs- und projekterfahrenen Doktoranden vorhanden sind. Die Mitarbeiter sind alle eng um den Leiter geschart, von dem auch in Einzelfragen innovative Impulse und Ideen ausgehen.

Wie alle Forschungseinrichtungen hat auch diese das Problem, daß die Mitarbeiter nicht auf Dauer beschäftigt sind, sondern nur während einer begrenzten Zeit eine Funktion in Forschung und Lehre übernehmen können. Dann scheidet sie wieder aus und nehmen einen Teil ihrer Fähigkeiten, die nicht alle verschriftet oder anders gesichert werden können, mit. Für die Forschungseinrichtung bedeutet dies einen Brain drain, der gerade bei jüngeren Einrichtungen mit einer relativ geringen Mitarbeiterzahl kaum überschätzt werden kann. Hinzu kommt bei jüngeren Einrichtungen, wie auch dieser, daß die Mitarbeiter alle innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums eingestellt werden und somit auch nahezu gleichzeitig aus der Forschungseinrichtung ausscheiden. Dadurch wird der Brain drain noch verschärft. Die neuen Mitarbeiter müssen sich erst den Stand der Kenntnisse der Vorgänger aneignen - wenn das überhaupt je möglich ist - und können erst dann produktiv die übergreifende am Institut verfolgte Fragestellung vorantreiben. Eine Verselbständigung des Forschungsbetriebes unter eher distanzierter Aufsicht des Leiters - wie es bei anderen Forschungseinrichtungen nach der ersten Generation der Mitarbeiter zu beobachten war - konnte unter diesen Umständen hier nicht realisiert werden.

"Ich habe also jetzt einen Generationswechsel gehabt, da haben alle Mitarbeiter aufgehört, da sind alle gegangen. Ich fang' also jetzt mit einer völlig neuen Mannschaft an. Das ist für die unheimlich schwer, weil ich vorher schon viele Irrwege gegangen bin, wo die also alle nochmal reintappen müssen."

Dies und die Tatsache, daß sich der Leiter selbst stärker als Forscher versteht, führen dazu, daß die Fragestellung vom Leiter selbst zusammengehalten wird und quer zu den einzelnen Forschungsprojekten liegt. Forschungsfortschritt wird nicht in erfolgreich abgeschlossenen Projekten gemessen, sondern Projekte werden als organisatorische Form angesehen, Teilfragestellungen unter Berücksichtigung der Finanzierungsmöglichkeiten und der Interessen von Mitarbeitern und Verwendern zu bearbeiten. Diese Auffassung von technikwissenschaftlicher Forschung an Hochschulen spiegelt sich in der Organisation der Arbeitsabläufe in der hier untersuchten Forschungseinrichtung wider: Es wird arbeitsteilig vorgegangen und die Forschungsvorhaben der einzelnen Mitarbeiter werden aus

der verfolgten Fragestellung herausgeschnitten, werden auf diese bezogen und müssen Teilergebnisse zum weiteren Voranschreiten der Forschungslinie beitragen. Zusammengehalten werden die Forschungsvorhaben der Mitarbeiter durch die integrative Position des Leiters. Gleiches gilt für die Dissertationen der Mitarbeiter: Die Mitarbeiter bearbeiten jeweils aktuelle Teile der Hauptfragestellung, zu deren Fortschritt die Dissertationen einen wichtigen Beitrag leisten. Die Mitarbeiter promovieren nicht über einzelne Projekte sondern auf der Grundlage der neuesten Ergebnisse zur verfolgten Forschungsfragestellung.

"Das sind alles Diplomanden, die jetzt hier quasi nach relativ kurzer Zeit auch eine Themenstellung bekommen. Die bearbeiten eigentlich Teilaspekte des roten Fadens."

Die Thematik der jeweiligen Projektthemen wird diskursiv zwischen dem Leiter und dem Mitarbeiter in mehreren Durchgängen und im Laufe der Vorarbeiten festgelegt. Die endgültige Ausrichtung der Teilaufgaben ist nicht schon am Anfang - etwa durch einen Projektantrag - festgelegt, sondern ergibt sich im Laufe der ersten Arbeitsphasen am Institut. Folglich werden die Planstellenmitarbeiter nicht eingestellt, um einen von ihrem Vorgänger ausgearbeiteten und genehmigten Forschungsplan abzuarbeiten, sondern sind in die Ausarbeitung des oder der Vorgaben eingebunden. In der Bearbeitung von Forschungsanträgen sind die Mitarbeiter selbständig, wie in den anderen untersuchten Forschungseinrichtungen auch, wenngleich die Abstimmung zwischen Leiter und Mitarbeiter hier enger zu sein scheint. Zudem gibt es eine vergleichsweise enge gegenseitige Information und Diskussion der Mitarbeiter und des Leiters untereinander im Rahmen von Sitzungen und Kolloquien, wo Fortschrittsberichte abgegeben, aber auch Probleme hinsichtlich des weiteren Projektfortgangs angesprochen werden.

Diese nicht nur auf die Bewahrung des erreichten Ressourcenstandes und den Aufbau eines verwendungsrelevanten Know-hows ausgerichtete institutsinterne Forschungsplanung bringt Abstimmungsprobleme zwischen den konkreten Projektthemen und der übergreifenden Forschungsfragestellung mit sich, weil der Leiter bei der Verfolgung seiner übergreifenden Fragestellung 'Schlenker' macht, die durch die Finanzierungsmöglichkeiten in der Förderungslandschaft einerseits und die Interessen der Mitarbeiter andererseits motiviert werden.

"Diese Fragestellung, diesen roten Faden, bestimme ich immer wieder neu, weil, ich habe natürlich irgendwo im Hinterkopf eine Projektion dessen, was ich machen möchte, aber ich ertappe mich immer wieder dabei, daß ich links und rechts abweiche."

A.11 Forschungseinrichtung K

Dieses Institut ist seit 1965 an einer Technischen Universität mit dem Spezialgebiet Konstruktionsmethodik als erstes seiner Art installiert. Der derzeitige Leiter wurde vor etwa 15 Jahren als Hochschullehrer an die Spitze dieser Forschungseinrichtung berufen. Das Institut verfügt derzeit über 20 wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen zwei als Oberingenieure in Dauerstellung angestellt sind und 18 weitere als Doktoranden befristet beschäftigt werden. Von diesen wiederum sind fünf Mitarbeiter auf Planstellen der Hochschule und derzeit elf durch Drittmittel, die von Forschungsförderungseinrichtungen und der Wirtschaft bereitgestellt werden, beschäftigt, wobei diese Mittel überwiegend von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen stammen. Zwei weitere ausländische Doktoranden sind als Stipendiaten am Institut. Neben ihrer Forschungstätigkeit haben alle vorhandenen Mitarbeiter Dienstleistungsaufgaben für das Institut wahrzunehmen und zudem sind sie mit der Betreuung von Praktika in der Lehre engagiert. Die Frage der optimalen personellen Größe wird vom Leiter dieser Forschungseinrichtung zunächst unter Rekurs auf die Qualität der Forschungsergebnisse beantwortet: Bei gegenüber dem derzeitigen Stand zunehmender personeller Größe ist der Leiter nicht mehr in der Lage, die Qualität der Forschungsergebnisse durch seine persönliche Betreuung und Einflußnahme zu gewährleisten.

Auch kleinere Schritte bei einer Ausdehnung über die derzeitige Kapazität von 20 wissenschaftlichen Mitarbeitern hinaus stoßen auf kaum hintergehbare Randbedingungen: Die Ausstattung der Forschungseinrichtung mit Büros und sonstiger Infrastruktur sowie die Größe des Versuchsfeldes lassen eine Ausweitung der Mitarbeiterzahl nicht zu. Hinzu kommt, daß die zur Finanzierung weiterer Mitarbeiter notwendigen Drittmittel nur unter Schwierigkeiten eingeworben werden können. Angesichts geringer Umwandlungsraten bei der Forschungsförderung können nicht beliebig viele Anträge formuliert und dementsprechend weitere Mitarbeiter eingestellt werden. Die vorhandene Crew kann neben der eigentlichen Projektarbeit nicht beliebig viele aussichtsreiche Projektanträge schreiben, sondern bei den derzeitigen Umwandlungsraten gerade so viele, wie zum Ersatz der beendeten Projekte der ausscheidenden Mitarbeiter notwendig sind. Aber auch das Selbstbild des Leiters als Wissenschaftler spielt eine Rolle bei der Bemessung der Obergrenze der Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter.

"Aber ich mag auch nicht nur den großen Manager spielen. Ich will noch an der Sache bleiben. Sonst hätt ich in der Industrie bleiben können, ich war zehn Jahre in der Industrie und am Schluß Werksleiter in einer Mittelfirma und das hat mich angeödet, dieses ewige Jagen nach Aufträgen. Das Sichern

der Qualität, Beruhigen des Personals wie eine alte Hebamme oder Kindergartenmutter, ja?"

Die Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter ist in den letzten Jahren gewachsen oder zumindest konstant geblieben; für die Zukunft aber plant der Leiter des Instituts eine Reduktion der Mitarbeiterzahl auf etwa die Hälfte, weil er in einigen Jahren durch einen Nachfolger abgelöst wird und er diesem bei dessen Eintritt nicht eine Vielzahl von Mitarbeitern übergeben will, die ihre Projekte, vor allem aber ihre Qualifikationsarbeiten noch nicht abgeschlossen haben. Die verbleibenden Mitarbeiter will der derzeitige Leiter nach Möglichkeit aus Drittmitteln finanzieren, damit der Nachfolger bei der Übergabe des Instituts die vorhandenen Planstellen neu besetzen kann und damit hinsichtlich der Personen, aber auch hinsichtlich der von diesen bearbeiteten Forschungsthemen eigene Schwerpunkte setzen kann.

"Da scheid' ich aus als Professor. Das heißt, ich baue Mitarbeiter ab. Ich baue von 20 zu Promovierenden dann runter wieder auf 11. Weil mein Nachfolger nicht lauter 'Halbgare' halten kann. Also, die Planstellenmitarbeiter baue ich wahrscheinlich auch ab, und nehme statt dessen Drittmittelleute rein, damit der Nachfolger Planstellen neu besetzen kann."

Ebenso wie eine weitere Ausweitung der Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter die Qualität der Forschungsergebnisse beeinträchtigen würde, führt auch eine zu geringe Zahl an Mitarbeitern, die an einer Fragestellung arbeiten, zu unbefriedigenden Ergebnissen. Arbeitet nur jeweils ein Doktorand an einem Thema, sind die Ergebnisse der Vorhaben gegenüber einer kleinen Gruppe von Mitarbeitern, die verwandte Themen bearbeiten, langfristig weniger ertragreich, was der Leiter auf den dann fehlenden diskursiven Austausch der Mitarbeiter untereinander zurückführt. Die Kooperation geht also über das sonst vorfindliche Modell hinaus, wonach sich Mitarbeiter allenfalls über die gemeinsam genutzte versuchs- und meßtechnische Ausstattung des Instituts verständigen. Bei zu kleinen Gruppen oder Einzelforschern, die sich einem Thema widmen, ist zudem die Gefahr des Brain drain durch die Fluktuation der Mitarbeiter besonders groß, denn wenn der mit der Thematik befaßte Mitarbeiter das Institut nach der Promotion verläßt, kann die Kompetenz kaum gehalten werden. Um dies auszugleichen, sind größere Ressourcenbündel entweder in Form von mehreren Mitarbeitern, die an einem Thema bzw. verwandten Themen arbeiten, oder aber eine zusätzliche Manövriermasse in der Grundausrüstung, mit der im Zweifel Finanzierungslücken überbrückt werden können, notwendig. Diese beiden Randbedingungen sind für den geplanten Abbau der Mitarbeiterzahl für dieses Institut erfüllt. Die Planstellen bleiben als Manövriermasse erhalten, von denen einige kurzfristig besetzt werden können, so daß anders als bei gerade im Auf-

bau befindlichen Forschungseinrichtungen mit einer noch geringen Mitarbeiterzahl dieses Institut für eine gewisse Zeit betrieben werden kann.

"Also das ist ein Punkt, der einen ärgert als Hochschullehrer, daß man viele gute Sachen macht, die dann versanden, wenn der Mann weg ist. Ja, wenn nicht unmittelbar überlappend das fortgesetzt wird, dann muß ich's aber finanzieren, ja?"

"Das ist praktisch so eine Kette, die irgendwann mal anfangen muß. Und wir müssen halt gucken, daß die Kette nicht abreißt."

Trotz der relativ guten Ressourcenlage erwähnt der befragte Institutsleiter ein wichtiges und bisher nicht behebbares Defizit. Am Institut fehlt derzeit eine dauerhafte EDV-Kompetenz in Form einer Oberingenieurs, der die Beschaffung der notwendigen Hardware auf eine langfristige Basis stellt und zudem auf die Qualität der in den Projekten erstellten Programme oder Programmteile achtet sowie auf eine gewisse Standardisierung der Programmierarbeit hinwirkt. Diese Funktion kann von den Projektmitarbeitern nicht dauerhaft und nicht auf einem projektübergreifenden höheren Generalisierungsniveau ausgefüllt werden. Kommissarisch wird diese Funktion derzeit von einem der Oberingenieure wahrgenommen. Idealerweise sucht der Institutsleiter einen Informatiker, der aber wegen des großen Gehaltsunterschiedes zu außeruniversitären Beschäftigten kaum rekrutiert werden kann.

"Und das Geld muß man erstmal organisieren, und der gibt es dann aus, ne? sinnvoll. Und was mir fehlt, ist jemand, der bei den 15 Leuten die Linie hält bezüglich Softwareentwicklung. Also ich bräuchte jemanden, der das standardisiert, der schaut, daß die richtig programmieren, daß das einheitlich ist."

Am Institut werden grundlagenorientierte Forschungsfragestellungen aus dem Bereich des rechnerunterstützten Konstruierens und der Konstruktionsmethodik verfolgt. Das methodische Konstruieren ist die eigentliche Spezialität des untersuchten Instituts, das vor Jahren eines der ersten war, das für diese Thematik eingerichtet wurde, und das sich auf diesem Gebiet gemeinsam mit zwei weiteren untersuchten Forschungseinrichtungen hervorgetan hat. Derzeit werden hier in Kooperation mit einem anderen universitären Forschungsinstitut Vorhaben zur Analyse des Konstruktionsprozesses durchgeführt. Auf diesem Gebiet der konstruktionsmethodischen Unterfütterung der rechnerunterstützten Konstruktion hat das Institut eine gegenüber anderen Forschungseinrichtungen führende Stellung in der Forschungslandschaft. Der Gedanke zur Fortentwicklung der Konstruktionsmethodik wurde von einem Mitarbeiter aufgeworfen, dann vom Schwerpunktleiter aufgegriffen und im Vorlauf ausgearbeitet. Der erste Antrag

entstand auf der Grundlage einer Dissertation eines erfahrenen Mitarbeiters, wobei folgendes Problem thematisiert wird: Die Konstruktionsmethodik wurde bereits seit 1970 ausgearbeitet und in die Praxis transferiert. Die Erfahrungen zeigen jedoch, daß die Konstrukteure mit diesen Ablaufregeln der Konstruktionsmethodik nicht zurechtkommen und andere Vorgehensweisen mit zum Teil besseren Konstruktionsergebnissen verfolgen. Diese sollen mit Hilfe der Psychologie eruiert werden, um im Anschluß daran eine verbesserte Konstruktionsmethodik für die betriebliche Praxis bereitstellen zu können.

Diese beiden grundlagenorientierten Forschungsfragen - rechnergestütztes Konstruieren und Konstruktionsmethodik - werden in verschiedenen Anwendungsfeldern des rechnerunterstützten Konstruierens zusammengeführt, in denen dann vor dem Hintergrund der theoretischen und grundlegenden Arbeiten Konzepte für Problemlösungen für die betriebliche Praxis erarbeitet werden. Eines der Anwendungsfelder ist das montagegerechte Konstruieren, in dem das Institut aktuelle Forschungsprojekte bearbeitet. Daneben beschäftigen sich die Mitarbeiter des Instituts mit der Frage der automatischen Variantenkonstruktion am Beispiel von Getrieben. Ein weiteres Anwendungsfeld des rechnerunterstützten Konstruierens ist die Wiederholteilsuche, die den Konstrukteur beim Entwurf neuer oder variiertes Bauteile mit einem Archiv der bereits konstruierten Bauteile unterstützt. Diese Fragestellung wurde zum Teil angeregt durch Nachfragen aus der Industrie, zum Teil aber auch durch die Arbeiten zum rechnergestützten Konstruieren, die zur Frage nach der computergerechten Charakterisierung von realen Artefakten und Bauteilen führte. Dies hatte seinen konkreten Niederschlag in einem Programm zur Wiederholteilsuche.

In den Anwendungsfeldern ist eine gegenüber der Konstruktionsmethodik und dem rechnergestützten Konstruieren als Forschungsschwerpunkt stärkere Verwendungsorientierung festzustellen, die sich zum einen in der Gründung von Ingenieurbüros zur Vermarktung von Forschungsergebnissen nach dem Abschluß der unmittelbaren Forschungsphase widerspiegelt, dann aber auch in einem engeren Kontakt zu Wirtschaftsunternehmen. In allen verwendungsnahen Forschungsgebieten werden die Projektergebnisse exemplarisch an Beispielen aus den Bereichen Getriebe und Zahnräder illustriert, was auf eine frühere berufliche Tätigkeit des heutigen Institutsleiters in dieser Branche zurückgeht. Mittlerweile hat sich dieser thematische Schwerpunkt jedoch verselbständigt: Auf diesem Gebiet verfügt das Institut jetzt über gesichertes Know-how und eine entsprechende versuchs- und meßtechnische Ausstattung.

Der Leiter fungiert in diesem Institut als Forschungsmanager, der die erforderlichen Projektmittel einwirbt und außerdem durch seine langjährige außeruniversitäre Berufserfahrung Praxiskontakte herstellt. Der derzeitige Leiter hat vor seiner Berufung lange Jahre in der Zahnradindustrie gearbeitet, so daß Kooperationen mit der betrieblichen Praxis fast durchweg zu dieser Branche be-

stehen. Dies führt dazu, daß die Forschungsergebnisse - es handelt sich auch hier z. T. um Machbarkeitsanalysen und z. T. um exemplarische Realisationen - an Beispielen aus der Zahnradindustrie verdeutlicht und illustriert werden, und sich zudem Betriebe bereitfinden, die Forschungsergebnisse der Mitarbeiter des Instituts testweise und durch Institutsmitarbeiter betreut in der Praxis einzusetzen. Diese Kontakte zu pflegen, ist eine seiner wichtigsten Aufgaben. In der Projektarbeit selbst sind die wissenschaftlichen Mitarbeiter weitgehend auf den Forschungsantrag angewiesen, bei Problemen werden sie von den Oberingenieuren und den erfahrenen Kollegen (Gruppenleiter) unterstützt. Erst bei der Abfassung des Forschungsberichtes schaltet sich der Institutsleiter - unterstützt durch einen der Oberingenieure - als Kontrollinstanz hinsichtlich der Qualität der Berichte ein, damit das Institut auch weiterhin Anträge auf dem Forschungsmarkt bewilligt bekommt.

"Die Forschung entsteht zum Teil mit der Industrie. Ich war früher Getriebemann, ja, Getriebe für die Schiffe und für Kraftwerke usw. Das sind Planetengetriebe, und ich habe natürlich gute Beziehungen zur Getriebeindustrie. Und wir waren zum Beispiel die ersten, die Zahnräder nicht nur berechnet haben, sondern die Kostenuntersuchungen an Zahnrädern gemacht haben. Und das ist eine ganz neue Art von Forschung, die wir da aufgezogen haben vor ungefähr zehn, zwölf Jahren."

"Ich muß den Mitarbeitern anständige Themen besorgen. Dann muß ich schauen natürlich - das ist mein Interesse -, daß die am Ball der Praxis bleiben und nicht nur theoretisch arbeiten. Das heißt, ich muß ihnen auch Firmen besorgen, die da mitmachen."

Das Institut ist in Stab- und Linienstrukturelemente gegliedert. Jede der zwei nach thematischen Gesichtspunkten zusammengefaßten Gruppen wissenschaftlicher Mitarbeiter wird von einem erfahrenen Doktoranden als Gruppenleiter geführt, der wiederum dem Institutsleiter verantwortlich ist. Eine Gruppe befaßt sich schwerpunktmäßig mit Grundlagenproblemen der Konstruktionsmethodik, eine weitere mit Problemen der rechnergestützten Konstruktion. Mitarbeiter beider Gruppen bearbeiten jedoch auch Themenstellungen aus Anwendungsbereichen der Konstruktionsmethodik und/oder der rechnergestützten Konstruktion. Das Institut ist an einem Sonderforschungsbereich beteiligt, aus dem eine dritte Gruppe von Mitarbeitern für mehrere Jahre finanziert wird, die ebenfalls schwerpunktmäßig mit Software-Entwicklung beschäftigt sind. Auch dieser Gruppe steht ein Gruppenleiter vor. Daneben sind die beiden Oberingenieure - die nicht identisch mit den Gruppenleitern sind - mit Stabsaufgaben in der Projektbeantragung, Projektabwicklung und EDV-Betreuung befaßt, so daß die Oberingenieure stärker mit der Steuerung der verwendungsorientierten For-

schung betraut sind während der Leiter durch die Betreuung der Dissertationen sich der Ausrichtung der wissenschaftlich-systematischen Forschung widmet.

Forschungsanträge werden vom Leiter des Instituts auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Vorlaufforschung in Kooperation mit den erfahrenen wissenschaftlichen Mitarbeitern am Institut entwickelt. Wird das Projekt dann bewilligt, werden junge Mitarbeiter gesucht, die das Projekt bearbeiten, wobei die Projekte dann auf einzelne Mitarbeiter zugeschnitten sind. Die vorhandenen Spezialkenntnisse werden dabei über die Projektanträge, die den Versuchs- und Arbeitsplan für die erste Projektphase enthalten, von einem Mitarbeiter zum nächsten transferiert. Auf diese Weise wird fachliche Kontinuität gewahrt, wenngleich durchaus auch bei diesem Verfahren ein Brain drain nicht zu vermeiden ist. Der Projektantrag ist auf diese Weise ein 'Staffelstab' zwischen den Generationen von Bearbeitern. Einige der Mitarbeiter sind jeweils nicht mit der Durchführung eines beantragten und bewilligten Projekts beschäftigt, sondern mit der Vorbereitung und Beantragung von neuen Projekten: sogenannte U-Bootfahrer.

"Und dann haben wir einen Vorlauf gemacht. Das sind dann Leute, die sind U-Bootfahrer, heißen die bei uns, ja? Wir sind ja immer mit unseren Projekten ein Jahr voraus oder zwei Jahre, ja? Das heißt, was wir heute forschen, das schreibt irgendein anderer womöglich als DFG-Bericht dann, als Abschlußbericht dann für die DFG, nieder, eineinhalb oder zwei Jahre später. Wir haben also sozusagen mehr geforscht, als nach außen bekannt ist. Mit diesem Vorlaufgeld finanzieren wir die U-Bootfahrer. Da gibt's also immer welche, die sind gar nicht auf ein Projekt angesetzt, sondern sie machen zukünftige Projekte."

Dieses Verfahren ermöglicht eine besonders ausgedehnte Antragsphase, die auch nötig scheint, um dem vom Institutsleiter formulierten Anspruch an die Projektanträge gerecht zu werden. Vor allem aber können auf diese Weise Forschungsprobleme bearbeitet werden, für die sich unmittelbar kein Förderer findet, deren Lösung aber nach Ansicht des Leiters in absehbarer Zeit eine wichtige Rolle in der betrieblichen Praxis einnehmen wird, ohne daß die Mitarbeiter ihre Pflichten in der Lehre und der Dienstleistung vernachlässigen müssen. Trotzdem können die derzeit aktuellen, ausgereifteren Forschungsthemen in Kooperation mit dem Wirtschaftsunternehmen oder öffentlich gefördert bearbeitet werden.

