Der SFB 180: Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen Eine Übersicht

Dietz, P.

Das Institut für Maschinenwesen übernimmt in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereich "Konstruktion von verfahrenstechnischen Maschinen bei besonderen mechanischen, thermischen oder chemischen Belastungen" die Rolle des Sprecherinstituts. Solche Sonderforschungsbereiche werden über eine Dauer von 10 bis 12 Jahren eingerichtet, um wissenschaftliche Themenstellungen in der interfakultativen Zusammenarbeit mehrerer Hochschulinstitute zu bearbeiten und damit eine längerfristige Innovation zu einem wissenschaftlichen Gebiet der Grundlagenforschung zu erwirken. In den letzten Institutsmitteilungen wurden einige konstruktive Gedanken zur systematischen Entwicklung solcher Maschinen dargestellt, auch diese Mitteilung enthält weitere Beiträge. Über das rege Interesse und eine Reihe von Rückfragen zu diesem Gebiet haben wir uns sehr gefreut. Der folgende Überblick soll die Arbeiten des Sonderforschungsbereichs kurz vorstellen und die Rolle des Instituts für Maschinenwesen hierin aufzeigen.

Mit der endgültigen Förderungszusage der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum 01. 01. 1988 wurde an der Technischen Universität Clausthal der Sonderforschungsbereich 180: "Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen bei besonderen mechanischen, thermischen oder chemischen Belastungen" eingerichtet, der sich insbesondere durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Bereiche Verfahrenstechnik, Maschinenbau und Werkstoffwissenschaften auszeichnet. An Projekten dieses Sonderforschungsbereiches sind in der zur Zeit laufenden Förderungsphase 53 Wissenschaftler aus 9 Instituten beteiligt, 12 Hochschullehrer übernehmen die wissenschaftliche Leitung der Projekte. Der Förderungsbetrag von jährlich über 2 Millionen DM zeugt von der hohen Bedeutung, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft diesem SFB beimißt, und kann als besonderes Vertrauensvotum für die TU Clausthal gewertet werden. Das Land Niedersachsen unterstützte die Bemühungen der TU durch zusätzliche Personalmittel und die Stellung von Großgeräten. Nicht zuletzt bedeutet der SFB die Schaffung von ca. 25 zusätzlichen Arbeitsplätzen, zudem können sich Studenten an den wissenschaftlichen Forschungen beteiligen.

Der Grundgedanke des Sonderforschungsbereiches beruht auf der Tatsache, daß alle verfahrenstechnischen Prozesse an die Nutzung von Maschinen, Geräten und Apparaten gebunden sind, die aus anderen Bereichen des Maschinenbaus bezogen oder speziell für das jeweilige Verfahren entwickelt werden. Im Gegensatz zur theoretischen Vorausberechnung und experimentellen Erforschung verfahrenstechnischer Prozesse erfuhr die belastungs- und beanspruchungsgerechte Auslegung der verwendeten Maschinen nur in Sonderfällen eine wissenschaftlich fundierte Untersuchung.

Aus dieser Situation und dem sich daraus ableitenden Handlungsbedarf für die Weiterentwicklung verfahrenstechnischer Prozesse und ihrer Maschinen leitet der SFB 180 seine Ziele ab, die die folgenden Problemkreise betreffen:

- Die stark gestiegenen Anforderungen an verfahrenstechnische Maschinen bezüglich Stoffumsatz und Energieleistung bedeuten die Hinwendung zu immer schneller laufenden Maschinen höchster Belastbarkeit. Dabei spielt die Beherrschung der durch funktionelle Nebengrößen verursachten Erscheinungen wie Fliehkraftbeanspruchung, dynamisches Verhalten, Prallverschleiß usw. eine erhöhte Bedeutung. Der notwendige Innovationsschritt ist die Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen für die konstruktive Ausbildung, die Werkstoffwahl und die Fertigungstechnologien.

- Neben diesen allgemeinen Gesichtspunkten gibt es spezielle Anforderungen aus dem ver-

fahrenstechnischen Prozeß, deren Erfüllung mit den bisher bekannten Maschinen nicht möglich ist. Ein Beispiel hierfür ist der Betrieb von Gasumwälzanlagen in chemischen Prozessen oder Öfen mit Temperaturen über 1200° C oder der Betrieb von Mühlen unter höheren Temperaturen, Energieumsätzen und chemischen Beanspruchungen als bisher.