Zu Beginn der Bearbeitung einer übergreifenden Forschungsfrage scheint es zunächst sinnvoll - und mit den Bordmitteln des Instituts finanzierbar - nur einen Mitarbeiter auf das neue Thema anzusetzen, um erste Sondierungen und Vorlaufarbeiten vorzunehmen, auf deren Grundlage dann Forschungsvorhaben projiziert und beantragt werden können. Der zunächst geringe ressourcielle

Aufwand, mit dem eine neue übergreifende Fragestellung angegangen wird, scheint aber auch notwendig, weil zunächst noch nicht feststeht, in welche Richtung dieser Themenbereich ausgearbeitet werden soll. Klarheit darüber ergibt sich erst im Laufe der Vorlaufforschungen. In einem späteren Stadium der Bearbeitung dieser Fragestellung, wenn es um die Umsetzung und Anwendung von erarbeitetem Konzeptwissen geht, werden mehrere Mitarbeiter parallel auf verwandte Themenstellungen angesetzt.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Die Vorlaufforschung bzw. die U-Bootfahrer als Instrument der Forschungsplanung des Instituts ermöglichen eine langfristige und gründliche Vorbereitung von zukünftigen Forschungsfragestellungen. Als Konsequenz sind hier die Umwandlungsraten bei der Projektbeantragung höher. Andererseits macht dieses Vorgehen die Anwesenheit von längerfristig beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeitern neben dem Leiter des Instituts notwendig. Denn gerade in der Anfangsphase muß der Themenschnitt und der Schnitt möglicher Lösungskonzepte projektübergreifend erarbeitet, revidiert und erneut erarbeitet werden. Diese Aufgabe geht über den Horizont des einzelnen U-Boot-Forschers, der aus Restmitteln eines bereits abgeschlossenen, thematisch entfernt liegenden Forschungsvorhabens finanziert wird, hinaus. Zu diesem Zweck hat das Institut neben den beiden OBERINGENIEUREN zudem die Gruppenleiter als Mitarbeiter zur Verfügung, die über den Rand eines eng zugeschnittenen Projektes hinaussehen können. Die in diesem Institut praktizierte Zergliederung der Arbeitsvollzüge: Vorlaufforschung, Projektbearbeitung, Anfertigung eines Projektberichtes über ein Vorhaben, das bereits vor ein bis zwei Jahren abgeschlossen wurde, Vorbereitung eines thematisch anders gelagerten Projektes usw. scheint nur unter Mithilfe der OBERINGENIEURE als langfristige Mitarbeiter und der Gruppenleiter möglich zu sein. Als Konsequenz dieses Vorgehens ist festzuhalten, daß die Qualifikationsarbeiten weniger stark in den Institutsbetrieb integriert sind, als dies in anderen Forschungseinrichtungen der Fall ist. Der Endbericht des Projektes und die Qualifikationsarbeit decken sich nur zu einem geringen Teil, und die Anfertigung der Dissertation muß wegen der hohen Belastung durch Lehre, Dienstleistungen und durch die verschiedenen, zum Teil parallel abzuarbeitenden, Aufgaben bei der Beantragung und Durchführung von unterschiedlichen Projekten auf die Zeit nach Dienstschluß verlegt werden; wohl auch, weil die Arbeitsschritte in der Projektarbeit nicht in der chronologischen Reihenfolge abgearbeitet werden, die sich bei einer eigenständigen Qualifikationsarbeit aus der Logik der Sache ergibt.

A.12 Forschungseinrichtung L

Der Leiter dieser Forschungseinrichtung hat mehr als 15 Jahre vor dem Befragungszeitpunkt das Institut von seinem Vorgänger übernommen. Neben ihm ist ein weiterer, dem Leiter zugeordneter Hochschullehrer (C3) am Institut beschäftigt. Die Leitung liegt jedoch dauerhaft beim Befragten selbst. Zudem sind zwei OBERINGENIEURE am Institut vorhanden, von denen einer dauerhaft und der zweite befristet als akademischer Oberrat beschäftigt ist. Hinzu kommen sieben Planstellen für wissenschaftliche Mitarbeiter und je nach Drittmittelaufkommen 14 bis 16 wissenschaftliche Mitarbeiter, die in gleichem Umfang aus Drittmitteln finanziert werden. Die Drittmittel stammen von zwei Forschungsvereinigungen, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Industrie direkt, wobei direkte Industrieaufträge meist ein geringes finanzielles Volumen hinsichtlich der Personal- und Sachmittel haben. Das Personal wird überwiegend aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Forschungsvereinigungen finanziert. Neben dem wissenschaftlichen Personal und etwa 30 studentischen Hilfskräften sind ein technischer Zeichner, eine Verwaltungsmitarbeiterin und drei Mitarbeiter in der Werkstatt angestellt.

Mit dieser Crew werden am Institut derzeit vier übergreifende Fragestellungen verfolgt, von denen zwei der befragte Leiter vorantreibt, eine weitere der zweite Hochschullehrer und die vierte der auf Dauer beschäftigte promovierte OBERINGENIEUR. Der befragte Leiter äußert sich ausführlich nur zu den beiden von ihm selbst vorangetriebenen Fragestellungen; über die Konzeption der beiden anderen schwerpunktmäßigen Fragestellungen können hier nur weniger detaillierte Angaben gemacht werden, was das schon in der Einleitung zu diesem Kapitel angesprochene Problem der teilweisen Inkongruenz von Erhebungs- und Untersuchungseinheit dokumentiert:

Die ressourciell am stärksten gewichtete und thematisch am weitesten ausgearbeitete Fragestellung rankt sich um die Thematik der Getriebeschmierung, wobei nicht Fragen des Schmierstoffes und seiner je spezifischen Wirksamkeit, sondern Fragen des Zusammenspiels von Getriebebauteilen und Schmiersystem im Vordergrund stehen. Zunächst wurden verschiedene Arbeiten zur Optimierung der Getriebeschmierungen unter den Gesichtspunkten Umlaufgeschwindigkeiten, Eintauchtiefe und Verringerung der Leistungsverluste durch die Schmierung durchgeführt, als deren Ergebnis jeweils eine Funktion erarbeitet wurde, die dem Ingenieur in der Praxis als Richtschnur für die funktionsoptimale Konstruktion von Getrieben diente. Auf der Grundlage dieser Befunde ergaben sich erste Anhaltspunkte für eine neue theoretische Fassung der Getriebeschmierung, die zum einen Hinweise darauf enthielt, daß die Schmierung neben den ihr zugeordneten Aufgaben auch einen Beitrag zur Kühlung leistete, und daß im Getrieberaum nicht mehr eindeutig zwischen flüssigem Schmierstoff und Atmosphäre ge-

trennt werden kann, sondern der ganze Raum bei entsprechender Drehzahl von einem gasförmigen Schmierstoff-Luft-Gemisch eingenommen wird. Beides sind Phänomene, die bisher nur am Rande in den theoretischen Überlegungen zur Getriebeschmierung berücksichtigt wurden. Der Ausarbeitung dieser Theorie der Schmierung dienten weitere Projekte, die zumeist über die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziert wurden.

"Wir können also alle Angaben machen, die einen Konstrukteur in der Praxis in die Lage versetzen, ein solches Schmierungssystem funktionssicher zu planen und auszuführen. Was wir noch nicht genau wissen, ist, warum muß dieser oder jener Parameter genau so gewählt werden. Wir wissen, daß es geschehen muß. Wir können sagen, die Eintauchtiefe der Räder ins Öl muß 15 mm sein unter bestimmten Umständen und dann funktioniert das gut. Das ist für einen Konstrukteur in der Praxis eine sehr schöne Auskunft. Der Wissenschaftler möchte natürlich noch wissen, warum ist das so."

Ziel der Bemühungen ist ein Konzept, das zum einen alle bisher zu beobachtenden Phänomene berücksichtigt, also auch die Kühlung und die Fragen im Zusammenhang mit der Zusammensetzung der Atmosphäre im Getrieberaum, und das zum anderen - über die Bereitstellung von Funktionen zur Berechnung optimaler Parameter bei der Getriebeauslegung - die physikalischen Grundlagen der Funktionsweisen und deren Kulmination im Artefakt erklärt - ein Interesse, das, so der befragte Leiter, für die Verwendungspraxis zunächst uninteressant ist und nur den Wissenschaftler angeht. Der Forscher aber erhofft sich aus dem ausgearbeiteten Konzept Hinweise, wie in Zukunft grundlegende konstruktive Änderungen an der Getriebeschmierung geschaffen werden können, die einer weiteren Funktionsoptimierung der Artefakte in der Verwendungspraxis dienen.

"Warum wollen wir es wissen? Wenn man erst einmal weiß, warum das so sein muß, kann man es vielleicht dann in Zukunft auch anders machen."

So wird auch bei der Ausarbeitung eines umfassenden theoretischen Konzepts der Getriebeschmierung der Verwendungsbezug nicht aus den Augen gelassen: Ziel aller Bemühungen ist die Bereitstellung von allgemeinen Regeln, mit denen in der Praxis Artefakte erzeugt werden können, die gegenüber den derzeit bestehenden Artefakten in ihrer Funktion optimiert sind. Die erarbeitete Konzeption wird jedoch in den in der Folge durchgeführten Forschungsprojekten nur exemplarisch bei der Gestaltung von Getrieben - entsprechend den Interessen der beteiligten Kooperationspartner aus der Wirtschaft - umgesetzt. Die Spezifität der Gegenstände dieser Projekte darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß das hier erarbeitete Konzept nicht durch eine zunehmende Gegenstandserweiterung auf ein höheres Generalisierungsniveau gehoben wird, sondern es beansprucht zunächst allgemeine Aussagekraft und wird in einem Wechselspiel von exempla-

rischen Umsetzungen und weiteren theoretischen Überlegungen verfeinert. Diese exemplarischen Umsetzungen dienen zum einen als Bewährungsprobe für das erarbeitete Konzept und zum anderen zur Herstellung und Anbahnung weiterer direkter Industrieaufträge, um Mittel einspielen zu können.

Hier findet sich ein Modell einer Forschungslinie, bei der zunächst drei Phasen mit je unterschiedlich gewichteten Relevanzbezügen zu Tage treten. In der ersten Phase werden verwendungsnahе Vorhaben durchgeführt, durch die erste Einblicke in die Funktionsweise des Artefakts - hier der Getriebebeschmerung - eröffnet werden, auf deren Grundlage Optimierungsfunktionen an die Verwendungsvertreter weitergegeben werden. In einer zweiten Phase werden dann die erarbeiteten Einzelergebnisse - ergänzt um weitere Grundlagenuntersuchungen - zu einem Konzept zusammengeführt, das sich in der dritten Phase durch exemplarische Umsetzungen bewähren muß und durch die Konfrontation mit der Praxis weiter verfeinert wird. Festzuhalten ist, daß die Fragestellungen der einzelnen Projekte in dieser Kaskade - hier handelt es sich im konkreten Fall um mehr als fünf sich z. T. überlappende Projekte - nicht schon von vornherein feststehen und wie ein Arbeitsplan abgearbeitet werden, sondern auf der Grundlage des jeweiligen Kenntnisstandes unter Berücksichtigung der jeweiligen Verwenderrinteressen und der Finanzierungsmöglichkeiten modelliert werden. Gleichwohl scheint zu jedem Zeitpunkt dieser Kaskade eine Projektion zukünftiger Vorhaben und Fragestellungen zu existieren, die aber ebenfalls auf dem aktuellen Kenntnisstand, antizipierten Verwenderrinteressen und den Finanzierungsmöglichkeiten beruht und zusammen mit den zu modellierenden Projektfragestellungen stets abgewandelt und überarbeitet wird. Forschung ist insoweit nicht beliebig.

Die zweite verfolgte Forschungsfragestellung leitet sich nach Angaben des Leiters von den Lehraufgaben der am Institut beschäftigten Wissenschaftler im angesiedelten Studiengang Maschinenbau ab, zu denen neben den Grundstudiumsveranstaltungen zu Maschinenelementen und den Veranstaltungen zur Antriebstechnik sowie zu weiteren Spezialgebieten des Maschinenbaus auch Vorlesungen und Übungen in der Konstruktionsmethodik gehören. Um auf diesen Gebieten ein kompetentes Lehrangebot bieten zu können - so der Leiter -, werden von den Mitarbeitern der Forschungseinrichtung Projekte durchgeführt, in deren Rahmen die Konstruktionsmethodik auf konkrete Artefakte mit dem Ziel angewendet wird, eine Funktionserweiterung ohne zusätzliche Bauteile zu erreichen.

"Also hier auch ausgehend von dem Gedanken, die Konstruktionssystematik, wenn sie gut ist, muß was bringen, angewendet auf ein konkretes Problem und eine Lösung erarbeitet. Und daraus können Sie - wenn Sie wollen - ein Prinzip machen, Erfüllung zusätzlicher Funktionen ohne zusätzliche Teile"

Zu diesem Zweck werden enge Kooperationen mit Wirtschaftsunternehmen eingegangen, in deren Rahmen zunächst Artefakte ermittelt werden, bei denen diesbezüglicher Forschungsbedarf besteht, und bei denen die Verwendungspartner zur Finanzierung eines solchen Vorhabens in Form eines Projektes bereit sind. In den vergangenen Jahren sind eine Reihe solcher Vorhaben durchgeführt worden, die eine vergleichsweise große Transfertiefe aufweisen und als deren Ergebnisse bei unterschiedlichen Artefakten im Zuge der durch die Konstruktionsmethodik angeleiteten konstruktiven Änderungen ohne zusätzliche Bauteile wichtige Funktionen in das Artefakt integriert werden konnten. Inzwischen hat sich das Institut auf diesem Gebiet einen entsprechenden Namen gemacht und eine gewisse Querschnittkompetenz aufgebaut, so daß auch hinsichtlich dieser Fragestellung von einem kaskadenartig verlaufenden Projektverbund gesprochen werden kann, wobei die Integration von Verwendungsorientierung und wissenschaftlich-systematischer Orientierung hier durch die ausgewählten Artefakte und die Doppelstruktur der Ergebnisse gelingt, die neben einer Funktionserweiterung für die Verwendungsseite auch Hinweise für die Konkretisierung, Umsetzung und Weiterentwicklung der Konstruktionsmethodik enthalten.

Das Institut verfügt nur über einen sehr geringen Sachmittelenstand, der bei knapp 25 Wissenschaftlern gerade zur Deckung der laufenden Ausgaben im Bereich der Verbrauchsmaterialien reicht. Aus eigener Kraft könnten daher am Institut keine Forschungsvorhaben konzipiert und durchgeführt werden, gerade weil die Forschung an dieser Untersuchungseinheit durchweg experimentellen Charakter hat; die Vorhaben werden daher durchweg als Drittmittelprojekte eingeworben, bei denen der Förderer neben den Personal- und Investitionskosten auch die Betriebskosten trägt und z. T. auch einen Overhead für nicht im einzelnen nachzuweisende Kosten bereitstellt. Eigenforschungsprojekte können - auch unter Berücksichtigung der durch direkte Industrieaufträge erwirtschafteten Mittel - nicht durchgeführt werden. Dies begründet das spezifische zu beobachtende Vorgehen bei der Getriebeschmierungsfragestellung, bei der von mehreren Projekten mit stärker verwendungsrelevanten Fragestellungen ausgehend theoretisch-konzeptionelle Arbeiten zur systematischen Erklärung eines ganzen Gegenstandsbereiches im Anschluß - meist finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft - vorgenommen werden, anstatt zunächst eigenfinanzierte Vorlaufforschung zu betreiben, deren Ergebnisse dann die Grundlage für die Einwerbung von stärker verwendungsorientierten Projekten bilden. Gleiches gilt aber auch für die vergleichsweise hohe Transferkompetenz, die bei den Projekten zur Anwendung der Konstruktionsmethodik zu Tage tritt. Ohne die aus den direkten Industriekontakten eingenommenen Mittel könnten die anfallenden Kosten im Institut nicht gedeckt werden. Dennoch ist hier keine übermäßige und die Qualität und Kontinuität der Forschung beeinträchtigende Diversifikation der Fragestellungen bei den Industrieaufträgen festzustellen.

Als wissenschaftliche Mitarbeiter werden in der Regel diejenigen interessierten Absolventen des eigenen Studiengangs rekrutiert, die schon als studentische Hilfskraft an Forschungsvorhaben des Instituts mitgearbeitet haben. Auf diese Weise reduzieren sich Einarbeitungszeiten in die Thematik, und es ist sichergestellt, daß die zukünftigen Mitarbeiter sich in das Arbeitsklima wie auch in die Hierarchie des Instituts einpassen. Neben den Mitarbeitern mit dem zweiten Hauptfach Informatik - wegen der stets auch im Maschinenbau nachgefragten EDV-Kompetenz - werden vor allem Studierende mit Kompetenzen im Bereich Meßtechnik oder Elektrotechnik rekrutiert, weil die Fragestellungen der Forschungsprojekte gerade im experimentellen Bereich der Getriebebeschmierung oftmals diese Kompetenzen erfordern.

"Diese Leute wissen, was wir hier machen, sie sind auf diesem Gebiet ausgebildet und fügen sich meistens nahtlos da ein. Also wer gestern noch wissenschaftliche Hilfskraft war oder studentische Hilfskraft hier bei uns, der weiß natürlich, wie hier die Arbeit läuft, welche Probleme es gibt, kann dann eigentlich einfach weiter arbeiten, das läuft sehr gut. Nun brauchen die Studenten ja noch ein zweites Hauptfach, und da gucken wir dann ein bißchen, und das ergibt sich aber auch schon beim Einsatz. Sie können nicht jeden für jedes einsetzen, wenn wir also EDV-orientierte Probleme haben, dann haben wir gerne schon einmal jemanden, der als zweites Hauptfach Informatik hat."

Die Rekrutierung von wissenschaftlichen Mitarbeitern aus der Gruppe der ehemaligen studentischen Hilfskräfte mit diesen Fächerkombinationen ermöglicht auch eine teilweise Kompensation des durch die Mitarbeiterfluktuation verursachten Brain drain und erleichtert die stringente und auf personeller Kontinuität beruhende Verfolgung der übergreifenden Fragestellungen. Daneben wird noch ein zweiter Rekrutierungsweg verfolgt: Es sollen nach Möglichkeit stets einige Mitarbeiter eingestellt werden, die bereits über Industrieerfahrung verfügen. Dies erleichtert sowohl die Kontaktaufnahme zu Partnern aus der Praxis als auch die Integration von Praxisproblemen aus erster Hand in den Institutsbetrieb. Da die Rekrutierung solcher Mitarbeiter derzeit aufgrund des Gehaltsunterschiedes kaum gelingt, werden Studenten, die sich nach dem Studium zunächst für eine Promotion interessierten, dann aber mangels Mitarbeiterstelle nicht genommen werden konnten - und daher schon einige Zeit in der Industrie gearbeitet haben - angeworben, was wiederum die Integration der neuen Mitarbeiter erleichtert und damit Reibungsverluste verringert.

Die im Institut vorhandenen knapp 25 wissenschaftlichen Mitarbeiter sind nur lose und ohne dauerhafte Zuordnung mit den einzelnen schwerpunktmäßigen Themenbereichen verbunden, was mit der sich mit der Zeit wandelnden inhaltlichen Gewichtung der einzelnen Fragestellungen ebenso zusammenhängt, wie mit der Möglichkeit für die einzelnen Themen auf dem 'Fördermarkt' Drittmitt-

tel einwerben zu können, und mit der Notwendigkeit, Mitarbeiter durch ein Finanzierungs-Mix aus etatmäßigen Planstellen und Drittmitteln aus z. T. mehreren Projekten für die Dauer von fünf Jahren bis zum Abschluß der Promotion - oder gegebenenfalls darüber hinaus - zu beschäftigen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die vergleichsweise stringente Verfolgung mehrerer Fragestellungen in diesem Institut durch ein Organisationsmodell ermöglicht wird, bei dem je eine oder zwei Fragestellungen von einem dauerhaft beschäftigten, erfahrenen Ingenieur unter Mithilfe mehrerer - wechselnder - Mitarbeiter verfolgt werden, was zum einen den durch die Mitarbeiterfluktuation begründeten Brain drain teilweise kompensiert und zum anderen die thematische Breite für den einzelnen Protagonisten einer Fragestellung ebenso wie den Betreuungsaufwand bei den Qualifikationsarbeiten reduziert. Dennoch gibt es keine Gruppen oder Abteilungen für die vier Fragestellungen, wodurch einerseits der Leiter für alle Forschungsfragen verantwortlich bleibt, was ein Auseinanderdriften der Themenstellungen verhindert, und wodurch andererseits kurzfristig die vorhandenen personellen und sächlichen Ressourcen je nach situativer Notwendigkeit auf die vier Fragestellungen umverteilt werden können: Das Institut kann flexibel auf die sich wandelnden Umweltbedingungen und Erfordernisse der einzelnen Fragestellungen reagieren. Insgesamt ermöglicht diese organisatorische Lösung auch die vergleichsweise hohe Zahl von mehr als zwanzig wissenschaftlichen Mitarbeitern, die dennoch eine enge fachliche Beratung durch mindestens einen erfahrenen Ingenieur erfahren können. Ein weiteres Anwachsen der Mitarbeiterzahl hält der Leiter aber selbst unter diesen Bedingungen nicht für möglich, ohne daß die Qualität der Forschungsergebnisse leidet, weil der Leiter zunehmend administrative Aufgaben zuungunsten der fachlichen Mitarbeit und Betreuung übernehmen müßte.

A.13 Forschungseinrichtung M

Diese Institution gehört zu den renommiertesten Instituten in der untersuchten bundesdeutschen Teilforschungslandschaft, hinsichtlich der ressourciellen Größe jedoch nur zu den mittelgroßen Einrichtungen in unserem Sample. Diese Stellung ist im wesentlichen mit dem langjährigen Leiter verknüpft, der zum Befragungszeitpunkt jedoch gerade die Amtsgeschäfte aus Altersgründen an seinen Nachfolger übergeben hat. Gleichwohl hat er während der vergangenen zwei Jahrzehnte die Struktur und Organisation der Forschung an diesem Institut nachhaltig geprägt, und er ist nach wie vor mit eigenen Forschungsvorhaben aktiv. Außerdem nimmt er als Gremienvorsitzender eine Fülle von Funktionen in der untersuchten Teilforschungslandschaft wahr. Dies alles hat uns veranlaßt,

ihn zu interviewen, obgleich unter formalen Gesichtspunkten sein Nachfolger unser Gesprächspartner hätte sein müssen.

An dieser Forschungseinrichtung werden neben einigen sporadisch oder einmalig bearbeiteten Themenbereichen traditionell vier übergreifende Forschungsfragestellungen verfolgt, die je unterschiedlichen Entstehungs- und Verlaufsbedingungen unterliegen: Zunächst wird die Ausrüstung von Wälzlagern mit Feststoffschmierung untersucht, was auf die Praxiserfahrungen des befragten Hochschullehrers als Leiter einer Konstruktionsabteilung in der Kraftwerksindustrie zurückgeht. Ziel der Arbeiten auf diesem Gebiet ist die Optimierung der Lebensdauer solcher Lager über die Grenze von fünf Prozent der Lebensdauer von flüssig geschmierten Lagern hinaus - ein Problem, dessen Lösung in der Praxis als aussichtslos angesehen und kaum weiter verfolgt wird, wofür es aber für spezielle Einsatzbereiche ein großes Interesse gibt. Die Arbeiten erstreckten sich über mehrere Mitarbeiter-, Projekt- und Dissertationsgenerationen und begannen mit der Erprobung eines speziellen Belags für die Laufbahnen der Lager. Weitere Forschungen ergaben, daß diese Technik nicht für alle Lagertypen einsetzbar ist, weshalb sich die weiteren Arbeiten auf einen speziellen Lagertyp konzentrierten, bei dem bestimmte physikalische Phänomene (Bohrreibung) im Lager nicht auftreten. Die Beschichtung der Lagerbahnen wurde hinsichtlich der Lebensdauer soweit optimiert, bis weitere Zuwächse nur nach (zu) großem Ressourceneinsatz zu erwarten gewesen wären. Schließlich wurde auch der Käfig selbst in die Feststoffschmierung einbezogen, indem sein bewußt herbeigeführter Verschleiß zur Schmierung des Lagers beiträgt. Insgesamt konnte die Lebensdauer der feststoffgeschmierten Lager auf über 30 Prozent der Lebensdauer der flüssig geschmierten Lager gesteigert werden, bis die Bemühungen mangels weiterer vielversprechender Ansätze eingestellt wurden.

"Es wird immer schwieriger, weil es ist hier so eine Entwicklung, die geht häufig über eine e-Kurve. Sie stehen nachher an einer Sättigungslinie. Sie haben meistens immer einen steilen Anstieg, weil Sie eine richtige Theorie haben. Da haben Sie einen relativ steilen Anstieg, da kriegen Sie einen großen Schritt. Prima. Und jetzt wollen Sie noch weiter verbessern, wenn Ihnen da nicht etwas ganz Neues wieder einfällt, ganz neue Phänomene, dann doktern Sie gewissermaßen immer mehr an Feinheiten herum, in der Hoffnung, da noch etwas zu finden."

Diese Fragestellung verlief ausgehend von einer Reihe innovativer Sprünge mit jeweils anschließender Ausarbeitung über die konstruktive Optimierung der Lebensdauer und der Generalisierung des erarbeiteten Konzepte für verschiedene verwandte Lagertypen bis hin zu der Grenze des für die weitere Verlängerung der Lebensdauer vertretbaren Aufwandes. Die Arbeiten an dieser Fragestellung wiesen einen mit zunehmender Dauer abnehmenden Innovationsgrad auf und

mündeten in einer auf die Sicherung der Erträge des Konzepts bei dessen Einsatz in der betrieblichen Verwendungspraxis ausgerichteten Patentierung. Die abnehmende Rate der Innovativität der Forschungsergebnisse - und die Zunahme der Verwendungsorientierung - führt dazu, daß die Arbeit an Forschungsfragen abgebrochen wird, weil keine nennenswerten Erfolge bei der Optimierung der Lebensdauer mehr zu erwarten sind, bzw. nur mit geringer Energie weitergeführt wird, bis zu einem neuen innovativen Sprung. Die Ausarbeitung des patentierten Konzepts im Rahmen von Entwicklungsprojekten - dies sind die nun anstehenden Aufgaben, um die Erkenntnisse in die Praxis zu überführen - sieht der Leiter nicht als gangbaren Weg für ein universitäres Forschungsinstitut. Forschung an der Hochschule ist in seinen Augen Grundlagenforschung.

"Beispielsweise bei diesen Wälzlagern haben wir dann im Sonderforschungsbereich bei der DFG keine Anträge mehr gestellt und gesagt, das was jetzt noch kommt, ist Entwicklung, aber keine Grundlagenforschung mehr. Wir hören auf, bis uns etwas besseres einfällt. Jetzt ist Schluß, wird nichts mehr daran gemacht."

Insgesamt wird man von einer auf innovativen Sprüngen beruhenden und an übergreifenden Fragestellungen ausgerichteten Arbeitsweise sprechen können, die sich in der Analyse des Untersuchungsgegenstandes zwar auf wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse stützt, aber nicht auf eine Systematisierung des Wissensbestandes ausgerichtet ist. Es sollte keine umfassende Theorie der feststoffgeschmierten Lager erarbeitet werden, sondern einzelne theoretische Überlegungen dienen der Optimierung eines Verwendungskriteriums an einzelnen Artefakten: der Lebensdauer der Lager.

Daneben ist der Leiter dieser Forschungseinrichtung seit Ende der sechziger Jahre ein wesentlicher Protagonist der Konstruktionsmethodik. Mit dem Leiter einer weiteren untersuchten Forschungseinrichtung hat er das Thema nach der Diskussion um den Engpaß Konstruktion im Hochschulbereich erstmals aufgegriffen. Erst später wurde das Thema auch von anderen Hochschullehrern hinsichtlich einiger Spezialfragen ergänzend bearbeitet. Nachdem die Konstruktionsmethodik als Systematisierung des Konstruktionsprozesses weitgehend auf der Grundlage der Erfahrungen der Hochschulingenieure ausgearbeitet war und auf einige weitere Gegenstandsbereiche erweitert wurde (z.B. als Entwurfsmethodik für Software), wird seit Mitte der achtziger Jahre an einer empirischen Fundierung, Überprüfung und Modifikation der Konstruktionsmethodik gearbeitet, weil die erhofften Erfolge ihrer Einführung in der Praxis hinsichtlich der Rationalisierung der Konstruktionsphase und der systematischen Funktionsoptimierung der konstruierten Artefakte nur zum Teil eingetreten sind. Insgesamt sind die Arbeiten zur Konstruktionsmethodik auf die Verbesserung des Konstruktionsprozesses bzw. letztlich auf die Verbesserung der Qualität der in der

betrieblichen Praxis konstruierten technischen Artefakte ausgerichtet, wobei zunächst aus theoretischer Sicht Systematisierungsversuche und in den vergangenen Jahren auch empirische Untersuchungen zum Konstruktionsprozeß und den Determinanten des 'richtigen' Konstruierens durchgeführt wurden. Ziel dieser Bemühungen ist die Optimierung der Gestaltung technischer Systeme, was zwar nicht auf ein deduktives Schema zur Ermittlung der jeweils optimalen Konstruktion hinausläuft aber durchaus das Streben der Ingenieure widerspiegelt, die aus der physikalischen Analyse (mit nachfolgender Funktionsoptimierung) bekannte Suche nach dem 'one-best-way' auch auf die Synthese von Maschinensystemen, bei der es ja durchaus funktionsäquivalente Konstruktionsalternativen geben kann, zu übertragen. Letztlich enthält dies auch Ansätze zur Reflexion des eigenen ingenieurwissenschaftlichen Forschungshandelns. Diese Thematik ist ausgehend von Impulsen aus der Praxis in den wissenschaftlichen Diskurs überführt worden. Es ist eine Fragestellung, die ursprünglich auf eine grundlegende Reform des Konstruktionshandelns in der Praxis angelegt war, dort aber bisher - wie die Versuche zur Neuentwicklung belegen - kaum in die Konstruktionsabteilungen der Wirtschaftsunternehmen Eingang gefunden hat.

In engem Zusammenhang mit der Ausarbeitung der Konstruktionsmethodik und auf der Grundlage der Ergebnisse aus diesem Bereich arbeiten einige Mitarbeiter des Instituts an der Erstellung von entsprechenden CAD-Systemen und Unterstützungsprogrammen, die den Konstrukteur in der Konstruktionsphase unterstützen und zudem die Konstruktionsphase in den CIM-Prozeß integrieren sollen. Es scheint sich dabei aber neben der Verbreitung in Lehrbüchern und in der Lehre um einen weiteren Versuch zu handeln, der Konstruktionsmethodik zum Durchbruch zu verhelfen, indem ihre Prinzipien in Programme integriert werden, die mit der in der Praxis gewollten CIM-Integration auch die Konstruktionsmethodik verbreiten. Schließlich werden an dieser Forschungseinrichtung kontinuierlich Arbeiten - ressourciell abgesichert durch einen Sonderforschungsbereich - zur Analyse eines speziellen Phänomens an Zahnkupplungen durchgeführt. Diese Fragestellung hat der befragte Leiter ebenfalls aus seiner früheren Praxiserfahrung eingespeist: Es konnten Phänomene an Zahnkopplungen beobachtet werden, die auf der Grundlage der bis dahin vorhandenen physikalischen Kenntnisse zu diesen Artefakten nicht zu erklären waren. Dabei werden vorwiegend Grundlagenuntersuchungen durchgeführt, um die wirksamen physikalischen Gesetze und deren Interaktion am Artefakt festzustellen.

"D. h. ein gewisser Antrieb, an eine Hochschule zu kommen, ist auch das, was man in der Industrie an guten und schlechten Erfahrungen erlebt hat oder auch an ungeklärten Dingen hat stehen lassen, um zu sagen, darum will ich mich mal stärker kümmern."

Neben diesen vier übergreifenden Fragestellungen werden kleinere Themenbereiche sporadisch oder nur einmalig bearbeitet, die sich zum einen aus der Systematisierung des Lehrstoffes und seinem Vortrag in der Vorlesung und zum anderen aus der Diskussion offener Forschungsfragen mit Partnern aus der Industrie ergeben. Ersteres zielt auf eine weitere Systematisierung des Bestandes des wissenschaftlichen Wissens - und damit auf Erkenntniszuwachs - ab, letzteres auf das Finden von Problemlösungen für die betriebliche Praxis, wobei die ressourcielle und apparative Ausstattung des Instituts in beiden Fällen als Randbedingungen für die Auswahl von Themen und die Akquirierung von Forschungsprojekten dienen.

"Eine weitere Motivation für Forschungsthemen ist, daß Sie, wenn Sie dann eine Lehre aufbauen, Ergebnisse und sie an Ihren eigenen Auffassungen oder Ergebnissen, Erlebnissen oder Erfahrungen spiegeln, daß Sie dann wieder Lücken entdecken, daß Sie sagen, das kann doch nicht ganz stimmen, das ist doch ungenügend."

"Und ein weiterer Anstoß ist der, der dann während einer Hochschullehrertätigkeit auf einen zukommt, ist natürlich, daß Sie, sei es bei der Anfertigung von Dissertationen, sei es im Zusammenhang mit Diskussionen mit der Industrie oder dergleichen, wiederum Lücken erkennen. Oder im Gespräch mit einem Kollegen erkennen, daß man sagt, das wäre doch für uns geeignet, aufgrund der gegebenen Verhältnisse, der Infrastruktur, sind wir doch eigentlich ganz gut dafür geeignet, so etwas durchzuführen."

Diese einmalig oder sporadisch verfolgten Forschungsfragen werden zwar nicht durchweg in Form direkter Industrieaufträge bearbeitet, jedoch ist der Anteil unter ihnen höher, als unter den im Rahmen von vergleichsweise stringent verfolgten Forschungslinien bearbeiteten Projekten. Dies dient der Aufbesserung der Finanzlage des Instituts und sichert gleichzeitig den stetigen Zufluß neuer Fragestellungen aus der Praxis, was wichtig ist, um die jeweils aktuellen Probleme der Praxis aufgreifen und selektiv in längerfristig verfolgte Projektkaskaden überführen zu können. Letztlich sichert dies den Bestand der übergreifenden Fragestellungen und der untersuchten Forschungseinrichtung insgesamt.

Das Institut verfügte während der letzten Phase der Amtszeit des befragten Hochschullehrers über zwölf wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen zwei als wissenschaftliche Direktoren dauerhaft auf Planstellen beschäftigt sind. Weitere acht wissenschaftliche Mitarbeiter sind ebenfalls etatmäßig auf Qualifikationsstellen für die Dauer von durchschnittlich etwa fünf Jahren am Institut befristet beschäftigt. Daneben wurden in der Regel weitere zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in gleichem Umfang aus Mitteln Dritter finanziert. Mit diesem Verhältnis von etatmäßigen zu drittmittelfinanzierten Mitarbeitern steht das Institut hin-

sichtlich der Unabhängigkeit bei der Wahl der Forschungsthemen sicherlich an der Spitze im untersuchten Sample; wengleich natürlich auch die planmäßigen Mitarbeiter Sachmittel für die Forschungsarbeit im Rahmen von Projekten erwerben müssen, was die Freiheit bei der Themenwahl wieder einschränkt. Zwar führt ein hoher Anteil etatmäßiger Mitarbeiter nicht automatisch zur Verfolgung einer oder einiger Forschungslinien, aber zusammen mit den beiden dauerhaft beschäftigten Oberingenieuren, ist dies eine gute Voraussetzung, weil thematische Diversifikation vermieden, Industrieaufträge sehr selektiv wahrgenommen und zudem die personell abgesicherte fachliche Kontinuität gewahrt werden können.

Der Leiter des Instituts wird in der Lehre von zwei erfahrenen, promovierten Ingenieuren unterstützt, die als akademische Direktoren an der Forschungseinrichtung beschäftigt sind. Der eine widmet sich stärker der Organisation z. T. auch der Durchführung der Lehrveranstaltungen und den Prüfungen im Grundstudium, der zweite nimmt die gleichen Aufgaben im Hauptstudium wahr, wodurch auch die übrigen Mitarbeiter von Lehraufgaben weniger stark belastet sind als ihre Kollegen in anderen untersuchten Forschungseinrichtungen. Eigene Forschungsarbeiten treiben diese promovierten, dauerhaften Mitarbeiter neben der Lehre und der gelegentlichen Abfassung von Gutachten kaum voran, wengleich sie als erfahrene Ingenieure und Berater für die jungen Mitarbeiter zur Verfügung stehen und damit den Leiter in der fachlichen Betreuung entlasten. Gleichwohl sind sie gegenüber den Mitarbeitern nicht weisungsbefugt, denn wegen der vergleichsweise geringen Mitarbeiterzahl ist im Institut keine formelle Zwischenebene installiert, obwohl mit den beiden akademischen Direktoren zwei (formal) geeignete Mitarbeiter zur Verfügung stünden. Dies belegt die nach fachlichen Gesichtspunkten organisierte Kooperation des Leiters mit seinen Mitarbeitern und dokumentiert die Schlüsselfunktion des Leiters für die Ausrichtung der Forschung.

Hinsichtlich der personellen Größe liegt dieses Forschungsinstitut im Mittelfeld der von uns untersuchten Einrichtungen. Mit der Zahl der Mitarbeiter hat der befragte Leiter nach eigenen Angaben die Obergrenze jedoch schon erreicht. Wichtigster Grund für die Beschränkung des personellen Wachstums ist das Selbstverständnis des Leiters als Forscher, der zwar nicht alle Projekte selbst durchführen kann, aber zumindest alle Forschungsvorhaben im Detail überblicken und mit voranbringen möchte. Ein Forschungsmanager möchte dieser Hochschullehrer nicht sein, was wiederum eine hinreichende Bedingung für die Verfolgung übergreifender Fragestellungen ist.

"D. h., Sie können davon ausgehen, daß ich irgend etwas zwischen zehn und zwölf Mitarbeitern hatte. Und mehr wollte ich nicht. Im Gegensatz zu vielen anderen Kollegen. Mehr wollte ich nicht, weil ich den Ehrgeiz habe, noch in

der Forschung soweit mitzuwirken, daß ich auch noch im Detail Bescheid weiß."

Die an dieser Forschungseinrichtung durchgeführten Projekte werden vom Leiter als einem der wenigen erfahrenen Ingenieure an diesem Institut unter Mithilfe jeweils eines Mitarbeiters konzipiert und beantragt, wobei der Leiter meist die Fragestellung und einige Lösungsalternativen vorgibt und der Mitarbeiter mit der Ausarbeitung eines Lösungsweges beschäftigt ist. Diese Projekte werden dann in der Regel von demselben Mitarbeiter auch durchgeführt. Da an diesem Institut kaum Mitarbeiter aus Drittmitteln finanziert werden, sondern überwiegend auf Planstellen beschäftigt sind, haben die geringe Bewilligungsrate von Projektanträgen und die Dauer bis zur Bewilligung durch einen Drittmittelgeber keine personelle Diskontinuität zu Folge: Die bei der Ausarbeitung des Antrags erworbene, themenspezifische Kompetenz kann der Mitarbeiter in die dann folgende Bearbeitung des Forschungsvorhabens mit einbringen. Zudem müssen die Mitarbeiter vergleichsweise wenige direkte Industriaufträge bearbeiten, was ihnen Luft für die Arbeit an Projekten läßt, deren Fragestellungen zwar auch auf die betriebliche Verwendungspraxis ausgerichtet sind, aber doch schwerpunktmäßig aus dem aktuellen Stand der Forschung an einer übergreifenden Fragestellung im Institut abgeleitet werden. Alle drei Faktoren zusammen - das starke Engagement des Leiters bei der Auswahl der Fragestellung und möglicher Lösungswege, die geringe Gefahr des Brain drain zwischen der Beantragung und der Bearbeitung von Forschungsprojekten und der geringe Anteil direkter Industriaufträge - tragen zu einer vergleichsweise starken Fokussierung der Fragestellung und einer geringen thematischen Breite der Projektthemen bei, was durch eine spezifische Personalsituation gewährleistet wird.

Daß die einzelnen Fragestellungen meist nur von einem oder zwei Mitarbeitern vorangetrieben werden, hängt aber nicht nur mit der Koppelung der Projekte an die Dissertationsvorhaben zusammen, sondern auch mit der im Verhältnis zu der Zahl der verfolgten Forschungsfragestellungen geringen Mitarbeiterzahl: zwei Mitarbeiter beschäftigen sich mit Fragen der Konstruktionsmethodik, einer mit den feststoffgeschmierten Wälzlagern und zwei weitere mit den Zahnkupplungen. Jeweils drei bis vier wissenschaftliche Mitarbeiter haben sich mit der Ausarbeitung von CAD-Systemen beschäftigt. Dieses Verhältnis scheint notwendig, weil sich die bereitzustellende Infrastruktur nur für eine größere Gruppe lohnt und umgekehrt auch nur eine größere Gruppe durch Forschungsanträge und direkte Industriaufträge die notwendigen Mittel einwerben kann, die für Beschaffung, Wartung und Ersatz der aufwendigen Gerätschaften notwendig sind. Andererseits müssen an dieser Forschungseinrichtung jeweils mehr als ein oder zwei Fragestellungen verfolgt werden, damit das Institut nicht seine führende Stellung in der Forschungs- und Förderungslandschaft einbüßt. Dies

kann als Hinweis auf einen relativ schmalen Innovationspfad verstanden werden, der aber von jeweils mehrere Jahre an Projekten arbeitenden Mitarbeitern vorangetrieben wird, was wiederum der stringenten Bearbeitung einiger als wesentlich ausgewählter Fragestellungen dient, denn nur so ist langfristig ein hoher Kenntnisstand zu halten, so daß die Verfolgung einer oder mehrerer Forschungslinien zur Voraussetzung für eine Spitzenposition in der Forschungslandschaft wird. Festzustellen bleibt schließlich, daß die Forschung an dieser Einrichtung zwar an konkreten Artefakten als Forschungsgegenstand festgemacht ist, insgesamt aber auf die grundlagenwissenschaftliche Durchdringung und theoretische Erklärung von Phänomenen, und nicht nur auf die Bereitstellung von Optimierungsfunktionen ausgerichtet ist.

A.14 Forschungseinrichtung N

An dieser Forschungseinrichtung sind neben dem befragten Leiter zwei weitere Hochschullehrer beschäftigt, die die Leitung in kollegialer Geschäftsführung ausüben. Als Untersuchungseinheit in unserem Sinne beschränken wir uns jedoch auf den Teil des Instituts, der vom derzeitigen Leiter mit seinen Mitarbeitern getragen wird. Das bereits mehrfach angesprochene Problem der nicht vollständigen Deckungsgleichheit von Institut, der untersuchten Teilforschungseinrichtung und der verfolgten Forschungsfragestellungen, tritt auch hier zu Tage. Das Institut insgesamt verfügt neben den drei Hochschullehrern über 17 wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen sieben dem befragten Leiter zugeordnet sind. Diese sind ausschließlich auf befristeten Übergangsstellen angestellt. Eine vorhandene Oberingenieurstelle, die auch dauerhaft besetzt werden könnte, wird ebenfalls an einen wissenschaftlichen Mitarbeiter vergeben, denn die besonders qualifizierten Mitarbeiter, an deren längerfristiger Anstellung der Leiter interessiert wäre, haben in der Regel bessere Angebote aus der Industrie, und diejenigen, die an der Wahrnehmung längerfristiger Aufgaben im Institut nach den Bedingungen einer zweiten Qualifikationsphase interessiert sind, kommen aus Sicht des befragten Leiters wegen mangelnder Qualifikation oder Motivation nicht in Frage. Auf diese Weise verschließt sich der Leiter die Möglichkeit, zu einem Spezialthema dauerhaft einen kompetenten Ingenieur am Institut zu beschäftigen.

Der Leiter steht zwar noch nicht unmittelbar vor seiner Ablösung durch einen Nachfolger, gleichwohl wird dieser Wechsel in der Forschungsplanung bereits berücksichtigt. Neue Drittmittelprojekte werden nicht beantragt und für die zwei vorhandenen längerfristig aus öffentlichen Drittmitteln beschäftigten Mitarbeiter wird nach deren Promotion kein Verlängerungsantrag gestellt. Mit Blick auf seine Emeritierung versucht der Leiter seinem Nachfolger möglichst ein Institut

zu übergeben, das aus dessen Sicht möglichst wenig Altlasten enthält, also insbesondere keine nicht abgeschlossenen Drittmittelprojekte, an denen der bisherige Leiter dann weiterarbeiten würde und müßte.

Von den sieben Mitarbeitern des befragten Leiters sind fünf auf Planstellen der Hochschule angestellt und weitere zwei in gleichem Umfang aus Drittmitteln finanziert. Daneben kann der Leiter jedoch auf eine gemeinsame mit den anderen im Institut tätigen Hochschullehrern genutzte und finanzierte Infrastruktur (Werkstatt, Zeichenbüro und Meßtechnikabteilung) zurückgreifen, die also nicht allein mit seiner vergleichsweise kleinen Mannschaft eingeworben und auf dem neuesten Stand gehalten werden muß. Hier zeigen sich organisatorische Vorteile der aus drei kleinen Zellen mit jeweils einem Hochschullehrer und einem halben Dutzend Mitarbeitern bestehenden Institutsstruktur. Sowohl gegenüber kleineren Instituten, die die Ausstattung vollständig selbst aufbringen müssen, als auch gegenüber Forschungseinrichtungen gleicher personeller Stärke aber mit nur einem Hochschullehrer und 15 bis 20 Mitarbeitern, bei denen die Forschung nicht in kleinen Gruppen unter der Leitung eines dauerhaft beschäftigten Hochschullehrers, sondern unter Leitung eines vorwiegend mit Dienstleistungsaufgaben in der Verwaltung oder der Lehre betrauten Oberingenieurs organisiert ist, ist diese Institutsorganisation im Vorteil. In diesem Institut finden sich zumindest die Voraussetzungen dafür, daß die Forschung kooperativer und stärker kollektiv integriert ist.

Die derzeitige personelle Größe wird vom Leiter als für die zu lösenden Fragen nicht optimal angesehen. Darüberhinaus könnte das Institut bis zu einer Größe bei der die aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter die Hälfte der Gesamtmannschaft ausmachen, sinnvoll ausgebaut werden. Eine Größe, die die Forschungseinrichtung bereits in der Vergangenheit einmal hatte, weshalb der Aussage des Leiters besondere Bedeutung zukommt. Bei der derzeitigen personellen Stärke ist nicht gewährleistet, daß an der Forschungseinrichtung mehrere schwerpunktmäßige Fragestellungen verfolgt werden können. Dies ist notwendig, um stets zumindest eine aktuelle, besonders geförderte Forschungslinie und weitere im Aufbau befindliche vorantreiben zu können, und gleichzeitig jeweils eine Gruppe von drei oder vier Mitarbeitern an verwandten Themen arbeiten lassen zu können. Letzteres ist wiederum notwendig, um eine gewisse kritische personelle Stärke gegen die Effekte der Fluktuation (Brain drain) setzen zu können. Bei einem weiteren Anwachsen der Mitarbeiterzahl durch Einwerbung weiterer Drittmittelprojekte und einem Anwachsen des Anteils der aus Drittmitteln finanzierten Mitarbeiter auf über 50 Prozent nimmt die thematische Homogenität der durchgeführten Projekte und damit die Effizienz der Forschung ab. Bei einer zu geringen Zahl von Mitarbeitern - wie auch derzeit - ist die Belastung durch Dienstleistungen und Lehre für den einzelnen zu groß, um noch

ausreichend Zeit für die Forschung und die eigene wissenschaftliche Qualifikation zu haben.

Die hier untersuchte Forschungseinrichtung ist in einen Forschungsverbund zur Untersuchung keramischer Werkstoffe eingebunden. Zunächst sind zwei Mitarbeiter des Instituts in einem hochschulweiten, interdisziplinären Institut beschäftigt, das sich der Frage widmet, inwieweit keramische Bauteile im Maschinenbau verwendet werden können. Dieses Institut wiederum ist an einem überregionalen Keramikverbund beteiligt, in dem auch Forschungseinrichtungen an anderen Hochschulen und aus anderen Disziplinen beteiligt sind. Somit ist eine zweistufige Einbettung in einen Forschungsverbund festzustellen, innerhalb dessen es abgestimmte Formen der Kooperation und Arbeitsteilung gibt. Während sich die beiden dem befragten Hochschullehrer zugeordneten Mitarbeiter mit der speziellen, verwendungsnahen Frage der Nutzbarkeit von keramischen Werkstoffen in der Lagertechnik beschäftigen - und dabei zweigleisig vorgehen, indem zum einen vollkeramische Bauteile und zum anderen beschichtete Bauteile verwendet werden - sind die übrigen Beteiligten hauptsächlich mit Grundlagensfragen beschäftigt. Neuere Entwicklungen etwa in der Werkstofftechnik oder bei den Bearbeitungsmöglichkeiten der Keramik, die von anderen Beteiligten des Forschungsverbundes erarbeitet wurden, werden bei der verwendungsnahen Perzeption der Ergebnisse für die Lagerung berücksichtigt.

"Wir untersuchen die keramischen Bauteile auch im Hinblick auf den Einsatz für Lager oder für Nockel-Stößel-Paarungen. Also wir bleiben auf unserem Arbeitsgebiet, wir wollen jetzt nur andere Werkstoffe mit in die Betrachtung einbeziehen."

Für die Wissenschaftler des untersuchten Instituts bringt diese Konstellation den Vorteil mit sich, daß die untersuchten Bauteile hinsichtlich ihrer grundlegenden Eigenschaften aus den sonst an der untersuchten Forschungseinrichtung durchgeführten Projekten bereits ansatzweise bekannt sind, so daß den Vor- oder Nachteilen des neuen Werkstoffes die ganze Aufmerksamkeit geschenkt werden kann. Ziel der Untersuchungen ist eine Funktionsoptimierung der Lager (Lebensdauer, Verschleiß, extreme Einsatzbedingungen), wobei en passant Regeln zum keramikgerechten Konstruieren abgeleitet werden sollen. Gleichwohl ist die Forschung sowohl innerhalb des eigenen Instituts eingebunden - als untersuchtes Artefakt werden die Lager herangezogen, für die bereits eine Fülle von Informationen bekannt und auch die Versuchs- und Prüfmethode sowie -stände bereits vorhanden sind - als auch mit außerhalb der eigenen Institution arbeitenden Partnern vernetzt.

Zudem beschäftigen sich die Mitarbeiter des Instituts mit der Elastohydrodynamik als speziellem Problem der Schmierung von Lagern, wobei es um die Analyse der physikalischen Grundlagen der Schmierung unter Berücksichtigung

der thermischen und mechanischen Verformungen der Bauteile sowie der wirkenden physikalischen Kräfte geht. Waren bisher die Hauptdeterminanten der Lagerschmierung Untersuchungsgegenstand, werden nun - da diese bekannt und erforscht sind - die bisher zu vernachlässigenden Nebeneffekte untersucht: Die thermische Deformation der Körper. Dadurch soll das bisher schon erarbeitete theoretische Modell der Lagerschmierung weiter verfeinert und in der Voraussagegenauigkeit weiter der Realität angepaßt werden.

Die Fragestellung der Lagerschmierung wurde bereits unter dem Vorgänger des derzeitigen Leiters bearbeitet und durch den befragten Hochschullehrer auf die Elastohydrodynamik zugeschnitten, was vielfältige Gründe hat: Die Anforderungen der Verwendungspraxis an die Belastbarkeit der Lager sind gestiegen - verbunden mit dem Wunsch, die Lager unter immer extremen Bedingungen einzusetzen und mit immer größeren Kräften zu belasten, wodurch der bisher zu vernachlässigende Aspekt der Verformung der Bauteile unter der Krafteinwirkung, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der thermischen Zustände, für die Sicherung der Schmierung und zur Vermeidung von Lagerschäden (Garantie) relevant wurde. Die Relevanz der Fragestellung resultiert aus den Bedürfnissen der Verwendungspraxis, konnte aber nur aufgegriffen werden, weil mit den neuesten Computergenerationen die notwendige aufwendige Infrastruktur zur Verfügung steht. Aus der Sicht des Instituts ist die Fragestellung zudem anschlussfähig an die bisher schon durchgeführten Vorhaben zur Ermittlung und Analyse der thermischen Randbedingungen für die Ausbildung eines tragfähigen Schmierfilms. Um dieses Phänomen hinreichend genau experimentell fassen zu können, haben die Mitarbeiter des Instituts eine spezifische Meßtechnik entwickelt, die es erlaubt, den Zustand des Lagers hinsichtlich der relevanten Parameter in Echtzeit zu erfassen. Auf dieser Meßtechnik beruht ein Großteil des in der Forschungslandschaft wahrgenommenen Problemlösungspotentials der untersuchten Forschungseinrichtung, und sie war zudem Voraussetzung, um die Fragestellung der Elastohydrodynamik überhaupt angehen zu können.

"Also Konkurrenten oder Leute, die auf ähnlichem Fachgebiet arbeiten finden Sie in [HOCHSCHULORT] Prof. [NAME], in [HOCHSCHULORT] Prof. [NAME], das sind eigentlich die Hauptmitstreiter, will ich mal sagen. Wo wir, meine ich, doch vielleicht eine Spitzenstellung einnehmen, ist auf dem Gebiet der Meßtechnik."

Durch die an dieser Forschungseinrichtung etablierte Meßtechnik weist das Institut, ähnlich den institutionalisierten Querschnittkompetenzen anderer Institute, eine nicht unerhebliche Transferkompetenz auf, weil die Technik auf vergleichbare Phänomene bei anderen Bauteilen übertragen werden und dabei in ihrer Anwendbarkeit verallgemeinert und hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse verfeinert werden konnte. Zudem erschließt sich das Institut auf diese Weise

neue Möglichkeiten, neben der traditionell verfolgten Lager-Fragestellung weitere Forschungsprojekte einzuwerben, ohne den sonst anzutreffenden Folgen einer übermäßigen thematischen Diversifikation der Projektthemen zu unterliegen, was letztlich zu kürzeren, nur auf eine oder zwei Projektgenerationen angelegten, diskontinuierlich verfolgten, thematisch wenig verbundenen Projektkaskaden führt. Diese zeitigen gegenüber langfristig verfolgten, übergreifenden Forschungsfragestellungen schon deshalb ineffizientere Forschung, weil mit ihnen zum einen ein durch die ständige personelle Fluktuation verursachter sachlicher Brain drain einhergeht, so daß bei der Vorbereitung eines neuen Projektes weit weniger Vorkenntnisse vorhanden sind, also größerer Aufwand betrieben werden muß. Zum anderen sind bei relativ kurzen Projektkaskaden kaum innovative Sprünge zu erwarten, und selbst wenn sie eintreten sollten, ist ihre Ausarbeitung und Nutzbarmachung für den Maschinenbau und die Verwendungspraxis ungewiß, was wiederum ein Hinweis auf ineffiziente Doppelforschung wäre. Die Meßtechnik als Querschnittkompetenz erlaubt es zudem, sich auf stark verwendungsbezogene Fragestellungen in z. T. enger Kooperation mit der Praxis einzulassen und gleichwohl eine eigene übergreifende Fragestellung zu verfolgen. Die doppelte Relevanzstruktur der Forschungsvorhaben wird durch den experimentellen Charakter der Projekte und die dafür notwendige komplizierte Meßtechnik gewahrt.

Der relativ enge Zuschnitt der Projektthemen auf die eine - zwar verästelte - übergreifende Fragestellung hat jedoch für den langfristigen Bestand des Instituts Folgen, deren Auswirkungen derzeit beobachtet werden können. Bis vor wenigen Jahren verfügte die untersuchte Forschungseinrichtung über weit mehr aus Drittmitteln finanzierte Mitarbeiter als derzeit. Die Zahl dieser Mitarbeiter mußte in den letzten Jahren reduziert werden, weil nicht mehr ohne weiteres Projekte zu diesem Thema von den Drittmittelgebern finanziert und für das Institut eingeworben werden konnten. Dies führt zum Abbau der Kapazität auf diesem Gebiet. Neben der Frage der Lagerschmierung und der durch die Querschnittkompetenz der Meßtechnik erschlossenen Themenfelder war kein Themenbereich so weit entwickelt, daß in diesem verstärkt Forschungsvorhaben akquiriert werden konnten. Erst zu spät wurde die Thematik der keramischen Werkstoffe aufgegriffen, von denen sich der Leiter für die Zukunft Chancen auf die Einwerbung von Drittmitteln erhofft.

Statt den vorhandenen Grad der ressourciellen Konzentration zu wahren und das vorhandene Know-how durch eine auf andere Themenfelder gerichtete Akquirierungsstrategie neu zu gewichten und auszurichten, mußte das Institut eine weitgehende Schrumpfung bis nahe an die Zahl der durch den Haushalt abgesicherten Mitarbeiter verkraften. Es mußte nun verstärkte Anstrengungen unternehmen, um in der Zukunft personelles Wachstum und eine damit einhergehende Anreicherung von Know-how zu realisieren, was zwar derzeit thematisch

selektiver geschehen kann, weil keine Drittmittelmitarbeiter durch thematisch nicht hundertprozentig passende Vorhaben abgesichert werden müssen, aber angesichts insgesamt sinkender Umwandlungsraten bei Projektanträgen und der durch die geringere Mitarbeiterzahl verursachten höheren Belastung mit Lehr- und Dienstleistungsaufgaben für jeden einzelnen Mitarbeiter ist dieses Vorgehen aufwendiger und mit einer größeren Ungewißheit hinsichtlich der thematischen Entwicklung behaftet, als eine Umorientierung bei gleichzeitiger Wahrung des Ressourcenstandes. Dies relativiert die Aussagen des befragten Leiters, wonach er nicht an weiteren Drittmittelprojekten interessiert sei, um dem zukünftigen Leiter keine unerledigten Projekte zu hinterlassen. In solchen Situationen sind bei aller Effizienz der stringenten Verfolgung einer Fragestellung solche Institute im Vorteil, die mehr als nur eine übergreifende Forschungsfragestellung verfolgen, was diesem Institut möglicherweise wegen der Ausbildung einer - aufgrund ihrer institutionellen Absicherung und Verflechtung mit den anderen Abteilungen des Instituts - trägen Meßtechnikabteilung nicht gelungen ist.

A.15 Forschungseinrichtung O

Diese Forschungseinrichtung gehört sowohl zu den größten Instituten in unserem Sample als auch zu den großen Einrichtungen in der hier untersuchten bundesdeutschen Teilforschungslandschaft. Sie besteht aus einem Hochschulinstitut, das an einer süddeutschen Universität angesiedelt ist, und einem außeruniversitären Institut, das unter dem Namen einer Trägerorganisation firmiert. Sachlich und organisatorisch sind die beiden Teile, die in Personalunion geführt werden, jedoch so eng miteinander verwoben, daß - dem befragten Leiter folgend - von einer Forschungseinrichtung gesprochen werden kann. Der befragte Hochschul-lehrer hat seine Position als Leiter des Instituts nach sechs Jahren Industrietätigkeit Anfang der siebziger Jahre von einem Vorgänger übernommen, wobei er nach seiner Amtsübernahme wesentlich zum Ausbau der damals kleineren und noch nicht als einheitliches Institut organisierten Forschungseinrichtung beigetragen hat.

Am Institut werden seit der Gründung mit unterschiedlichen Gewichten vier verschiedene Fragestellungen bearbeitet. Die beiden wichtigsten und heute ressourciell größten Schwerpunkte hat der Leiter von seinem Vorgänger übernommen, der zu seiner Zeit mit diesen Themen als Außenseiter galt. Dies betrifft zunächst die Automatisierung des Materialflusses und der Werkzeughandhabung, was sich heute vor allem in Arbeiten über Industrieroboter und über die flexible Automatisierung mit Industrieroboterhandhabungsgeräten niederschlägt. Anfang der siebziger Jahre hatte das Institut in Deutschland auf diesem Gebiet eine Vorreiterrolle inne, die wesentlich zum Ausbau der Forschungseinrichtung

beigetragen hat und die es bis heute halten konnte. Ebenfalls seit den sechziger Jahren werden am Institut Forschungsprojekte zur Fertigungssteuerung und Betriebsdatenerfassung durchgeführt. Aus heutiger Betrachtung erweist sich die Wahl dieses Themas als weitsichtig. In der Folge der weiteren ressourciellen wie thematischen Ausweitung kamen in jüngster Zeit die Qualitätssicherung und die Oberflächentechnik als weitere Schwerpunkte hinzu, die jedoch mehr den Charakter von Querschnittstechniken haben und nach der Bearbeitung einer Vielzahl von Projekten zu diesen Themen ihren institutionellen Niederschlag in der Ausbildung eigener Abteilungen gefunden haben.

Das Institut verfügt derzeit über 270 wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen gut 200 aus Drittmitteln finanziert oder auf Planstellen beschäftigt werden, die die Trägerorganisation verwaltet. Mehr als 60 wissenschaftliche Mitarbeiter sind auf Planstellen der Hochschule beschäftigt oder im gleichem Umfang aus Drittmitteln finanziert, die über die Hochschule verwaltet werden. Hinzu kommen weitere 30 Wissenschaftler, die über Werkverträge Projekte für das Institut bearbeiten, sowie mehr als 400 studentische Hilfskräfte. Im Jahr werden von den Mitarbeitern etwa 400 Projekte mit einem finanziellen Umfang von 20000 DM bis über eine Million DM bearbeitet, wobei die Mitarbeiter bei der Einwerbung von Industrieaufträgen durch einen Förderverein ehemaliger und nun in der Wirtschaft beschäftigter Mitarbeiter unterstützt werden, zu denen das Institut durch gemeinsame fachliche und gesellige Zusammenkünfte den Kontakt hält. Hier findet sich der aus früheren Untersuchungen bekannte Befund bestätigt, daß Verwendungskontakte der ingenieurwissenschaftlichen Forschung an Hochschulen vorwiegend über Netzwerke informeller Kontakte hergestellt werden, die im Rahmen von früheren Projekten oder durch die in die Praxis gewechselten ehemaligen Mitarbeiter des Instituts geknüpft werden.

Der Gesamthaushalt der Forschungseinrichtung beträgt pro Jahr fast 50 Millionen DM, wovon sie etwa ein Viertel als Zuschüsse für Projekte und Investitionen erhält. Die verbleibende Summe setzt sich mit steigender Tendenz zu vier Siebteln aus reinen Industrieaufträgen und zu drei Siebteln aus öffentlichen Projektfördergeldern - zumeist im Verbund mit Partnern aus dem Verwendungsbereich - zusammen. Das Institut legt großen Wert auf Industrieaufträge. Der Leiter sieht sie nicht nur als mehr oder weniger notwendiges Übel zur Aufbesserung des Etats an, sondern erachtet ihre Zahl auch als Hinweis auf die Effizienz der am Institut geleisteten Arbeit. Die Qualität der Forschungsarbeit wird hier an der Erfüllung einer Transferfunktion zwischen technikwissenschaftlicher Grundlagenforschung an Hochschulen und den Verwendungsinteressen gemessen, wobei die Steuerung allein durch die Nachfrage aus der Praxis gewährleistet wird. Eigene Initiativen, die in die Praxis getragen werden, dort auf Interesse stoßen und dann als Forschungsauftrag an das Institut zurückfallen, oder gar eigene Forschungslinien, die erst sehr langfristig Eingang in die Pro-

duktionstechnik finden, scheint es heute - anders als in der Aufbauzeit der Forschungseinrichtung - kaum zu geben, was die Innovativität der Forschung, an der sich die Effizienz der Forschung messen lassen sollte, in Frage stellt. Die Vorbereitung, Erarbeitung und praxisgerechte Ausarbeitung innovativer Sprünge ist eben nicht im Rahmen von stets kurzfristigen, kaum Kontinuität wahren Industrienaufträgen möglich, wengleich durch die Fülle der bis zu 400 Vorhaben pro Jahr auch für einzelne Schwerpunkte in der Schnittmenge der Einzelprojekte eine Chance für die dauerhafte Verfolgung einer Fragestellung liegt.

"Es gilt für die ingenieurwissenschaftlichen Universitätsinstitute die große Lücke zwischen den rein erkenntnisorientierten Arbeiten der Universitätsforschung oder des Universitätslehrers und dem ergebnisorientierten Arbeiten der Industrie zu füllen. Folglich messen wir unsere Leistungsfähigkeit daran, ob es uns gelingt, in dieser Lücke irgendwie wirksam zu werden. Und wir messen es eigentlich nur daran, ob wir für die Industrie so attraktiv sind, daß sie uns Aufträge gibt, und wir merken das in den verschiedensten Gebieten, die wir bearbeiten, ob wir noch Aufträge kriegen, ob wir Kontakte kriegen zur Industrie, ob wir Anrufe kriegen von der Industrie."

Anders als bei den kleineren untersuchten Forschungseinrichtungen im Sample werden hier die Projekte nicht auf einzelne Mitarbeiter zugeschnitten, wobei vor allem die Industrienaufträge arbeitsteilig von mehreren Mitarbeitern einer Gruppe bearbeitet werden und umgekehrt jeder Mitarbeiter mehrere Projekte gleichzeitig bearbeitet. Das arbeitsteilige Vorgehen soll dem ständigen durch die Fluktuation bei einer Verweildauer von fünf bis sechs Jahren verursachten Erfahrungs- und Erkenntnisverlust vorbeugen. Verläßt einer der am Projekt beteiligten Mitarbeiter das Institut, bleiben andere zurück, die die bereits erarbeiteten Erkenntnisse und gemachten Erfahrungen an einen möglichen Nachfolger weitergeben können. Dies führt zu einer inhaltlichen Anreicherung und Know-how-Konzentration bei den Mitarbeitern, wodurch den Folgen der kurzen Projektlaufzeiten entgegengewirkt werden soll, wengleich dies mit dem technikkundenshaftlichen Forschungshandeln konfliktiert: innovative Sprünge sind auch hier nur zu erwarten, wenn 'in einem Kopf' gedacht wird.

"Und das bedeutet, daß die Projektlandschaft außerordentlich heterogen ist, sowohl vom Umfang wie vom Arbeitsthema her, daß wir aber versuchen, pro Forschergruppe einen verwandten Themenkomplex, Projektkomplex zu bearbeiten, aber in der Regel bearbeitet ein Mitarbeiter nicht nur ein Projekt, sondern gleichzeitig zwei oder drei, und verschiedene Mitarbeiter sind eben dann für die verschiedenen Projekte auch jeweils Projektleiter."

Gegenüber universitären Instituten in der Forschungslandschaft, die anders als das hier untersuchte Institut nicht verpflichtet sind, den Auftraggebern alle Ge-

meinkosten mit in Rechnung zu stellen und daher günstiger anbieten können, ist die hier untersuchte Forschungseinrichtung im Wettbewerb vor allem um Industrieaufträge zunächst im Nachteil. Andererseits ist sie aber auch im Vorteil, weil den Auftraggebern eine spätere Realisierung des Forschungsergebnisses durch eine angegliederte verwendungsnähere Transfereinrichtung bis hin zur Einführung in den Betrieb in Aussicht gestellt werden kann. Das Institut schafft sich damit eine Schnittstelle zur Praxis, über die derzeitige und zukünftige Probleme in das Institut eingespeist werden, was auch dazu führt, daß die durchgeführten Vorlaufvorhaben auf bereits artikulierte Interessen aus der Praxis ausgerichtet sind.

"Es gibt einige durchaus gut geleitete Universitätsinstitute, die uns in gewissen Bereichen Konkurrenz machen oder machen können, und dann müssen wir in die Waagschale werfen können, daß wir realisieren können, daß wir dahinter stehen können, daß wir garantieren können. So daß wir einen höheren Nutzen bringen können, als ein Universitätsinstitut."

Zwar sind die beiden Forschungs(teil)einrichtungen formell unabhängig, tatsächlich aber sind die Mitarbeiter beider Einrichtungen nach sachlichen Gesichtspunkten ohne Ansehen ihrer Finanzierungsart organisiert. Äußeres Zeichen dieser engen Zusammenarbeit ist die Nutzung eines gemeinsamen Gebäudes und die Tatsache, daß die Mitarbeiter beider Teilinstitute ohne Rücksicht auf die Herkunft oder Verwaltung ihrer Gehälter in den verschiedenen Abteilungen und Gruppen kooperieren. Die Grenze der Finanzierung liegt quer zu den Grenzen der Abteilungen. Die doppelte Verankerung der Forschungseinrichtung zum einen in der Universität und zum anderen in der Trägerorganisation bietet für die Forschung wechselseitig Vorteile: Durch den Finanzierungszuschuß kann die Forschungseinrichtung ihre Infrastruktur stets auf dem modernsten Stand halten, weil sie gegenüber reinen Hochschuleinrichtungen einen entscheidenden Vorteil bei der Höhe der Sachmittel hat. Umgekehrt erschließt die Anbindung an die Hochschule die personellen Ressourcen. Zum einen sind die wissenschaftlichen Mitarbeiter bei einer Bezahlung nach dem Bundesangestelltentarif nur für die Arbeit an einem Institut zu motivieren, wenn ihnen die Möglichkeit zur Promotion gegeben wird. Zum anderen erschließt sich über den Studiengang, an dem die Mitarbeiter des Instituts mitwirken, das Heer der Studien- und Diplomarbeiten, von denen etwa 400 an den verschiedenen Forschungsprojekten und Industrieaufträgen des Institut mitarbeiten. Andererseits - und dies ist als Nachteil zu sehen - hat das ungeheuere personelle Wachstum zu einer Organisation der Projekte und deren Relevanzstruktur sowie der Forschung am Institut insgesamt geführt, in deren Rahmen innovative Forschung kaum möglich erscheint. Daß die Forschungseinrichtung langfristig überhaupt bestandsfähig ist und nicht zugunsten echter Ingenieurbüros die Arbeit einstellen

muß, scheint vor allem mit der Fragestellung der Fertigungsautomatisierung zusammenzuhängen, die es auch bei der ausschnittshaften Bearbeitung einzelner Praxisprobleme erlaubt, einen Kompetenzpool aufzubauen, aus dem sich die Verwender wegen der staatlich subventionierten Kosten gerne bedienen.

Der Leiter hat in dieser Forschungseinrichtung vermehrt Management- und Repräsentationsfunktionen. Dennoch findet sich hier das schon bei anderen untersuchten Einrichtungen vorgefundene komplexe Rollenbündel, daß neben den Management- und Repräsentationsaufgaben auch die Wahrung fachlicher Standards, die Herstellung von Praxiskontakten und - in Abstimmung mit den Hauptabteilungsleitern - die Forschungsplanung im Institut umfaßt. Angesichts der Modalitäten bei der Einwerbung und Bearbeitung von Vorhaben sowie bei der Entstehung von Schwerpunkten muß dies als weiterer Beleg für ein ausschließliche Nachfrageorientierung der Forschung an diesem Institut gewertet werden. Die Projektakquirierung, die Abfassung von Forschungsanträgen und die Erstellung von Angeboten wird eigenverantwortlich von den Abteilungs- und Gruppenleitern unter Mithilfe der Mitarbeiter vorgenommen.

Das Institut ist in drei personell etwa gleich starke Hauptabteilungen gegliedert, die sich ihrerseits in Abteilungen und diese wiederum in Gruppen untergliedern. Insgesamt gibt es mehr als dreißig Gruppen mit je fünf bis zehn wissenschaftlichen Mitarbeitern, denen - wie den Abteilungen und Hauptabteilungen - jeweils ein erfahrener, aus den eigenen Mitarbeitern rekrutierter Hauptabteilungs-, Abteilungs- oder Gruppenleiter vorsteht. Jede Gruppe und darauf aufbauend auch die Abteilungen und Hauptabteilungen werden als Profit center geführt, müssen sich also abgesehen von der auf sie verteilten Grundfinanzierung selbst durch Forschungsvorhaben und Industrieaufträge finanzieren. Nur ein kleiner Teil der gemeinsam genutzten Infrastruktur wird zentral getragen. Innerhalb einer Gruppe werden jeweils thematisch verwandte Vorhaben bearbeitet, um Synergieeffekte nutzen zu können, was aber wegen des Finanzierungsmodus Überschneidungen und Doppelforschungen nicht ausschließt.

"Da gibt es auch durchaus Überschneidungen und Konkurrenzen. Aber ich glaube, wir müssen hier mit einer gewissen Überschneidung, einer gewissen Doppelarbeit, leben, weil wie auch gerade der Ostblock uns gezeigt hat, wenn Sie Konkurrenz herausnehmen, dann bleibt alles liegen. Und ich sage immer, dasselbe gilt auch intern, daß man nicht ein Gebiet für sich reklamieren darf, dann aber nichts tut, auf dem Gebiet."

Jede organisatorische Einheit hat neben den einzuwerbenden Projekten Mittel aus der Grundfinanzierung zur Verfügung, die zum einen in geringem Umfang zur Überbrückung von Finanzierungslücken verwendet werden, dann aber vor allem der Eigenforschung dienen, also in Forschungsvorhaben gesteckt werden, mit denen im Rahmen der Vorlaufforschung neue Forschungsfelder erschlossen

werden sollen. Bei einem abnehmenden Anteil öffentlich geförderter Forschungsvorhaben mit einer gegenüber den Industrieaufträgen längeren Laufzeit und einem steigenden Anteil von Industrieaufträgen, die arbeitsteilig von mehreren Mitarbeitern bearbeitet werden, steigt das Risiko, zur Überbrückung von Finanzierungslücken auf die Grundfinanzierung zurückgreifen zu müssen. Dies geht zu Lasten der eigeninitiativen Verfolgung neuer Fragestellungen und drängt die immanenten Impulse der Forschung bei der thematischen Ausgestaltung von Vorhaben und Projekten weiter zurück.

"Deswegen versuchen wir also diese fünf bis sechs Millionen weitestgehend, nicht zum Stopfen irgendwelcher Löcher zu nutzen oder sonst irgendwie zu verkleckern, sondern wir generieren Eigenforschungsprojekte, die dann genauso gefahren und kontrolliert werden, mit Projektleitung und mit Abrechnung und Kostenkontrolle, wie ein Auftragsprojekt. Und hoffen eben, daß wir doch Themen haben oder finden, die uns ein Know-how geben, was wir dann in einigen Jahren wieder verkaufen können. Das muß man machen, aber der Umfang, den wir in der Richtung betreiben, ist im Grunde zu dünn."

Die Eigenforschung wird vom Leiter, der einen Anteil von zehn bis 15 Prozent des Gesamthaushaltes dafür für noch zu gering hält, als wichtige Voraussetzung für den Erhalt des Instituts und damit indirekt für innovative Forschung gehalten. Dies impliziert auch, daß sich das Institut nicht ganz auf die Einwerbung von Industrieaufträgen beschränken kann, denn unmittelbar nach der Erarbeitung einer neuen Technologie - etwa im Rahmen der Eigenforschung - ist die Industrie in den seltensten Fällen bereit, sich mit Aufträgen zu engagieren. Zunächst muß das Institut durch weitere öffentlich geförderte Vorhaben die Einsatzreife der neuen Technologie erarbeiten. Insgesamt braucht das Institut das Spektrum von der aus dem Grundzuschuß bzw. öffentlichen Händen finanzierten Grundlagenforschung über die angewandte Forschung und die Entwicklung bis zur Beratung um sich einerseits finanzieren zu können, andererseits aber auch um jeweils die aktuellen, die Praxis betreffenden Forschungsfragestellungen aufgreifen und die Ergebnisse an den Verwendungsbereichen prüfen sowie gegebenenfalls in diese einspeisen zu können. In diesem Ansatz unterscheidet sich das Institut nicht von den kleineren, effizienteren und innovativeren Forschungseinrichtungen in unserem Sample. Allein in der Umsetzung läßt sich bei diesem ressourciellen Umfang nicht mehr realisieren.

"Wenn wir die letzte, also die reine mehr oder weniger Ingenieurstätigkeit bis zur Beratung nicht hätten, auch als Einnahme- und Finanzierungsquelle und Erhaltung unserer Kapazität und Erhaltung unserer Mitarbeiter, wir würden nur die erstgenannten beiden tun, dann hätten wir es außerordentlich schwer, uns zu finanzieren, weil Sie einfach innerhalb eines Industrieprojektes nicht

die Zeit haben, das zahlt Ihnen der Auftraggeber nicht, irgendwas grundlegendes Neues zu erarbeiten usw. Der möchte also relativ schnell eine Lösung haben. Und deswegen brauchen wir auch die Mischung von Grundfinanzierung, öffentlichen Projekten und Industrieprojekten."

"(...) denn es gibt ja etliche Themen, die in den ersten fünf Jahren aktuell sind, wo aber die Industrie einem noch kein Geld für gibt. Und deswegen sind wir interessiert, diese Töpfe wie DFG oder andere öffentliche Förderprojekte auch für uns zu erhalten. Und ich bin eben der Ansicht, daß sich ein Forschungsinstitut nicht zu 100% aus eigenen Erträgen, aus der Wirtschaft finanzieren kann (...)"

Daß die Themenstellungen innerhalb einer Gruppe, Abteilung und Hauptabteilung nicht immer stärker streuen, wie es angesichts der Organisation als Profit center zu erwarten wäre, ist auf zwei Faktoren zurückzuführen: Zum einen ist das erarbeitete Know-how gegenüber thematischen Verschiebungen und Steuerungen träge. Forschungsprojekte und Industrienaufträge lassen sich nur vor dem Hintergrund langjähriger Erfahrungen auf einem Forschungsgebiet einwerben und bearbeiten. Das sprunghafte Aufgreifen immer neuer Themen macht daher kaum Sinn. Zum anderen greift das aus dem Institutsleiter und den Hauptabteilungsleitern bestehenden Leitungsgremium der Forschungseinrichtung durch die Vergabe der Grundfinanzierung an einzelne Abteilungen und Gruppen steuernd in die thematische Ausrichtung der einzelnen organisatorischen Untereinheiten wie des Instituts insgesamt ein. Der Aufbau von Know-how und Erfahrungen für einen Forschungsschwerpunkt läßt sich nur in Kombination mit der aus dem Grundzuschuß finanzierten Eigenforschung bewerkstelligen, so daß die Themenstellung der akquirierten Projekte und damit die schwerpunktmäßige Ausrichtung der Gruppe oder Abteilung durch die Zuweisung von Grundfinanzierung kanalisiert wird. Eine Grenze findet dieses Bemühen des Leitungsgremiums allerdings in der Größe der Forschungseinrichtung und in der dezentralen Organisation, bei der den Gruppen die Verantwortung für die sachlichen Entscheidungen bis hin zur thematischen Ausrichtung und in der Folge auch für ihre Finanzierung übertragen wird: Der Leiter ist oft nicht vollständig über das Spektrum der bearbeiteten Themenstellungen im Bilde.

"Und das ist der Mangel oder der Nachteil eines dezentralen Konzeptes, das führt eben dazu, daß ich nicht im einzelnen weiß, was hier läuft."

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Die Organisation der Gruppen, Abteilungen und Hauptabteilungen als Profit center hat trotz der Steuerungsversuche des Leitungsgremiums zur Folge, daß es zwischen diesen zum Teil zu Überschneidungen der Themenstellungen oder sogar Konkurrenz und Doppelarbeit im Institut kommt. Ineffizienz dieser Art wird vom Leiter jedoch in Kauf genommen,

weil die Organisationsform insgesamt auf sich ändernden Themenschwerpunkten durch personelle Umschichtungen als Reaktion auf abnehmende bzw. wachsende Ressourcen auf dem 'Förderungsmarkt' flexibel reagieren kann. Abstimmungsprozesse, die die Effizienz weiter steigern könnten, sind nach Ansicht des Leiters innerhalb des Instituts jedoch schwer zu initiieren. Schwerwiegender ist jedoch die rein nachfrageorientierte Schwerpunktsetzung, weil auf diese Weise zwar eine Fülle von Praxisproblemen angegangen und zur Zufriedenheit der Verwender gelöst wird, andererseits aber kein eigenständiges Konzept zumindest als Projektion oder Vision entstehen kann, aus dem sich - unter Absprache und Rückkoppelung mit der Praxis und deren Bedürfnissen - Forschungsfragestellungen ableiten ließen. Dies würde die vorhandenen Ressourcen integrieren und bündeln, und damit die Effizienz der Forschung steigern. Insgesamt scheint dies an der Größe der Einrichtungen zu liegen, aber sicher auch an der spezifischen Struktur der Fragestellungen in der Fertigungsautomatisierung.

A.16 Forschungseinrichtung P

Das Institut ist an einer süddeutschen Technischen Universität angesiedelt und verfolgt schwerpunktmäßig Fragestellungen aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus. Es gehört in unser Zusatzsample der größeren Forschungseinrichtungen aus dem Bereich Werkzeugmaschinen, was heute weitgehend identisch mit dem Forschungsfeld Fertigungsautomatisierung ist. Wie auch bei den anderen handelt es sich bei dieser Institution um eine Doppeleinrichtung. Das Institut ist zum einen als Lehrstuhl an die beheimatende Hochschule angegliedert, zum anderen wird es in außeruniversitärer Trägerschaft als Forschungseinrichtung mit speziellen Aufgaben geführt. Der derzeitige Leiter hat das Institut vor mehr als zehn Jahren als reines Hochschulinstitut übernommen und es als Doppeleinrichtung zu seiner heutigen Größe und Stellung in der Forschungslandschaft ausgebaut, wobei er aufbauend auf eine mehr als hundertjährige Geschichte des Instituts eine thematische Neuausrichtung auf die Fertigungsautomatisierung vorgenommen hat.

Die an dieser Einrichtung durchgeführten Forschungsvorhaben werden zu etwa 40 Prozent von öffentlichen Forschungsförderern finanziert, wozu insbesondere die im Rahmen von zwei Sonderforschungsbereichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführten Projekte gehören. Weitere 40 Prozent stammen aus der Wirtschaft und etwa ein Fünftel der Projekte wird aus Haushaltsmitteln finanziert, was die rege Eigenforschung dokumentiert und zugleich Voraussetzung für die eigeninitiativ verfolgten Forschungsfragestellungen ist.

Die in den Abteilungen verfolgten übergreifenden Fragestellungen gehen meist von einzelnen Industriekontakten aus, in deren Rahmen sich unter Berück-

sichtigung der allgemeinen technischen Entwicklung sowie des Kenntnisstandes im Maschinenbau und anderer Fachdisziplinen eine neue Problemstellung ergibt, deren Bearbeitung aus Sicht des Instituts zunächst durch ein Streben nach einer zumindest mittelfristigen Bestandssicherung der vorhandenen personellen und sächlichen Ressourcen motiviert ist, aber auch an die bisher am Institut erarbeiteten Forschungsfragen und die erarbeiteten Ergebnisse anschlussfähig sein muß. Diese Themenfelder werden dann meist durch die öffentlichen Forschungsförderer finanziert und ausgearbeitet, bis das erarbeitete Know-how den Stand eines systematisierten Wissens erreicht hat, was sich bis zu einer Dauer von fünf Jahren und mehr hinziehen kann. Im Anschluß werden auf der Grundlage des erarbeiteten Wissens verstärkt **Industrieraufträge** eingeworben und bearbeitet, in denen das Know-how auf **spezifische Verwendungsprobleme** zugeschnitten wird und sich in der Praxis bewähren muß.

"Die Ideen entstehen in der Arbeit, d. h., Sie versuchen ein aktuelles Problem zu lösen, und in dem Moment, wo Sie dieses aktuelle Problem zu lösen versuchen, stellen Sie fest, wo die Lücken sind. Deshalb ist bei uns die Industriearbeit so wichtig. Auf der einen Seite verdienen wir mit der Industriearbeit Geld, auf der anderen Seite stellen wir die Beziehung zu den praxisrelevanten Fragen her, d. h., aus Industrieprojekten ergeben sich sehr wohl auch Ideen für Forschungsvorhaben in der Grundlagenforschung. D. h., aus der praktischen Arbeit heraus ergeben sich Fragestellungen und Ideen für Forschungsvorhaben."

"Ein inhaltlicher Schwerpunkt entwickelt sich erstmal relativ stark aus öffentlich geförderten Projekten, die aber auch durch Industrieprojekte mit angestoßen waren."

Probleme der Praxis werden z.B. im Rahmen von vorangegangenen Projekten als ungelöste Fragen der Praxis wahrgenommen und aufgegriffen, dann aber nicht als solche bearbeitet und gelöst, sondern in eine technikwissenschaftliche - d. h. hinsichtlich der grundlegenden z.B. physikalischen Probleme formulierte - Fragestellung überführt, und auf einem höheren Generalisierungsniveau - also vom konkreten Einzelfall abstrahierend, diesen aber durchaus mitberücksichtigend - angegangen. Die erarbeiteten Lösungen dienen zwar der Befriedigung der Interessen eines Verwendungspartners, daneben aber auch auf einem allgemeineren Niveau der Anreicherung des institutsspezifischen Know-hows.

Diese Forschungseinrichtung versteht sich nicht als Ingenieurbüro, das für Industriepartner konstruktive Probleme löst, sondern als Forschungseinrichtung, die im Wettstreit und in Zusammenarbeit mit anderen Instituten neuen Konzepten der Fertigungsautomatisierung nachgeht, die jedoch - einmal erarbeitet - durchaus zur Lösung von spezifischen, einzelne Verwender betreffenden Detail-

problemen ausformuliert werden. Forschung ist auch hier letztlich auf die Verwendungspraxis ausgerichtet.

Um dieses Modell einer scheinbar stringenten und effektiven Forschung unter den Bedingungen der Forschungsorganisation an Hochschulen, mit ihren spezifischen Konsequenzen für die Personalsituation und die Drittmittelinwerbung aufrecht zu erhalten, wird eine besondere - bei anderen Forschungseinrichtungen kaum zu findende - organisatorische Lösung gewählt. Die derzeit vorhandenen gut 60 wissenschaftlichen Mitarbeiter - die von nichtwissenschaftlichem und technischem Personal sowie von studentischen Hilfskräften unterstützt werden - gliedern sich in sechs Abteilungen, die jeweils von einem erfahrenen und promovierten Mitarbeiter geleitet werden. Der Institutsleiter steht diesen Abteilungsleitern vor, so daß sich insgesamt eine flache Organisationsstruktur von nur zwei Hierarchiestufen - ohne die sonst vorfindliche Gruppenleiter - ergibt, in der die Abteilungen und deren thematische Ausrichtung durch die fachliche Kompetenz des Leiters zusammengehalten und koordiniert werden. Gleichwohl ist der Leiter hinsichtlich der fachlichen Betreuung weit von den wissenschaftlichen Mitarbeitern entfernt.

Jede Abteilung verfügt über etwa zehn wissenschaftliche Mitarbeiter und kann in dieser Größe - nach Angaben des Befragten - effizienter arbeiten als die früher größer ausgelegten Abteilungen, weil die interne thematische Diversifikation, die durch die finanzielle und projektmäßige Absicherung von mehr als 15 Mitarbeitern verursacht war, nun nur noch eingeschränkt zu Tage tritt. Die Abteilungsleiter sind für die von ihnen geleiteten Abteilungen hinsichtlich der einzuwerbenden Projekte, der personellen Kontinuität und der aufzubauenden technischen Infrastruktur verantwortlich, wobei sie sich inhaltlich mit den Leitern der anderen Abteilungen und dem Institutsleiter absprechen. Die Steuerung der thematischen Ausrichtung geschieht in einem Wechselspiel der durch die Mitarbeiter in Absprache und Kooperation mit ihren Abteilungsleitern beantragten oder eingeworbenen Projekte und den mit dem Institutsleiter koordinierenden und strategisch planenden Abteilungsleitern - deren Steuerungsversuche durch die vom Leiter vorgenommene Vergabe von Haushaltsmitteln zur Durchführung von Vorlauftforschung Nachdruck erhalten.

Einige der Abteilungen sind auf spezifische Gegenstände aus dem Bereich der Fertigungsautomatisierung spezialisiert, andere bearbeiten schwerpunktmäßig Querschnittsfragestellungen, wie zum Beispiel 'Planungsmethoden', so daß es zum einen eine enge thematische Verflechtung der Abteilungen, und auch die gemeinsame, 'interdisziplinäre' Bearbeitung von Forschungsvorhaben gibt - weshalb die einzelnen Abteilungen eben nicht losgelöst vom Institutsverband als eigenständige Forschungseinrichtungen bestehen könnten. Zum anderen gibt es dadurch nur wenige Konkurrenzsituationen, in denen Doppelarbeit zu einem Thema in verschiedenen Abteilungen geleistet würde. Spezial- und Querschnitt-

kompetenzen werden gebündelt und nicht mehrfach im Institut vorgehalten. Neben diese Abteilungsstruktur treten Einzelpersonen, die - zwar Angehörige einer Abteilung - institutsweit als Spezialist für eine spezifische Querschnittkompetenz fungieren. Bei ihnen lagert sich das Know-how zu einer spezifischen Fragestellung - auch aus nicht von diesem Mitarbeiter selbst durchgeführten Projekten - an und kann bei Bedarf von Mitarbeitern aus allen Abteilungen angefordert werden.

Andererseits gibt es innerhalb des Instituts wie auch innerhalb der einzelnen Abteilungen eine funktionale Differenzierung auf der Mitarbeiterenebene: Neben Fachleuten für Grundlagenprobleme sind auch Experten für verwendungsnähere Fragen vorhanden. Auf diese Weise ist in jeder Abteilung sowohl wissenschaftlich-systematische Grundlagenforschung als auch verwendungsorientiertere Konkurrenz institutionalisiert und personell abgesichert, was zu einer gewissen Konkurrenz der Abteilungen bei der *Einwerbung* der Projekte führt, aber auf die Vielschichtigkeit und Aktualität der bearbeiteten Probleme positiv zurückwirkt.

"Es ist sehr wichtig, daß wir sehr unterschiedliche Mitarbeiter haben. Wir brauchen den echten Forscher, der Grundlagenforschung betreibt und der für alle anderen, die Projektarbeit machen, auch die Wissensbasis ist, der angezapft werden kann, als Wissensbasis, der einfach super fit ist in seinem Bereich und der ein echter Wissenschaftler ist. Der hier sitzt, und der im Grund genommen den inhaltlichen Background für die Arbeit liefert. Und wir brauchen den echten Projektarbeiter, der in die Industrie geht, der komplizierte Industrieprojekte durchführen kann, der das präsentieren kann, der Kontakte zur Industrie knüpft und da eigentlich fast ein bißchen Manager- und Planungsarbeit leistet. Und diese Charaktere, die muß man in einer Mannschaft zusammenfassen."

Dies belegt andererseits, daß die *Durchführung und Bearbeitung* von Forschungsvorhaben an dieser Einrichtung in hohem Maße kooperativ angelegt ist und Projekte an zwei Strängen gleichzeitig angebunden sind: Die Projekte prozessieren mit Bezug zur institutseigenen übergreifenden Forschungsfragestellung und mit Bezug zu den Verwendungsproblemen; dabei stehen beide Stränge in Wechselwirkung, was auch durch die thematische wie hinsichtlich der wissenschaftlichen bzw. verwendungsbezogenen Relevanzstruktur vorgenommenen arbeitsteiligen Durchführung der Projekte zum Ausdruck kommt.

"Also, wir sehen schon zu, daß nicht auf jedem Thema nur ein wissenschaftlicher Mitarbeiter arbeitet, im Gegenteil, daß möglichst auf einem Thema zwei oder drei wissenschaftliche Mitarbeiter arbeiten, weil die sich gegenseitig sehr wohl befruchten."

Zwar verfolgt jede Abteilung mehr oder weniger eigenständig übergreifende Fragestellungen, aber in der Bearbeitung versichert sie sich der Hilfe der anderen Abteilungen. Bei der Bearbeitung von Industrieaufträgen wird die Kooperation aber derart vertieft, daß die Bearbeitung eines Auftrages für alle beteiligten Abteilungen in den Rahmen der jeweils dort verfolgten übergreifenden Fragestellungen paßt. Einerseits stehen hier - wie auch in den meisten anderen Instituten - die direkten Industrieaufträge nur selten an der Spitze der aktuellen Forschungsinteressen, sondern die angebotenen Lösungen sind mehr Ausfluß des jeweils erarbeiteten Know-hows und dienen der Aufbesserung des Institutshaushaltes. Andererseits wird hier der Aufwand für die über die eigentlichen Forschungsinteressen hinausgehenden Arbeiten in einem Industrieauftrag dadurch minimiert, daß sich die durchgeführten Arbeiten und die erarbeiteten Ergebnisse möglichst vielseitig von verschiedenen Abteilungen nutzen lassen. Dies bedeutet auch, daß die Mitarbeiter des Institutes die Fragestellungen und Interessen des Instituts in die Praxis tragen müssen, um Partner für Vorhaben zu gewinnen, deren Themenstellung dann wiederum in die Forschungslinie des Instituts paßt. Dies funktioniert wohl nur, weil das Institut Themen aufgreift, von denen es erwartet, daß sich die Verwendungspartner dafür, nach entsprechendem Engagement der Institutsmitarbeiter, interessieren. Auf diese Weise ist die thematische Diversifikation der durchgeführten Vorhaben an diesem Institut - trotz einer Rate von 40 Prozent direkter Industriemittel - innerhalb der Abteilungen relativ gering.

"Also, wie entwickeln sich normale Forschungsvorhaben. DFG ist völlig klar: Irgend ein Mitarbeiter oder eine Runde hat eine Idee, in welche Richtung grundlegend geforscht werden müßte. Es wird einen Antrag formuliert. Dieser Antrag wird hinterher finanziert. Das ist also der ganz normale Gang der Dinge. Nächste Frage: Gemeinschaftsprojekte. Es müssen ja in der Regel Partner gefunden werden, die dieses Projekt mit einem durchführen. Also, da ist Entsprechendes zu leisten. Wichtig ist immer, es muß eigentlich ein strategischer Gedanke, es muß eine Idee da sein. Diese Idee muß den anderen nahegebracht werden, und die müssen entsprechend mit ins Boot gezogen werden."

Zudem unterliegt das Institut - trotz des hohen Anteils an Industrieforschung - nicht der Gefahr, die Verfolgung eigenständiger Forschungsfragen einzustellen, und sich als eine Art Kompetenzpool für Anfragen aus der Praxis zu verstehen, was sich mittelfristig negativ auf die Attraktivität des Institutes und den Bestand der Forschungseinrichtungen auswirken würde. Forschungsprojekte berühren Verwendungsprobleme, deren Lösung angestrebt wird. Dies aber nur soweit, wie neben der Lösung des Praxisproblems zugleich Ergebnisse zu erwarten sind, die thematisch in die am Institut verfolgte Fragestellungen passen und hinsicht-

lich des Generalisierungsniveaus eine Erklärungskomponente und Ansatzpunkte für die weitere Forschung enthalten, was die Voraussetzung für die eigeninitiative Definition von Problemfeldern in und für die Praxis sowie deren innovative Lösung ist.

"Also, wir bemühen uns, uns inhaltlich nicht zu verheddern, d. h., wir haben Themenschwerpunkte. Wir bemühen uns, uns an diese Themenschwerpunkte zu halten, d. h., wenn das Feld dieses inhaltlichen Schwerpunktes noch fruchtbar ist, dann arbeiten wir darauf, wenn es uns auch entsprechend weiter bringt. (...) Wir machen ein Industrieprojekt nicht, weil es lukrativ ist, sondern wir machen ein Industrieprojekt, weil es inhaltlich in die Institutsarbeit paßt und weil es lukrativ ist. Also, diese Und-Verknüpfung ist zwingend erforderlich."

Die Zahl der Mitarbeiter dieses Instituts ist mit mehr als 60 Wissenschaftlern so groß, daß nicht alle Mitarbeiter - auch nicht alle jeweils neu eingestellten Mitarbeiter, wie es in früheren Zeiten an dieser Forschungseinrichtung üblich war - die Betreuung einer Lehrveranstaltung übernehmen müssen. Dies und die Tatsache, daß die von den Mitarbeitern des Instituts angebotenen Lehrveranstaltungen nicht in den Grundlagenbereich des Maschinenbaus fallen, machen die Einstellung von Fachfremden möglich und lassen die Lehre als Randbedingung der Forschungsorganisation für dieses Institut als eher unbedeutend erscheinen. Bei der Rekrutierung der Mitarbeiter, die überwiegend aus der eigenen Studentenschaft gewonnen werden, kann hinsichtlich der inhaltlichen Qualifikation der zukünftigen Mitarbeiter daher voll auf die Bedürfnisse der Forschung eingegangen werden, was in den letzten Jahren dazu geführt hat, daß neben den Maschinenbauern vermehrt auch Absolventen anderer Studiengänge eingestellt wurden, durch deren Anwesenheit das Know-how und die Problemlösungskompetenz der anderen Disziplinen und Teildisziplinen des Maschinenbaus (Regelungstechnik, Meßtechnik) in die Forschungseinrichtung integriert und für die Bearbeitung von Forschungsvorhaben verfügbar gemacht werden kann. Bei den Mitarbeitern handelt es sich mehrheitlich um Maschinenbau-Ingenieure. Eine weitere große Gruppe hat Elektrotechnik studiert. Eher am Rande stehen Betriebswirte, Physiker und Informatiker - letztere werden aufgrund ihrer fachlichen Qualifikation eigentlich vermehrt benötigt, aber der ihnen eigene Forschungsstil ist nur schwer mit dem verwendungsnahen Forschungshandeln an diesem Institut vereinbar, weshalb sie seltener rekrutiert werden.

Die Obergrenze der Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter je Abteilung ergibt sich nach Erfahrungen mit größeren Abteilungen aus dem notwendigen Koordinierungsaufwand, der für das am Institut praktizierte teamorientierte Forschungshandeln erforderlich ist, das durch den jeweiligen Leiter zu integrieren ist, sowie aus dem Betreuungsaufwand des Abteilungsleiters, der bei der Bean-

tragung und Akquirierung eines Vorhabens seine Kompetenz und Erfahrung einbringen muß.

"16 wissenschaftliche Mitarbeiter plus sechs Mann Dienstleistung, und das ist eigentlich eine Menge, die für einen Abteilungsleiter, wenn er denn die Sache inhaltlich vorwärtstreiben soll, eigentlich überhaupt nicht mehr zu bewältigen ist. Das ist viel zu viel."

Das Institut insgesamt ist mit derzeit 60 wissenschaftlichen Mitarbeitern an seiner personellen Obergrenze angelangt, weil nun trotz der ausgefeilten Struktur der Koordinierungs- und Integrationsaufwand zu groß wird, als daß eine weitere Ausweitung der personellen Ressourcen eine proportionale Ausweitung der Forschungsaktivitäten bewirken könnte. Der verfügbare Büroraum und die Versuchsstände hingegen würden ein weiteres Wachstum zulassen, wohingegen kaum noch Studierende als studentische Hilfskräfte oder Studien- und Diplomarbeiter für weitere Projekte zur Verfügung stehen, was dem personellen Wachstum Grenzen setzt.

"Und jetzt haben wir eine kritische Größe erreicht, von immerhin gut 60 wissenschaftlichen Mitarbeitern, und es ist schon sehr schwierig, die alte Dynamik und die Form des Zusammenarbeitens aufrechtzuerhalten, d. h., der Koordinierungsaufwand und Integrierungsaufwand vor allem wird immer größer."

Insgesamt hat diese Forschungseinrichtung eine Organisationsform gefunden, die es ihr erlaubt, trotz der Verbindung mit der Lehre und den Qualifikationsinteressen der Mitarbeiter, trotz der ständigen Fluktuation des wissenschaftlichen Personals und gegen die Finanzierungsschwierigkeiten bei den öffentlichen Förderern (lange Durchlaufzeiten der Anträge) einen vergleichsweise stringenten Zuschnitt der übergreifenden Fragestellungen zu wahren und einer thematischen Diversifikation der Projektthemen außerhalb der eigenen Forschungsinteressen entgegenzuwirken. Dafür scheint zum einen die im Verhältnis zur absoluten Größe relativ üppige Grundausrüstung verantwortlich zu sein, aus der sich in größerem Umfang Vorlaufprojekte finanzieren sowie Finanzierungslücken schließen lassen, so daß die Notwendigkeit zur Einwerbung von Drittmitteln zwar nach wie vor besteht, aber - weil in geringerem Umfang nötig - hinsichtlich der Themen selektiver vorgenommen werden kann, als bei anderen Instituten. Außerdem ist dafür die enge Vermaschung der Mitarbeiter und Abteilungen hilfreich, die durch die Installation von Querschnittkompetenzen und die zwar durch einen Mitarbeiter federführende aber dennoch durch Mitarbeiter verschiedener Abteilungen gemeinsame Bearbeitung der Vorhaben entsteht, was zur Integration von verschiedenartigstem Know-how, damit zur Vermeidung von Doppelarbeit und zur kollektiven Ausrichtung einer Vielzahl von Mitarbeitern auf

einige wenige gemeinsame Fragestellungen in einem so großen Institut führt. Schließlich ist anzumerken, daß die Lehrverpflichtungen und die Qualifikationsinteressen der Mitarbeiter die Organisation und thematische Ausrichtung der Forschung weitgehend unberührt lassen, was wohl nur in einer Forschungseinrichtung dieser Größe möglich scheint.

A.17 Forschungseinrichtung Q

Dieses Institut gehört im Bereich Maschinenbau zusammen mit dem Institut O zu den größten in der deutschen Forschungslandschaft. Es umfaßt sowohl eine Institution einer deutschen Trägergesellschaft als auch ein Institut für Werkzeugmaschinenforschung an einer Technischen Universität. Die Forschungseinrichtung verfügt derzeit insgesamt über ca. 260 wissenschaftliche Mitarbeiter, von denen 150 der Trägergesellschaft und 110 dem Hochschulinstitut zugeordnet sind. Die beiden derzeit vorhandenen Teileinrichtungen sind zwar formal unabhängig, räumlich, organisatorisch und in der Forschungsarbeit jedoch stark miteinander verwoben. Derzeit ist das Institut in elf Bereiche unterteilt, die ihrerseits zwei bis drei Abteilungen umfassen. Ein zwölfter Bereich befindet sich im Aufbau. Innerhalb der Abteilungen arbeiten jeweils acht bis zehn Mitarbeiter des Hochschulinstituts und der außeruniversitären Forschungseinrichtung zusammen. Selbst wenn jedoch innerhalb der Abteilungen und Bereiche sich Mitarbeiter beider Institute finden, sind formal dennoch fünf Bereiche und der im Aufbau befindliche Bereich dem außeruniversitären Zweig und sechs Bereiche dem Hochschulinstitut zugeordnet.

Die beiden Institute werden in Personalunion von einem Hochschullehrer geleitet. Er wird dabei von Bereichs- und Abteilungsleitern unterstützt, die je nach Bereich bzw. Abteilung z. T. ebenfalls Hochschullehrer oder Privatdozenten sind. In jedem Fall sind es also längerfristige Mitarbeiter des Instituts, die zu einem geringen Teil aus Hochschulmitteln finanziert werden. Der Großteil der dauerhaften Leitungsstellen stammt von der Trägergesellschaft. Die Bereichsleiter und der Institutsleiter bilden das Direktorium, das als kollegiales Führungsgremium dient. Die Steuerung der schwerpunktmäßig am Institut bearbeiteten Forschungsfragestellungen erfolgt über den Aufbau und die ressourcielle Unterstützung bestehender Bereiche und Abteilungen zunächst mit Haushaltsmitteln, die die Voraussetzung für die Erarbeitung innovativer Forschungsfelder im Rahmen von Vorlauf- und Eigenforschungen sind. Bei entsprechender Resonanz in der Verwendungspraxis wird die Herausbildung von thematischen Schwerpunkten befördert, wobei die Themen für einen Schwerpunkt aus der Kooperation mit der Verwendungspraxis und den dortigen Problemen einerseits und der allgemeinen technischen Entwicklung (z.B. vermehrter Robotereinsatz) anderer-

seits abgeleitet werden. Eigene übergreifende Fragestellungen scheinen bei der Auswahl der Projektthemen kaum eine Rolle zu spielen, die Forschung an dieser Einrichtung ist nur zu einem geringen Teil auf die wissenschaftlich-systematische Durchdringung der einzelnen Gegenstandsbereiche ausgelegt.

Die einzelnen Abteilungen werden als 'Profit center' geführt, d. h., die Abteilungen müssen alle Kosten, bis auf einen gewissen Prozentsatz der Grundfinanzierung, selbst durch Forschungsvorhaben, die durch externe Förderer finanziert werden, erwirtschaften. An den Möglichkeiten, solche Fördermittel einzuwerben, bemißt sich dann auch die personelle und sächliche Größe der Abteilungen. Sie bekommen lediglich einen sehr kleinen Teil der Sach- und Personalmittel als Grundausrüstung aus dem Institutshaushalt. Dies geschieht nur z. T. nach sachlichen Gesichtspunkten, sondern überwiegend nach der Menge der eingeworbenen Mittel. Das führt dazu, daß die Abteilungen beinahe jedes mögliche Forschungsprojekt akquirieren und durchführen und dadurch ein gewisser 'Wildwuchs' der Abteilungen und der in ihnen verfolgten Forschungsfragestellungen zu Tage tritt, der seine Grenze nur z. T. in der durch die Bereitstellung von Grundausrüstung vermittelten Steuerung des Direktoriums findet. Die Entscheidungen über die Errichtung neuer Bereiche und Abteilungen werden ebenfalls im Direktorium gefällt; Entscheidungen also, die die Schwerpunkte der Forschung im Zentrum und das Profil des Zentrums in der Forschungslandschaft steuernd beeinflussen. Zwischen dem an Marktbedingungen orientierten Wachstum der Abteilungen und den Steuerungsversuchen der Institutsleitung müssen die Bereichsleiter vermitteln, um die schwerpunktmäßige Ausrichtung der Forschung sowie die sich daraus ergebenden weiteren Vorhaben, die Akquirierungsaktivitäten der Mitarbeiter (die sich ihre eigene Finanzierung sichern wollen) und die Nachfrage des Forschungsmarktes unter einen Hut zu bringen.

Die zwischen planerischen und steuernden Aspekten hinsichtlich der thematischen Ausrichtung der einzelnen Abteilungen und der Akquirierung der Projekte auf dem Forschungsmarkt entstehenden Spannungen werden noch dadurch verstärkt, daß selbst wenn die Akquirierung zielgerichtet geschieht, die geringen Umwandlungsraten bei den öffentlichen Förderern einen großen Unsicherheitsfaktor darstellen. Forschung kann kaum geplant werden, wenn nicht sicher ist, welche Thematik in den nächsten Monaten und Jahren mit welchem Personal bearbeitet werden kann. Es wird also zunehmend schwierig, die geplanten thematischen Schwerpunkte, die durch eine Grundfinanzierung gestützt werden, auf dem 'Forschungsmarkt' der öffentlichen Förderer zu realisieren. Andererseits hat eine Abteilung nur Chancen auf Bewilligung, wenn die Anträge einen hohen Grad an vorab erarbeitetem Know-how nachweisen. Forschungsanträge müssen zeigen, daß das Institut auf dem Sektor, in den das beantragte Projekt fällt, bereits umfangreiche Vorarbeiten durchgeführt hat. Dies verweist auf eine thema-

tische Kontinuität der Projektthemen, um den hohen Stand des Spezialwissens und die notwendige apparative Ausstattung aufrechterhalten zu können. Dies schränkt den Spielraum der Abteilungen und des Instituts bei der Projektbeantragung insgesamt sehr ein und führt umgekehrt zu verstärkten Akquirierungsaktivitäten bei den Verwendern, was sich auf den thematischen und konzeptionellen Zuschnitt der Projekte derart auswirkt, daß grundlagenorientierte Vorhaben kaum realisiert und innerhalb der Abteilungen keine geschlossenen Forschungsfelder bearbeitet werden können.

War in den letzten Jahren überwiegend ein Wachstum der Abteilungen und des Instituts insgesamt zu verzeichnen, müssen nun im Zuge der geringer werdenden Umwandlungsraten bei Projektanträgen zum Teil auch Mitarbeiter entlassen werden. In Zeiten, in denen das ressourcielle Niveau nicht mehr gehalten oder erweitert werden kann, umgekehrt aber immer mehr Anträge für die Einwerbung eines einzelnen Vorhabens ausgearbeitet werden müssen, nimmt die Bedeutung der Grundausrüstung der Abteilungen weiter zu: Für die Ausarbeitung eines Antrages werden drei bis fünf Mannmonate gerechnet, die entweder von einem Mitarbeiter neben seiner eigentlichen Projektarbeit aufgebracht werden müssen, oder aber von einem Mitarbeiter, der aus der Grundausrüstung bezahlt wird, geleistet werden müssen. Dies setzt dem Aufwand für die Einwerbung von öffentlich geförderten Projekten Grenzen, verringert die Zahl der am Institut bearbeiteten Projekte und entzieht damit sowohl der grundlagenorientierten, wie auch der innovativen (Vorlauf-)Forschung partiell den Boden. Zudem wird die personell abgesicherte fachliche Kontinuität (verstärkte Fluktuation der Mitarbeiter) untergraben, was mittelfristig auch die letztlich nur noch verbleibende Funktion des Instituts als Kompetenzpool aushöhlt.

Die Mitarbeiter sind in der Regel sechs bis sieben Jahre am Zentrum beschäftigt. Danach verlassen sie die Forschungseinrichtung mit dem Ziel, in der Wirtschaft eine adäquate Stellung anzutreten. Der Anteil derjenigen Mitarbeiter, der nach dieser Zeit auch eine Promotion abgeschlossen hat, beträgt 50 bis 60 Prozent. Der Anteil ist bei Mitarbeitern, die stärker wissenschaftlich orientierte Fragestellungen - vorwiegend am Hochschulinstitut - bearbeiten, höher als bei den Kollegen in den verwendungsnäheren Abteilungen. Die geringe Promotionsquote bringt zum Ausdruck, daß hier relativ wenige grundlagenorientierte Projekte durchgeführt werden, auf denen eine Dissertation sinnvoll aufsetzen könnte, die der Forschung im Institut wenn schon nicht als innovative Schritte so doch zumindest als resümierende Vergewisserungen über den Stand der Forschung dienen.

Die Forschung an dieser Forschungseinrichtung ist insgesamt auf die Gestaltung und Optimierung der industriellen Produktionsanlagen ausgerichtet, wobei das integrierende technische Leitbild die CIM-Integration aller Produktionsphasen vom Entwurf und der Konstruktion bis hin zur Produktionsplanung und der

Fertigung ist. Das Spektrum der Projekte reicht von konkreten Implementationen über Machbarkeitsanalysen bis hin zur Erarbeitung von Konzepten und der Erforschung analytischer Modelle. Trotz einer allgemeinen Orientierung der Forschung in dieser Untersuchungseinheit auf die betriebliche Praxis lassen sich dennoch stärker verwendungsorientierte und stärker auf die wissenschaftliche Durchdringung eines Phänomens ausgerichtete Vorhaben unterscheiden, wobei die Forschung der dem Hochschulinstitut zugerechneten Abteilungen einen größeren Grundlagenbezug aufweisen. Hier ist der Anteil der öffentlich geförderten Projekte höher und folglich auch der Spielraum für derartige Fragestellungen. Dies schlägt sich auch in der Finanzierung der Forschung in den beiden Institutsteilen nieder. Der Haushalt der Forschungseinrichtung setzt sich zu etwa einem Fünftel aus der Grundfinanzierung von der Trägergesellschaft und der Hochschule, zu etwa zwei Fünfteln aus öffentlichen Fördermitteln und zu zwei Fünfteln aus Mitteln der Wirtschaft zusammen, wobei der Anteil der Mittel aus der Wirtschaft bei dem außeruniversitären Teil etwa die Hälfte ausmacht, während der Anteil der öffentlichen Mittel auf der Seite des Hochschulinstituts größer ist. Angesichts der Größe dieser Einrichtung und der vergleichsweise geringen Vermaschung der vorhandenen Kapazitäten sowie der Tatsache, daß die Abteilungen als Profit center geführt werden, was die Kooperationsbereitschaft der Mitarbeiter verschiedener Abteilungen senkt und damit zu Doppelforschungen und -kapazitäten sowie zur Diversifikation der Forschungsthemen führt, ist der Anteil der Eigenmittel als zu gering zu bewerten, um eine innovative und stringente Bearbeitung einiger weniger Fragestellungen zu ermöglichen. Insgesamt scheint dies durch das Größenwachstum verursacht zu sein. Bei einer personellen Stärke von 250 Mitarbeitern und drei bis vier Hierarchiestufen ist eine kollektive Ausrichtung auf einige wenige Forschungslinien sowie eine Integration und Bündelung der vorhandenen personellen und sächlichen Ressourcen kaum noch möglich, was zu Abstrichen bei der Effizienz der Forschung und zu Qualitätseinbußen führt.

A.18 Forschungseinrichtung R

Die letzte der zum Zusatzsample der Werkzeugmaschineninstitute gehörenden Forschungseinrichtungen ist zwar immer noch zu den größeren Instituten in der bundesdeutschen Forschungslandschaft zu rechnen, sie ist aber mit 170 wissenschaftlichen Mitarbeitern zuzüglich des nichtwissenschaftlichen und des technischen Personals deutlich kleiner als die Einrichtungen O und Q, aber immer noch etwa dreimal so groß wie die Forschungseinrichtung P. Hinsichtlich Themenwahl, Bearbeitung und Ergebnistransfer ist R eher mit O und Q zu vergleichen als mit P. Wie bei allen untersuchten Werkzeugmaschineninstituten, han-

delt es sich auch hier um eine **Doppelseinrichtung** eines Hochschulinstinuts einerseits und eines in außeruniversitärer Trägerschaft geführten Instituts andererseits, das von vier Hochschullehrern geleitet wird. Die verfügbaren Ressourcen sind den einzelnen Hochschullehrern nicht fest zugeordnet, sondern der außeruniversitäre Teil des Instituts wird gemeinsam von allen vier Hochschullehrern geleitet, während jeder selbst für den jeweiligen Lehrstuhl verantwortlich ist. Insgesamt sind die beiden Teilforschungseinrichtungen hier weniger miteinander verschränkt, als das bei den anderen großen Doppelseinrichtungen der Fall ist. Dies drückt sich einerseits in der getrennten Abteilungsstruktur und andererseits in der Tatsache aus, daß kaum gemeinsame Projekte bearbeitet werden, was zu einer strikten Trennung von eher grundlagenorientierten Projekten einerseits und verwendungsbezogenen Vorhaben andererseits führt, deren Ergebnisse durch gemeinsame Sitzungen der Obergeringenieure der außeruniversitären Einrichtungen und eines der vier Lehrstühle vermittelt und deren Themen durch den gemeinsamen Leiter abgestimmt werden. Insoweit wären hier gute Voraussetzungen vorhanden, um grundlagenorientierte Aufgaben an die vier Lehrstühle zu delegieren und deren Ergebnisse dann im außeruniversitären Institut zu bündeln. Dies wird jedoch nicht realisiert. Die Bearbeitung der Vorhaben verläuft weitgehend unabhängig voneinander; schon weil die Institutsteile räumlich getrennt sind. Untersuchungseinheit im engeren Sinne ist hier also das in außeruniversitärer Trägerschaft geführte Teilinstitut.

Die Arbeiten an dieser Einrichtung kreisen um das Thema Fertigungsautomatisierung, wobei kaum echte Innovationen erarbeitet werden und Neuland beschritten wird. Dies ist auf die spezifische Struktur des zugrundeliegenden Forschungshandelns zurückzuführen: Ziel des fertigungstechnischen Forschungshandelns ist die Integration immer weiterer Produktionskomponenten in den CIM-Prozeß, so daß die vollständige CIM-Integration als kollektive Projektion und Leitbild dient und Generalisierungsleistungen im Forschungshandeln nur insoweit erbracht werden, als das CIM-Konzept immer weiter über den Fertigungsprozeß gestülpt und dabei vervollständigt wird. Bearbeitet werden weitgehend alle Forschungsvorhaben, die auf diesem Themengebiet akquiriert werden können. Nur sehr spezielle, aus der Sicht des Instituts abgelegene, Themen werden an andere Institutionen weitergeleitet, was den Schluß nahelegt, daß Vorhaben, zu deren Lösung innovative Sprünge notwendig sind, nicht bearbeitet werden. Nur Vorhaben, deren Lösung sich quasi antizipieren läßt - deren Lösung also im CIM-Konzept bereits angelegt ist und deren Ergebnis zu weiteren Synergieeffekten führt - werden angenommen, wobei direkte Industrieaufträge den Großteil der bearbeiteten Vorhaben ausmachen und Eigenforschungen sowie bei öffentlichen Förderern beantragte Projekte am außeruniversitären Teilinstitut die Ausnahme sind.

"Aber im Grunde genommen werden wir immer nur Projekte angehen, wo wir mit höchster Sicherheit wissen, wir werden es zum Erfolg führen."

Um diese Aufgaben bewältigen zu können verfügt das Institut über ein großes Versuchsfeld, in dem die erarbeiteten Lösungen zur Integration einer speziellen Produktionskomponente in dem CIM-Prozeß experimentell überprüft und durchgeführt werden können. Der Erhalt und die Weiterentwicklung dieses Versuchsfeldes, in dem das gesamte Know-how des Instituts steckt, ist der bestandssichernde Garant der Forschungseinrichtung. In ihm ist die Erfahrung aus hunderten von Projekten greifbar geronnen, es stellt den Stand der Forschung dar, in den neue Komponenten der Fertigungsautomatisierung, die als konkrete Problemlösungen für die Praxis erarbeitet wurden, eingefügt und so generalisierende Leistungen erbracht werden. Auf diese Weise hat sich das Institut zu einem Kompetenzpool entwickelt, an den überwiegend Forschungsaufträge in Form von Anfragen gerichtet werden, während Eigenprojekte einen untergeordneten quantitativen Stellenwert einnehmen. Die Weiterentwicklung der CIM-Integration ist daher vorwiegend an den Impulsen aus der Verwendungspraxis ausgerichtet, was auch in der engen Abstimmung mit Industriepartnern bei der Bearbeitung der Projekte - auch bei den selteneren DFG-geförderten Vorhaben - zum Ausdruck kommt.

"Wenn wir z.B. ein DFG-Projekt haben, was eigentlich auch so ein bißchen von der Industrie begleitet werden müßte, weil wir meinen, es ist ganz gut, wenn die ihre Ideen hineinbringen, dann schreiben wir Firmen an und fragen, ob sie mitmachen. Und das bringt uns sehr viel und die Firmen haben was davon."

Die enge thematische Absprache mit den Verwendern hat verschiedene Konsequenzen. Neben der Erfahrung, die die Mitarbeiter in Industriekontakten gewinnen, und der Anbahnung von Kontakten zu Verwendern als Voraussetzung für die Gewinnung weiterer Industrieaufträge, wird auf diese Weise ständig kontrolliert, ob das bearbeitete Problem bzw. dessen Lösung auf ein entsprechendes Interesse oder Bedürfnis der Verwender stößt. Innovative Eigenforschungen oder Projekte, deren Lösung erst langfristig in die Praxis eingehen kann, können auf diese Weise kaum durchgeführt werden, was auch damit zusammenhängt, daß das Forschungshandeln hier eben in der sukzessiven Anlagerung immer neuer, auf die CIM-Integration bezogener Teilkompetenzen besteht. Andererseits sichert sich das Institut den Kontakt zu den Verwendern. Ist das in einem öffentlich geförderten Projekt erarbeitete Know-how so weit ausgearbeitet, daß es für die Praxis unmittelbar relevant ist, und sind die Risiken eines Fehlschlages für die Verwender überschaubar, folgen weitere Forschungsaufträge aus der Praxis.

Das Institut ist in Gruppen, Abteilungen und Hauptabteilungen gegliedert, deren Zuschnitt sich aus der Bearbeitung je spezifischer Probleme bei der CIM-Integration ergeben. Anders aber als bei Forschungseinrichtung P kommt es kaum zur kooperativen Bearbeitung von Vorhaben durch mehrere Abteilungen. Nicht abgesprochene Doppelforschung und die mehrfache Anreicherung von Know-how kann nicht ausbleiben, wengleich der Austausch über den Stand der Forschung, über das im Artefakt - hier in der im Versuchsfeld aufgebauten CIM-Modellanlage - auskristallisierte Know-how vollzogen wird. Die Mitarbeiter müssen sich eben mit dem Umfeld vertraut machen, in dem ihre Detaillösung eingebettet ist. Auf diese Weise kommt es in der Folge der technischen Vernetzung auch zur Anreicherung von Know-how, was als herbeigeführter Synergieeffekt aber nur begrenzt als innovative Leistung angesehen werden kann.

Als Ergebnisse der Projektarbeit werden 'Eigenlösungen' der gestellten Forschungsfragen erarbeitet: Wenn die gestellte Frage im Rahmen des allgemeinen CIM-Konzepts gelöst werden konnte, der Verwender also "das kriegt, was er wollte", dann ist ein Vorhaben erfolgreich abgeschlossen. Ein Bezug zu eigenen langfristigen Fragestellungen, zu deren Lösung ein Vorhaben beigetragen hat, wird nicht artikuliert. Was völlig fehlt, ist die sonst vorfindliche Figur der exemplarischen Realisation von erarbeiteten Konzepten. Selbst wenn man konstatiert, daß das Forschungshandeln in der Fertigungstechnik stärker als bei der Konstruktionstechnik oder den Maschinenelementen auf die Lösung konkreter Praxisprobleme angelegt ist, hat es hier den Anschein, als ob sich das CIM-Konzept mehr zufällig in der Schnittmenge der Einzelprojekte anreichern würde und nicht als kollektives Leitbild für alle oder zumindest die Mehrzahl der am Institut durchgeführten Projekte dient. Dieses Konzept könnte ja dann durchaus jeweils exemplarisch für die Problemlagen der interessierten Verwender ausbuchstabiert zu deren Lösung im Rahmen von direkten Industrieaufträgen herangezogen werden.

Aber - und dies scheint an einem Institut dieser Größe und dieser, gemessen an den anderen großen Instituten, zwar überschaubaren, aber im Vergleich zu den kleinen konstruktionstechnischen Instituten starren Organisationsstruktur nicht so leicht zu realisieren zu sein - die Projektergebnisse sollen jeweils einen Bezug zur weiteren Integration des CIM-Prozesses enthalten. Dies wird hier als Verfeinerung des im Versuchsfeld aufgebauten Fertigungsprozesses verstanden. Eine Komplexierung des aus einer Struktur von Fertigungsmaschinen und darauf bezogener Programme bestehenden CIM-Prozesses wird jedenfalls angestrebt. Forschungsvorhaben, die das zusätzlich zur Eigenlösung bringen, werden als besonders innovativ aufgefaßt.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Organisation der Forschung an diesem Institut beinahe ausschließlich auf die betriebliche Praxis ausgerichtet ist: Bei der Einwerbung von Projekten und deren thematischem Zuschnitt wer-

den überwiegend Anfragen aus der **Verwendungspraxis** aufgegriffen, zu deren Lösung sich die Mitarbeiter des Instituts aufgrund der vorhandenen Ausstattung und des bisher erarbeiteten Know-how mit Sicherheit in der Lage fühlen. Unsicherheiten hinsichtlich der zu erarbeitenden Lösung - was ja die Voraussetzung für eine dann im Laufe des Projektes zu erbringende innovative Leistung wäre - werden kaum hingenommen. Projekte dieser Art werden an andere Einrichtungen in der Forschungslandschaft weitergeleitet. Andererseits - und dies muß man berücksichtigen - besteht das **Forschungshandeln** in der Fertigungstechnik in der Tat weitgehend in der Ausformulierung eines Konzepts für immer weitere **Detaillösungen**. Die Abbildung des Fertigungsprozesses in Software mit dem Ziel der **Annäherung** an die Realität ist das theoretische Modell, an dessen Ausarbeitung die Fertigungstechnik im Rahmen der CIM-Integration derzeit arbeitet. Was aber fehlt, ist hier eine eigenständige Gestaltung dieses Konzepts, als deren exemplarische Realisation dann durchaus Verwendungsprobleme angegangen und gelöst werden könnten. Grundlagenforschung ohne konkreten Verwendungsbezug wird daher - trotz der zur Verfügung stehenden Haushaltsmittel und der absolut gesehen vielen, relativ betrachtet aber einen geringen Anteil einnehmenden Planstellen - kaum betrieben. Dies zeigt sich auch in der sich in enger Absprache mit der Industrie vollziehenden Arbeitsweise der Mitarbeiter in der Projektbearbeitung und darin, daß die Planstellen vor allem für den Aufbau einer beträchtlichen hierarchischen Struktur, hingegen kaum für **Eigenforschungsprojekte** herangezogen werden. Schließlich sind die anvisierten Ergebnisse **beinahe ausschließlich** auf die Lösung von **Praxisproblemen** angelegt - ein Projekt ist gelungen, wenn es eine **'Eigenlösung'** hervorbringt, die den Auftraggeber befriedigt. Daneben tritt die **Ausweitung und Vervollständigung** des CIM-Versuchsfeldes, wodurch Synergieeffekte hervorgerufen werden, die die Funktion des Instituts als **Kompetenzpool** für die Praxis weiter stärken. Allerdings ist die **Pflege des Kompetenzpools** angesichts der auf einer Profit-center-Organisation beruhenden **Abteilungsstruktur** und der daraus folgenden **Doppelforschung**, der großen **hierarchischen Entfernung** zwischen den Mitarbeitern und dem Leiter als der die **Integration der Projektthemen** sichernden Figur sowie den zwar **längerfristig beschäftigten** aber in ihrer weiteren beruflichen Perspektive auf die **Praxis ausgerichteten Oberingenieuren** als **Abteilungsleiter** als eher ineffizient zu bezeichnen.

Literatur

- ALLESCH, Jürgen (Hg.): Wissens- und Technologietransfer aus deutschen und britischen Hochschulen. Bonn 1986 a.
- ALLESCH, Jürgen: Stand und Perspektiven des Technologietransfers an deutschen Hochschulen. In: ALLESCH, Jürgen (Hg.): Wissens- und Technologietransfer aus deutschen und britischen Hochschulen. Bonn 1986 b, S. 66-81.
- ASDONK, Jupp; TOLKSDORF, Guido: Orientierungsraster der Technikgenese am Beispiel der Produktionstechnik. In: TSCHIEDL, Robert (Hg.): Die technische Konstruktion der gesellschaftlichen Wirklichkeit. Gestaltungsperspektiven der Techniksoziologie. München 1990, S. 107-119.
- BAHRDT, Hans-Paul : Moderne Forschungsorganisation - moderne Universität. In: BAHRDT, Hans-Paul: Wissenschaftssoziologie ad hoc. Oldenburg 1972, S. 146-153.
- BECHER, Tony: The Disciplinary Shaping of the Profession. In: CLARK, Burton R. (Hg.): The Academic Profession. National, Disciplinary, and Institutional Settings. Berkeley, Los Angeles, London 1987, S. 271-303.
- BELL, Daniel: Die nachindustrielle Gesellschaft. Frankfurt a.M., New York, 2. Auflage 1976.
- BEN-DAVID, Joseph: The Scientific Role in Society. A Comparative Study. New York 1971.
- BEN-DAVID, Joseph Academic University an Research Institute in the 19th and 20th Centuries: A Study of Changeing Funktionen and Structures. In: SCHEUCH, Erwin K.; ALEMANN, Heine von (Hg.): Das Forschungsinstitut. Formen der Institutionalisierung von Wissenschaft. Erlangen 1978, S. 27-45.
- BLASCHKE, Dieter: Interdisziplinarität und das Forschungsinstitut in den Sozialwissenschaften. In: SCHEUCH, Erwin K.; ALEMANN, Heine von (Hg.): Das Forschungsinstitut. Formen der Institutionalisierung von Wissenschaft. Erlangen 1978, S. 171-211.
- Bundesministerium für Forschung und Technologie: Das "Frascati-Handbuch" der OECD: Deutsche Fassung herausgegeben vom Bundesminister für Forschung und Technologie. Bonn 1982.
- Bundesministerium für Forschung und Technologie: Bundesbericht Forschung 1988. Herausgegeben vom Bundesminister für Forschung und Technologie. Bonn 1988.
- BÖHME, Gernot; VAN DEN DAELE, Wolfgang; KROHN, Wolfgang: Alternativen in der Wissenschaft. In: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 1, Heft 3, 1972, S. 302-316.

- BÖHME, Gernot; VAN DEN DAELE, Wolfgang; KROHN, Wolfgang: Die Finalisierung der Wissenschaft. In: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 2, Heft 2, 1973, S. 128-144.
- BOLSENKÖTTER, Heinz: Ansätze zur Erfassung und Beurteilung von Forschungsleistungen. In: FISCH, Rudolph; DANIEL, Heinz-Dieter: Messung und Förderung von Forschungsleistungen. Konstanz 1986, S. 41-49.
- BUCHHAUPT, Siegfried: Grundlagenforschung am Großgerät - Kontroverse um die Organisationsform der Gesellschaft für Schwerionenforschung. In: SZÖLLÖSI-JANZE, Margit; TRISCHLER, Helmuth (Hg.): Großforschung in Deutschland. Frankfurt a.M., New York 1990, S. 220-232.
- CAPELLE, Wilhelm: Organisation wissenschaftlicher Forschung in der Antike. In: BRAUER, Ludolph; MENDELSONN-BARTHOLDY, Albrecht; MEYER, Adolf (Hg.): Forschungsinstitute - Ihre Geschichte, Organisation und Ziele. Hamburg 1930, S. 34-49.
- CLARK, Terry N.: Die Stadien wissenschaftlicher Institutionalisierung. In: WEINGART, Peter (Hg.): Wissenschaftssoziologie 2 - Determinanten wissenschaftlicher Entwicklung. Frankfurt a.M. 1974, S. 105-121.
- CONEN, Ralf: Zum Problem der Effizienzermittlung industrieller Forschungs- und Entwicklungsbereiche. Mainz 1986.
- DOLDER, Fritz: Organisationsformen der Auftragsforschung an schweizerischen Hochschulen. In: Wissenschaftsrecht, Wissenschaftsverwaltung, Wissenschaftsförderung, Jg. 14, Heft 1, 1981, S. 1-24.
- EKARDT, Hanns-Peter, HENGSTENBERG, Heike; LÖFFLER, Reiner: Subjektivität und Stofflichkeit des Arbeitsprozesses. In: GORZKA, Gabriele; HEIPKE, Klaus; TEICHLER, Ulrich (Hg.): Hochschule - Beruf - Gesellschaft. Ergebnisse der Forschung zum Funktionswandel der Hochschulen. Frankfurt, New York 1988, S. 13-57.
- EKARDT, Hanns-Peter; LÖFFLER, Reiner; HENGSTENBERG, Heike: Arbeitssituation von Firmenbauleitern. Frankfurt a.M., New York 1992.
- ENDERS, Jürgen: Vom wissenschaftlichen Nachwuchs zum akademischen Mittelbau - nicht-professorale Wissenschaftler an bundesdeutschen Hochschulen. In: GORZKA, Gabriele; MESSNER, Rudolf; OEHLER, Christoph (Hg.): Wozu noch Bildung? Beiträge zu einem unerledigten Thema der Hochschulforschung. Werkstattberichte des Wissenschaftlichen Zentrums für Berufs- und Hochschulforschung an der Gesamthochschule Kassel, Band 25. Kassel 1990 a, S. 191-218.
- ENDERS, Jürgen: Beschäftigungssituation im akademischen Mittelbau. Werkstattberichte des Wissenschaftlichen Zentrums für Berufs- und Hochschulforschung an der Gesamthochschule Kassel, Band 26. Kassel 1990 b.
- ENDERS, Jürgen: Aktuelle Tendenzen der Beschäftigung im akademischen Mittelbau: In: HERRMANN, Wicho; REINIRKENS, Peter (Hg.): Qualifikationsstellen - Wissenschaftlicher Nachwuchs. Forderungen an Förderungen. Mainz 1990 c, S. 7-20.
- FISCH, Rudolf; DANIEL, Hans-Dieter (Hg.): Messung und Förderung von Forschungsleistungen. Konstanz 1986 a.

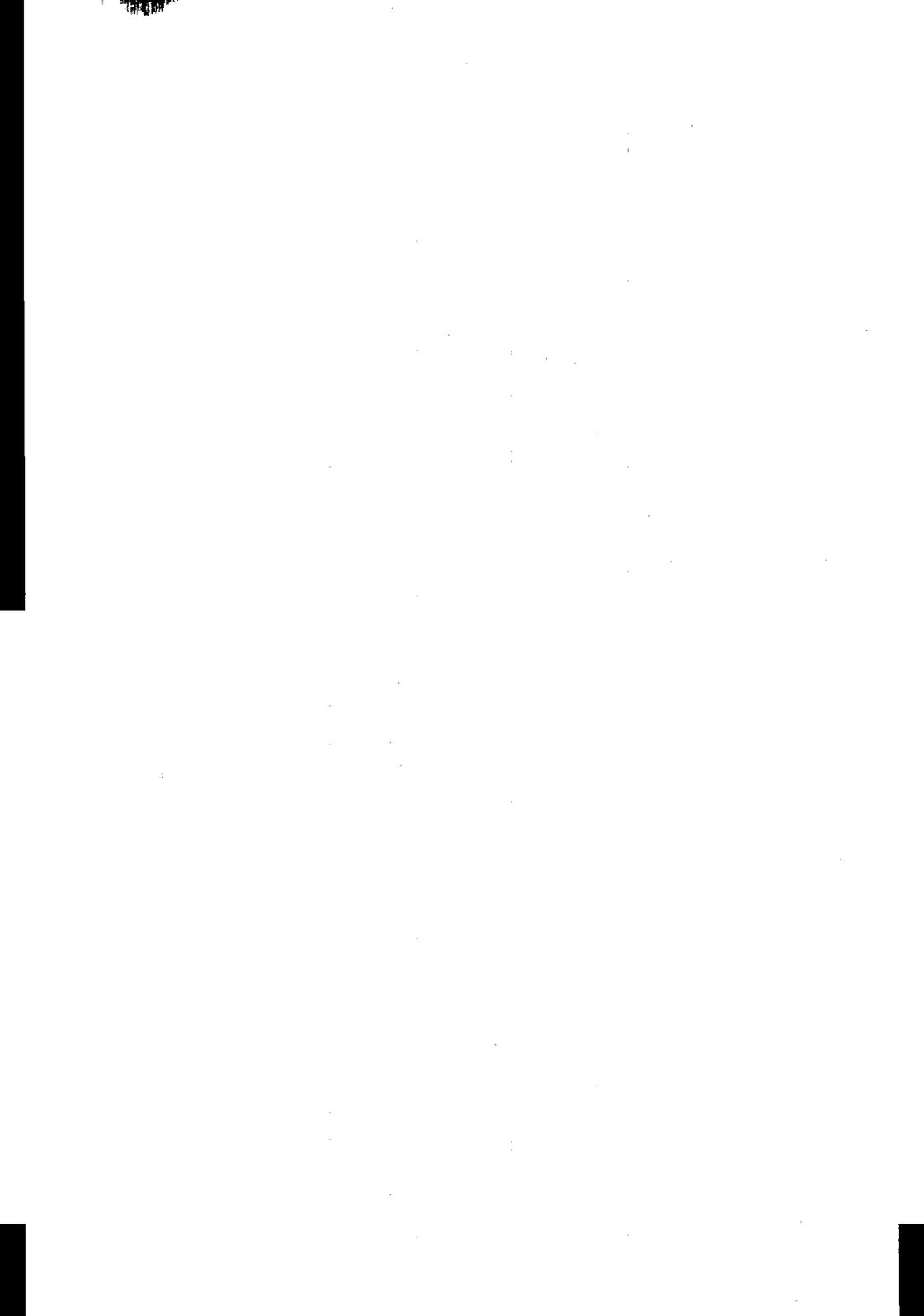
- FISCH, Rudolf; DANIEL, Hans-Dieter: Zur Einführung: Messung von Forschungsleistungen: Wie, wozu und mit welchen Implikationen. In: FISCH, Rudolph; DANIEL, Hans-Dieter (Hg.): Messung und Förderung von Forschungsleistungen. Konstanz 1986 b, S. 11-20.
- FLÄMING, Christian: Zur Forschung in den Hochschulen: Bemerkungen zu dem Bericht der HRG-Expertenkommission. In: Wissenschaftsrecht, Wissenschaftsverwaltung, Wissenschaftsförderung, Heft 3, 1984, S. 221-231.
- FUCHS, Marek: **Forschungskooperation zwischen Hochschule und Industrie. Förderung der Zusammenarbeit zwischen 1972 und 1988 durch die Bundesregierung am Beispiel des Programms Energieforschung.** München 1990 (Diplomarbeit).
- FUCHS, Marek: **Rekrutierung, Funktionalität und Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Institutionelle Sicht am Beispiel von zwei Teildisziplinen des Maschinenbaus.** In: Das Hochschulwesen, 1992 a Heft 1, S. 5-11.
- FUCHS, Marek: **Forschungslinien. Handlungsorientierungen von Ingenieuren in angewandter Forschung.** Kassel 1992 b (Dissertation).
- GESER, Hans: **Forschungsinfrastruktur und Organisationsformen von Universitätsinstituten.** In: Zeitschrift für Soziologie, 1977, Jg. 6, S. 150-173.
- GIBB, Allan A.: **Technologietransfer - Universitäten und Klein- und Mittelbetriebe.** In: ALLESCH, Jürgen (Hg.): **Wissens- und Technologietransfer aus deutschen und britischen Hochschulen.** Bonn 1986, S. 42-63.
- GIESE, Ernst: **Erfassung und Bewertung universitärer Forschungsleistungen in der Bundesrepublik Deutschland: Stand der empirischen Forschung.** In: Beiträge zur Hochschulforschung, Heft 4, 1988, S. 419-466.
- GUIRR: **Simplified and standardized Model Agreements for University-Industry Cooperative Research.** Herausgegeben vom Government-University-Industry Research Roundtable. Washington, DC 1988.
- GURACK, Bernd: **Vom Ende des wissenschaftlichen Nachwuchses. Ein Beitrag zur Aufhebung einer Begriffsverwirrung.** In: FREIGER, Stephan; GROSS, Michael; OEHLER, Christoph (Hg.): **Wissenschaftlicher Nachwuchs ohne Zukunft. Bundesassistentenkonferenz - Hochschulentwicklung - Junge Wissenschaftler heute.** Kassel 1986, S. 171-195.
- HAGSTROM, William O.: **The Scientific Community.** New York 1965.
- HARNIER, Louis von: **Perspektiven für die Beschäftigung des wissenschaftlichen Nachwuchses an den bayerischen Universitäten.** Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung, Neue Folge, Band 11. München 1985.
- HARNIER, Louis von: **Die Drittmittel der Bayerischen Universitäten.** In: Beiträge zur Hochschulforschung, Heft 4, 1987, S. 387-402.
- HARTMANN, Heinz: **Organisation der Forschung.** In: GROCHLA, Erwin (Hg.): **Handwörterbuch der Organisation.** Stuttgart 1973, S. 549-559.

- HARTUNG, Dirk:** Beschäftigungsverhältnisse des wissenschaftlichen Personals an außeruniversitären Forschungseinrichtungen aus der Sicht des Betriebsrates. In: Fortbildungsprogramm für die Wissenschaftsverwaltung (Hg.): Die Neuregelung der Dienst- und Arbeitsverhältnisse des wissenschaftlichen Personals an Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Essen 1989, S. 159-184.
- HARTUNG, Dirk:** Nachwuchsförderung und Befristung am Beispiel der Max-Planck-Gesellschaft. In: HERRMANN, Wicho; REINIRKENS, Peter (Hg.): Qualifikationsstellen - Wissenschaftlicher Nachwuchs. Forderungen an Förderungen. Mainz 1990, S. 47-53.
- HILPERT, Ulrich:** Staatliche Forschungs- und Technologiepolitik und offizielle Wissenschaft. Opladen 1989.
- HIRSCH, Jürgen:** Zur Analyse des politischen Systems. In: Gesellschaft, Beiträge zur Marxschen Theorie, Bd. 1, 1974, S. 78-131.
- HOLTKAMP, Rolf; FISCHER-BLUHM, Karin; HUBER, Ludwig:** Junge Wissenschaftler an der Hochschule. Bericht der Arbeitsgruppe 'Lage und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses'. Frankfurt a.M., New York 1986.
- HÜBNER, Heinz; ANTENSTEINER, Ernst; GIESSWEIN, Michael; MILLA, Aslan; WEISS, Manfred:** Forschungskooperation Wissenschaft-Wirtschaft in Österreich: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung bei Forschungsinstituten und Unternehmen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung. Wien 1984.
- KADDAZT, Burckhard:** Der neue Mittelbau. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung des Projektpersonals. In: Zeitschrift für Soziologie, 1986 a, Jg. 15, Heft 1, S. 5-19.
- KADDATZ, Burckhard:** Forschung als berufliche Dequalifikation. In: FREIGER, Stephan; GROSS, Michael; OEHLER, Christoph (Hg.): Wissenschaftlicher Nachwuchs ohne Zukunft? Bundesassistentenkonferenz - Hochschulentwicklung - Junge Wissenschaftler heute. Kassel 1986 b, S. 197-213.
- KADDATZ, Burckhard:** Rationalität und Rationalisierung des wissenschaftlichen Arbeitsprozesses. Hochschulentwicklung, Forschungsorganisation, Projektpersonal. Frankfurt a.M., New York 1987.
- KLAGES, Helmut; HAETZLER, Hans W.:** Entwicklungswege von Forschungsorganisationen. In: Humanismus und Technik, Bd. 10, 1966, S. 18-26.
- KLUGE, Norbert; OEHLER, Christoph:** Hochschulen und Forschungstransfer. Bedingungen, Konfigurationen und Handlungsmuster. Kassel: Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule Kassel 1986 (Werkstattberichte; 17).
- KNIE, Andreas:** Diesel - Karriere einer Technik. Genese und Formierungsprozesse im Maschinenbau. Berlin 1991.
- KORTE, Ute:** Akademische Bürokratie. Eine empirische Untersuchung über den Einfluß von Organisationsstrukturen auf Konflikte an westdeutschen Hochschulen. München 1976.
- KRAUCH, Helmut:** Die organisierte Forschung. Neuwied 1970.

- KRAUSHAAR, Kurt; OEHLER, Christoph: *Forschungstransfer, betriebliche Innovation und Ingenieurarbeit*. Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule Kassel 1989 (Werkstattberichte; 23).
- KROHN, Wolfgang; KÜPPERS, Günter: *Die Selbstorganisation der Wissenschaft*. Frankfurt a.M. 1989.
- KROHN, Wolfgang; RAMMERT, Werner: *Technologieentwicklung. Autonomer Prozeß und industrielle Strategie*. In: LUTZ, Burckhard (Hg.): *Soziologie und gesellschaftliche Entwicklung*. Frankfurt a.M., New York 1985, S. 411-434.
- LAKATOS, Imre: *History of Science and its Rational Reconstructions*. In: *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Jg. 8, 1971, S. 91-136.
- LENNARTZ, Hans-Albert: *Privilegierung und Marginalisierung an den Hochschulen. Die Neukonstituierung der Personalstruktur im Hochschulbereich durch das Gesetz über befristete Arbeitsverträge mit wissenschaftlichem Personal an Hochschulen und Forschungseinrichtungen vom 14.06.1985 (BGBl, I, 85, 2090 ff.) sowie das 3. Gesetz zur Änderung des Hochschulrahmengesetzes vom 14.11.1985 (BGBl, I, 85, 2090 ff.)*. In: FREIGER, Stephan; GROSS, Michael; OEHLER, Christoph (Hg.): *Wissenschaftlicher Nachwuchs ohne Zukunft. Bundesassistentenkonferenz - Hochschulentwicklung - Junge Wissenschaftler heute*. Kassel 1986, S. 153-162.
- LUHMANN, Niklas: *Selbststeuerung in der Wissenschaft*. In: LUHMANN, Niklas (1970): *Soziologische Aufklärung, Band I*. Opladen 1970, S. 232-252, 5. Aufl. 1984.
- LUNDGREEN, Peter; HORN, Bernd; KROHN, Wolfgang; KÜPPERS, Günter; PASLACK, Rainer: *Staatliche Forschung in Deutschland 1870 - 1980*. Frankfurt a.M., New York 1986.
- MARCSON, S.: *Research Settings*. In: NAGI, S. Z.; CORWIN, E. G.: *The Social Context of Research*. London, New York 1972.
- MAYNTZ, Renate: *Forschungsmanagement*. Opladen 1985.
- MEUSEL, Ernst-Joachim: *Die Zerwertung der Forschung*. In: *Wissenschaftsrecht, Wissenschaftsverwaltung, Wissenschaftsförderung*, Jg. 10, 1977, S. 118-137.
- MEUSEL, Ernst-Joachim: *Patent- und Urheberrechte vor Forschungsfreiheit?* In: *Wissenschaftsrecht, Wissenschaftsverwaltung, Wissenschaftsförderung*, Heft 1, 1986, S. 233-241.
- NEIDHARDT, Friedhelm: *Selbststeuerung in der Forschungsförderung: Das Gutachterverfahren der DFG*. Opladen 1988.
- NEIDHARDT, Friedhelm: *Die neuen Unis sind die Besten*. In: *Der Spiegel*, Heft 50, 1989, S. 70-87.
- NETTELBECK, Joachim: *Forschung an Hochschulen*. In: TEICHLER, Ulrich (Hg.): *Das Hochschulwesen in der Bundesrepublik Deutschland*. Weinheim 1990, S. 211-235.
- NITSCH, Wolfgang; GERHARDT, Uta; OFFE, Claus; PREUSS, Ulrich K.: *Hochschule in der Demokratie. Kritische Beiträge zur Erbschaft und Reform der deutschen Universität*. Neuwied 1965.

- NITSCH, Wolfgang: Hochschule als Organisation. In: LENSEN, D. (Hg.): *Ausbildung und Sozialisation in der Hochschule*. Frankfurt a.M. 1983, S. 14 ff.
- OEHLER, Christoph: Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschulen und Wirtschaft in der Bundesrepublik. In: KLUCZINSKI, Jan, OEHLER, Christoph: *Hochschule und Wissenschaftstransfer in verschiedenen Gesellschaftssystemen. Ergebnisse eines polnisch-deutschen Symposiums*. Kassel: Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule 1988 (Werkstattberichte; 21), S. 105-140.
- OEHLER, Christoph: *Hochschulentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland seit 1945*. Frankfurt a.M., New York 1989.
- OEHLER, Christoph: *Effizienz der Drittmittelförderung in den Ingenieurwissenschaften*. Kassel: Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule Kassel 1990 (Arbeitspapiere; 23).
- PARSONS, Talcott: Suggestion for a Sociological Approach to the Theory of Organizations. In: *Administrative Science Quarterly*, Jg. 11, 1956, S. 237 ff.
- PLESSNER, Helmut: *Zur Soziologie der modernen Forschung und ihrer Organisation in der deutschen Universität*. In: SCHELER, Max (Hg.): *Versuche einer Soziologie des Wissens*. München 1924.
- PLESSNER, Helmut (Hg.): *Untersuchungen zur Lage der deutschen Hochschullehrer 1953-1955. Band 1: Nachwuchsfragen im Spiegel der Erhebung*. Göttingen 1956.
- POLANYI, Michael: *The Republic of Science: Its Political and Economic Theory*. In: *Minerva*, 1962, S. 54-73.
- POLANYI, Michael: *Science, Faith and Society. A Searching Examination of the Meaning and Nature of Scientific Inquiry*. Chicago 1964.
- QUEISSER,.: *Wandert die Forschung aus der Hochschule aus?* In: *Konstanzer Blätter für Hochschulfragen*, Heft 1-2, 1989, S. 47-56.
- RAMMERT, Werner: *Technikgenese - Ein Überblick über Studien zum Entstehungszusammenhang neuer Techniken*. *Arbeitsberichte und Forschungsmaterialien des Forschungsschwerpunkts Zukunft der Arbeit der Universität Bielefeld*, Heft 30, Bielefeld 1988.
- RAMMERT, Werner: *Entstehung und Entwicklung der Technik: Der Stand der Forschung zur Technikgenese in Deutschland*. *Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialwissenschaften, Papers Nr. FS II 91-105*. Berlin 1991.
- REIF, F.: *The Competitive World of the Pure Scientists*. In: *Science*, Heft 134.
- ROTH, J.: *Hired Hand Research*. In: DENZIN, Norman K. (Hg.): *Sociological Methods*. Chicago 1970, S. 540-557.
- SCHELSKY, Helmut: *Einsamkeit und Freiheit. Idee und Gestalt der deutschen Universität und ihrer Reformen*. Reinbeck 1963.
- SCHELSKY, Helmut: *Die Bildung von Forschungsschwerpunkten an Hochschulen*. In: DIEHEL, Peter (Hg.): *Prioritäten in der Forschung*. Rehburg-Loccum: 1965 (Locumer Protokolle; 19), S. 12-16.

- SINN, Hansjörg: Das Zusammenwirken von Hochschule und Praxis: Aus der Sicht eines chemisch gebildeten Hochschullehrers und politischen Bürgers. In: PISTOR, Hans-Henning; SPIEGEL, Heinz-Rudi (Hg.): Hochschulforschung und industrielle Innovation: Sind wir für die Zukunft gerüstet? Dokumentation eines wissenschaftspolitischen Gespräches des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft in Essen, Villa Hügel, 6. Oktober 1983. Essen 1983, S. 45-60.
- SOLLA PRICE, Derek J. de: Little Science, Big Science. Von der Studierstube zur Großforschung. Frankfurt a.M. 1974.
- Statistisches Bundesamt (Hg.): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn 1987.
- STRÜBING, Jörg: "Technik, das ist das Koordinatensystem, in dem wir leben ...". Kassel: Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule Kassel 1989 (Werkstattberichte; 25).
- SZÖLLÖSI-JANZE, Margit; TRISCHLER, Helmuth (Hg.): Großforschung in Deutschland. Frankfurt a.M., New York 1990.
- WEBER, Max: Wissenschaft als Beruf. In: WEBER, Max: Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. Tübingen, 5. Aufl. 1982, S. 582-613.
- Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Forschungsberichterstattung der Hochschulen. Köln 1980 a.
- Wissenschaftsrat: Empfehlung zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. In: Wissenschaftsrat (Hg.): Empfehlungen und Stellungnahmen 1980 b. Köln 1981, S. 7-38.
- Wissenschaftsrat: Drittmittel der Hochschulen (vorläufige Ergebnisse) 1970, 1975, 1980 bis 1985. Köln 1986 a.
- Wissenschaftsrat: Stellungnahme zur Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft. Köln 1986 b.
- Wissenschaftsrat: Erhebung der laufenden Mittel für Lehre und Forschung der Hochschulen: 1975, 1980 bis 1986 IST-Ansätze sowie für 1987 Haushaltsansätze (SOLL). Köln 1988 a.
- Wissenschaftsrat: Empfehlungen des Wissenschaftsrates zu den Perspektiven der Hochschulen in den 90er Jahren. Köln 1988 b.



PUBLIKATIONEN DES WISSENSCHAFTLICHEN ZENTRUMS

A. Reihe "Hochschule und Beruf"

(Campus-Verlag, Frankfurt/M. und New York)

TEICHLER, Ulrich und WINKLER, Helmut (Hg.): Praxisorientierung des Studiums. Frankfurt/M. und New York 1979 (vergriffen).

TEICHLER, Ulrich (Hg.): Hochschule und Beruf. Problemlagen und Aufgaben der Forschung. Frankfurt/M. und New York 1979 (vergriffen).

BRINCKMANN, Hans; HACKFORTH, Susanne und TEICHLER, Ulrich: Die neuen Beamtenhochschulen. Bildungs-, verwaltungs- und arbeitsmarktpolitische Probleme einer verspäteten Reform. Frankfurt/M. und New York 1980.

FREIDANK, Gabriele; NEUSEL, Aylâ und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Praxisorientierung als institutionelles Problem der Hochschule. Frankfurt/M. und New York 1980.

CERYCH, Ladislav; NEUSEL, Aylâ; TEICHLER, Ulrich und WINKLER, Helmut: Gesamthochschule - Erfahrungen, Hemmnisse, Zielwandel. Frankfurt/M. und New York 1981.

HERMANNNS, Harry; TEICHLER, Ulrich und WASSER, Henry (Hg.): Integrierte Hochschulmodelle. Erfahrungen aus drei Ländern. Frankfurt/M. und New York 1982.

HOLTkamp, Rolf und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Berufstätigkeit von Hochschulabsolventen - Forschungsergebnisse und Folgerungen für das Studium. Frankfurt/M. und New York 1983 (vergriffen).

HERMANNNS, Harry; TKOCZ, Christian und WINKLER, Helmut: Berufsverlauf von Ingenieuren. Eine biografie-analytische Untersuchung auf der Basis narrativer Interviews. Frankfurt/M. und New York 1983.

CLEMENS, Bärbel; METZ-GÖCKEL, Sigrid; NEUSEL, Aylâ und PORT, Barbara (Hg.): Töchter der Alma Mater. Frauen in der Berufs- und Hochschulforschung. Frankfurt/M. und New York 1986.

GORZKA, Gabriele; HEIPCKE, Klaus und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Hochschule - Beruf - Gesellschaft. Ergebnisse der Forschung zum Funktionswandel der Hochschulen. Frankfurt/M. und New York 1988.

OEHLER, Christoph: Hochschulentwicklung in der Bundesrepublik seit 1945. Frankfurt/M. und New York 1989.

TEICHLER, Ulrich: Europäische Hochschulsysteme. Die Beharrlichkeit vielfältiger Modelle. Frankfurt/M. und New York 1990.

BECKMEIER, Carola und NEUSEL, Aylâ: Entscheidungsverflechtung an Hochschulen - Determinanten der Entscheidungsfindung an deutschen und französischen Hochschulen. Frankfurt/M. und New York 1991.

EKARDT, Hanns-Peter, LÖFFLER, Reiner und HENGSTENBERG, Heike: Arbeitssituationen von Firmenbauleitern. Frankfurt/M. und New York 1992.

NEUSEL, Aylâ; TEICHLER, Ulrich und WINKLER, Helmut (Hg.): Hochschule - Staat - Gesellschaft. Christoph Oehler zum 65. Geburtstag. Frankfurt/M. und New York 1993.

B. Werkstattberichte

(Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung, Gesamthochschule Kassel).

HERMANN, Harry; TKOCZ, Christian und WINKLER, Helmut: Soziale Handlungskompetenz von Ingenieuren, Rückblick auf Verlauf und Ergebnisse der Klausurtagung in Hofgeismar am 16. und 17. November 1978. 1979 (Nr. 1).

HERMANN, Harry; TKOCZ, Christian und WINKLER, Helmut: Ingenieurarbeit: Soziales Handeln oder disziplinäre Routine? 1980 (Nr. 2) (vergriffen).

NEUSEL, Aylâ und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Neue Aufgaben der Hochschulen. 1980 (Nr. 3).

HEINE, Uwe; TEICHLER, Ulrich und WOLLENWEBER, Bernd: Perspektiven der Hochschulentwicklung in Bremen. 1980 (Nr. 4).

NERAD, Maresi: Frauzentren an amerikanischen Hochschulen. 1981 (Nr. 5).

LIEBAU, Eckart und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Hochschule und Beruf - Forschungsperspektiven. 1981 (Nr. 6) (vergriffen).

EBHARDT, Heike und HEIPCKE, Klaus: Prüfung und Studium. Teil A: Über den Zusammenhang von Studien- und Prüfungserfahrungen. 1981 (Nr. 7).

HOLTkamp, Rolf und TEICHLER, Ulrich: Außerschulische Tätigkeitsbereiche für Absolventen sprach- und literaturwissenschaftlicher Studiengänge. 1981 (Nr. 8) (vergriffen).

RATTEMeyer, Volker: Chancen und Probleme von Arbeitsmaterialien in der künstlerischen Aus- und Weiterbildung. Mit Beiträgen von Hilmar Liptow und Wolfram Schmidt. Kassel 1982 (Nr. 9).

CLEMENS, Bärbel: Frauenforschungs- und Frauenstudieninitiativen in der Bundesrepublik Deutschland. Kassel 1983 (Nr. 10) (vergriffen).

DANCKWORTT, Dieter: Auslandsstudium als Gegenstand der Forschung - eine Literaturübersicht. Kassel 1984 (Nr. 11).

BUTTGEREIT, Michael und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Probleme der Hochschulplanung in der Sowjetunion. Kassel 1984 (Nr. 12).

Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung (Hg.): Forschung über Hochschule und Beruf. Arbeitsbericht 1978 - 1984. Kassel 1985 (Nr. 13).

DALICHOW, Fritz und TEICHLER, Ulrich: Anerkennung des Auslandsstudiums in der Europäischen Gemeinschaft. Kassel 1985 (Nr. 14).

HORNBOSTEL, Stefan; OEHLER, Christoph und TEICHLER, Ulrich (Hg.): Hochschulsysteme und Hochschulplanung in westlichen Industriestaaten. Kassel 1986 (Nr. 15).

TEICHLER, Ulrich: Higher Education in the Federal Republic of Germany. Developments and Recent Issues. New York und Kassel: Center for European Studies, Graduate School and University Center of the City University of New York und Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung, Gesamthochschule Kassel. New York/Kassel 1986 (Nr. 16).

KLUGE, Norbert und OEHLER, Christoph: Hochschulen und Forschungstransfer. Bedingungen, Konfigurationen und Handlungsmuster. Kassel 1986 (Nr. 17) (vergriffen).

BUTTGEREIT, Michael: Lebensverlauf und Biografie. Kassel 1987 (Nr. 18).

EKARDT, Hanns-Peter und LÖFFLER, Reiner (Hg.): Die gesellschaftliche Verantwortung der Bauingenieure. 3. Kasseler Kolloquium zu Problemen des Bauingenieurberufs. Kassel 1988 (Nr. 19).

TEICHLER, Ulrich: Wandel der Hochschulstrukturen im internationalen Vergleich. Kassel 1988 (Nr. 20) (vergriffen).

KLUCZYNSKI, Jan und OEHLER, Christoph (Hg.): Hochschulen und Wissenstransfer in verschiedenen Gesellschaftssystemen. Ergebnisse eines polnisch-deutschen Symposiums. Kassel 1988 (Nr. 21).

KRÜGER, Heidemarie: Aspekte des Frauenstudiums an bundesdeutschen Hochschulen. Zur Studiensituation von Frauen im Sozialwesen und in den Wirtschaftswissenschaften - ausgewählte Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. Kassel 1989 (Nr. 22) (vergriffen).

KRAUSHAAR, Kurt und OEHLER, Christoph: Forschungstransfer, betriebliche Innovationen und Ingenieurarbeit. Kassel 1989 (Nr. 23).

STRÜBING, Jörg: "Technik, das ist das Koordinatensystem, in dem wir leben..." - Fallstudien zu Handlungsorientierungen im technikwissenschaftlichen Forschungstransfer. Kassel 1989 (Nr. 24).

GORZKA, Gabriele; MESSNER, Rudolf und OEHLER, Christoph (Hg.): Wozu noch Bildung? - Beiträge aus einem unerledigten Thema der Hochschulforschung. Kassel 1990 (Nr. 25) (vergriffen).

ENDERS, Jürgen: Beschäftigungssituation im akademischen Mittelbau. Kassel 1990 (Nr. 26) (vergriffen).

WETTERER, Angelika: Frauen und Frauenforschung in der bundesdeutschen Soziologie - Ergebnisse der Soziologinnen-Enquête. Kassel 1990 (Nr. 27) (vergriffen).

TEICHLER, Ulrich: The First Years of Study at Fachhochschulen und Universities in the Federal Republic of Germany. Kassel 1990 (Nr. 28) (vergriffen)

TEICHLER, Ulrich: Recognition. A Typological Overview of Recognition Issues Arising in Temporary Study Abroad. Kassel 1990 (Nr. 29).

SCHOMBURG, Harald, TEICHLER, Ulrich und WINKLER, Helmut: Studium und Beruf von Empfängern deutscher Stipendien am Asian Institute of Technology. Kassel 1991 (Nr. 30).

JESKE-MÜLLER, Birgit, OVER, Albert und REICHERT, Christoph: Existenzgründungen in Entwicklungsländern. Literaturstudie zu einem deutschen Förderprogramm. Kassel 1991 (Nr. 31).

- TEICHLER, Ulrich: Experiences of ERASMUS Students. Select Findings of the 1988/89 Survey. Kassel 1991 (Nr. 32).
- BECKMEIER, Carola und NEUSEL, Aylá: Entscheidungsprozesse an Hochschulen als Forschungsthema. Kassel 1992 (Nr. 33).
- STRÜBING, Jörg: Arbeitsstil und Habitus - zur Bedeutung kultureller Phänomene in der Programmierarbeit. Kassel 1992 (Nr. 34).
- BECKMEIER, Carola und NEUSEL, Ayá: Leitungsstrategien und Selbstverständnis von Hochschulpräsidenten und -rektoren. Eine Pilotstudie an zehn ausgewählten Hochschulen. Kassel 1992 (Nr. 35).
- TEICHLER, Ulrich und WASSER, Henry (Hg.): American and German Universities: Mutual Influences in Past and Present. Kassel 1992 (Nr. 36)
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: ECTS in its Year of Inauguration: The View of the Students. Kassel 1992 (Nr. 37)
- OVER, Albert: Studium und Berufskarrieren von Absolventen des Studienganges Berufsbezogene Fremdsprachenausbildung an der Gesamthochschule Kassel. Kassel 1992 (Nr. 38).
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: ECTS dans l'Année de son Lancement: Le Regard des Etudiants. Kassel 1992 (Nr. 39).
- WINKLER, Helmut (Hg.): Qualität der Hochschulausbildung. Verlauf und Ergebnisse eines Kolloquiums an der Gesamthochschule Kassel. Kassel 1993 (Nr. 40).
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: ERASMUS Student Mobility Programmes 1989/90 in The View of Their Coordinators. Select Findings of the ICP Coordinator's Reports 1989/90. Kassel 1993 (Nr. 41).
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: Les Programmes ERASMUS en Matière de Mobilité des Etudiants au Cours de l'Année 1989/90. Analyse présentée à partir des points de vue des coordinateurs. Kassel 1993 (Nr. 41a).
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: Experiences of ERASMUS Students 1990/91. Kassel 1993 (Nr. 42).
- MAIWORM, Friedhelm; STEUBE, Wolfgang und TEICHLER, Ulrich: Les expériences des étudiants ERASMUS en 1990/91. Kassel 1993 (Nr. 42a).
- OVER, Albert und TKOCZ, Christian: Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen in den neuen Bundesländern. Zu den Empfehlungen des Wissenschaftsrates. Kassel 1993 (Nr. 43).

C. Arbeitspapiere

(Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung, Gesamthochschule Kassel)

TEICHLER, Ulrich und WINKLER, Helmut: Vorüberlegungen zur Gründung des Wissenschaftlichen Zentrums für Berufs- und Hochschulforschung. 1978 (Nr. 1).

TEICHLER, Ulrich: Der Wandel der Beziehungen von Bildungs- und Beschäftigungssystem und die Entwicklung der beruflich-sozialen Lebensperspektiven Jugendlicher. 1978 (Nr. 2).

TEICHLER, Ulrich: Higher Education und Employment in the Federal Republic of Germany: Trends and Changing Research Approaches from the Comparative Point of View - Recherches en cours sur le problème de l'enseignement supérieure et de l'emploi en République Fédérale Allemande. 1978 (Nr. 3) (vergriffen).

PEIFFER, Knut: Untersuchung des Implementationsinstrumentariums von Hochschulreformprogrammen anhand einer synoptischen Darstellung - Untersuchung der legislativen Umsetzung von Hochschulreform- und Studienreforminhalten anhand des HRG, des HHG und des HUG. 1979 (Nr. 4).

NEUSEL, Aylâ: Zu Berufstätigkeit und Studium von Architekten/Planern. **WINKLER, Helmut:** Neue Entwicklungen im Berufsfeld von Architekten und Bauingenieuren und deren Berücksichtigung in der Hochschulausbildung. 1979 (Nr. 5).

TEICHLER, Ulrich und VOSS, Friedrich: Materialien zur Arbeitsmarktlage von Hochschulabsolventen. 1979 (Nr. 6) (vergriffen).

RATTEMAYER, Volker: Weiterentwicklung des Kunststudiums unter Berücksichtigung der beruflichen Möglichkeiten der Künstler. 1980 (Nr. 7).

TEICHLER, Ulrich: Work-Study-Programs: The Case of "Berufspraktische Studien" at the Comprehensive University of Kassel. 1981 (Nr. 8) (vergriffen).

HERMANN, Harry: Das narrative Interview in berufsbiografischen Untersuchungen. 1981 (Nr. 9) (vergriffen).

DENKINGER, Joachim und KLUGE, Norbert: Bibliographie zur Praxisorientierung des Studiums. 1981 (Nr. 10).

LIEBAU, Eckart: Hochschule, Schule und Lehrerfortbildung - Tendenzen und Perspektiven. 1981 (Nr. 11).

LIEBAU, Eckart: Der Habitus der Ökonomen. Über Arbeitgebererwartungen an Hochschulabsolventen der Wirtschaftswissenschaften. Kassel 1982 (Nr. 12) (vergriffen).

WINKLER, Helmut: Interaction of Theory und Practice in the US Engineering Education. Kassel 1982 (Nr. 13).

HERMANN, Harry: Statuspassagen von Hochschullehrern im Entwicklungsprozeß von Gesamthochschulen. Kassel 1982 (Nr. 14).

KRÜGER, Heidemarie: Probleme studierender Frauen - Ergebnisse eines Kolloquiums. Kassel 1984 (Nr. 15) (vergriffen).

USHIOGI, Morikazu: Job Perspectives of College Graduates in Japan. Kassel 1984 (Nr. 16).

NERAD, Maresi: Implementation Analysis - A New Magic Tool for Research in Higher Education? Kassel 1984 (Nr. 17).

KLUGE, Norbert: Studienreform in der Literatur - Eine kommentierte Bibliographie über Studienreformaktivitäten in den letzten zehn Jahren. Kassel 1988 (Nr. 18).

WINKLER, Helmut: Ursachen für überlange Studiendauern von Maschinenbaustudenten. Sonderauswertung von Daten der Kasseler Absolventenstudie. Kassel 1988 (Nr. 19).

SCHMUTZER, Manfred E. A.: Vom Elfenbeinturm zum Bildungskonzern. Kassel 1989 (Nr. 20). (vergriffen)

MAIWORM, Friedhelm: Zur Notenvergabe an hessischen Hochschulen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Kassel 1989 (Nr. 21).

BECKER, Peter: Motive der Studienortwahl und Informationsverhalten von Studienanfängern der Gesamthochschule Kassel im Wintersemester 1987/88. Kassel 1990 (Nr. 22).

OEHLER, Christoph: Effizienz der Drittmittelförderung in den Ingenieurwissenschaften. Kassel 1990 (Nr. 23).

TEICHLER, Ulrich; MAIWORM, Friedhelm und STEUBE, Wolfgang: Student Mobility within ERASMUS 1987/88 - a Statistical Survey. Kassel 1990 (Nr. 24).

OEHLER, Christoph und SOLLE, Christian: Soziologie als Lehrfach in anderen Studiengängen. Ergebnisse einer Dokumentenanalyse. Kassel 1993 (Nr. 25).

TEICHLER, Ulrich; KREITZ, Robert und MAIWORM, Friedhelm: Student Mobility within ERASMUS 1988/89 - a Statistical Profile. Kassel 1991 (Nr. 26).

WINKLER, Helmut: Sprachkompetenz von Europa-Ingenieuren. Synergieeffekte in Rahmen internationaler Kooperation. Kassel 1993 (Nr. 27).

TEICHLER, Ulrich; KREITZ, Robert und MAIWORM, Friedhelm: Student Mobility within ERASMUS 1989/90. Kassel 1993 (Nr. 28).

HAHN, Bärbel: Studentische Politik für eine Gesamthochschule Kassel. Kassel 1994 (Nr. 29).



Forschung im Fach Maschinenbau steht, wie andere Technikforschung an Hochschulen auch, im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft. In der organisatorischen Einheit des Instituts werden diese drei Relevanzbereiche aufeinander bezogen; hier wird eine übergreifende Forschungsfrage in der Form einer technischen Entwicklungslinie unter den Organisationsbedingungen der Forschung an wissenschaftlichen Hochschulen verfolgt.

Die Effizienz dieser Forschungsorganisation ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung: An 18 Forschungsinstituten im Fach Maschinenbau an westdeutschen Hochschulen wurde der Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Forschungslinien und der Organisation der Institute einschließlich der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses analysiert. Dabei wurden Erklärungsansätze sowohl der Wissenschaftsoziologie als auch der Techniksoziologie zusammengeführt.

Es ergab sich eine Typologie der Forschungsinstitute je nach stärker grundlagenorientierter oder anwendungsbezogener Ausrichtung.

ISBN: 3-928172-67-0