- Werkstoff- und Fertigungstechniken sowie die Anwendung moderner Konstruktionstechniken haben in den letzten Jahrzehnten auf anderen Gebieten des Maschinenbaus erhebliche Fortschritte erzielt. Allein die Aufbereitung dieser Grundlagenforschungen für eine Anwendung bei der Entwicklung verfahrenstechnischer Maschinen stellt nach Ansicht industrieller Anwender eine erhebliche Hilfe dar, die sie auch zu größeren innovativen Anstrengungen in der eigenen anwendungsbezogenen Maschinenentwicklung beflügeln würde.

- Im gesamten Bereich der chemischen und verfahrenstechnischen Industrie gibt es den Problemkreis der gegenseitigen Beeinflussung von Prozeß- und Maschinenentwicklung. Beispielsweise kann die Entwicklung von Heißgas-Umwälzanlagen bei höchsten Temperaturen den Aufbau und die Führung eines chemischen Prozesses erheblich beeinflussen. Die konstruktive Kombination eines chemischen Reaktors mit einer Mühle eröffnet unter Umständen einen ganz neuen Bereich verfahrenstechnischer Maschinengattungen. Zu den neueren Forschungsthemen gehört auch der Aufbau eines durch Maschinen verwirklichten Prozesses der trockenen Rauchgasentschwefelung bei niederen Temperaturen und eine neue Methode des Kunststoffrecyclings durch Gradieren bei hohen Drücken und Temperaturen mit anschließendem Hydrocracking. Auch die Nutzung von Ultraschall als gezielte Energiequelle für chemische Reaktionen gehört zu den Überlegungen im Sonderforschungsbereich.

Unter diesem Aspekt wird insbesondere von der Industrie die Bildung dieses Sonderforschungsbereiches begrüßt – nicht nur, weil hierbei eine Grundlagenforschung mit außerordentlicher Anwendungsnähe erwartet wird, sondern auch, weil man sich mit der Themenstellung des SFB den auch in der Industrie oft vermißten Dialog zwischen Verfahrenstechnik und Maschinenbau erhofft.

Diesen Problemkreisen widmet sich der SFB 180 mit der Bildung von untereinander verknüpften Forschungsprojekten, die meist von mehreren Hochschullehrern gemeinsam durchgeführt werden. Regelmäßige Arbeitssitzungen und Präsentationen der Forschungsergebnisse vor Industrieverbänden und in Symposien unterstützen die ständige Diskussion mit der Industrie und geben eine Fülle neuer Anregungen. Die grundlagenorientierte und auf übergreifende Konstruktionssystematik ausgelegten Anforderungen an die Einzelprojekte kommen in der Aufteilung des Gesamtvorhabens in Projektbereiche zum Ausdruck (**Bild 1**):

Projektbereich A:
Verfahrenstechnische Maschinen unter vorwiegend mechanischen Beanspruchungen

Die in diesem Projektbereich zusammengefaßten Teilprojekte befassen sich im Sinne einer maschinenbaulichen und konstruktionsmethodischen Grundlagenforschung mit den Bauteilen verfahrenstechnischer Maschinen, die vorwiegend durch mechanische Beanspruchungen, durch Abrasion und durch Verschleiß beansprucht sind und deren Prozeßbeanspruchung wesentlich von den konstruktiven Parametern abhängt. Kernobjekt ist der Rotor in Maschinen der Verfahrenstechnik (Zentrifugen, Windsichter, Mühlen usw.) unter hohen mechanischen Prozeßgeschwindigkeiten, der im Hinblick auf höhere Durchsätze und bessere Feinheitsgrade des durchzusetzenden Gutes weiterentwickelt wird. Hierzu werden Grundlagen der Gestaltung und Berechnung erarbeitet, Belastungskollektive im industriellen Einsatz ermittelt, die dynamischen Rotoreigenschaften berechenbar gemacht und das Verschleißverhalten der Einzelteile verbessert. **Bild 2** zeigt den im Institut für Maschinenwesen installierten Rotorprüfstand zur

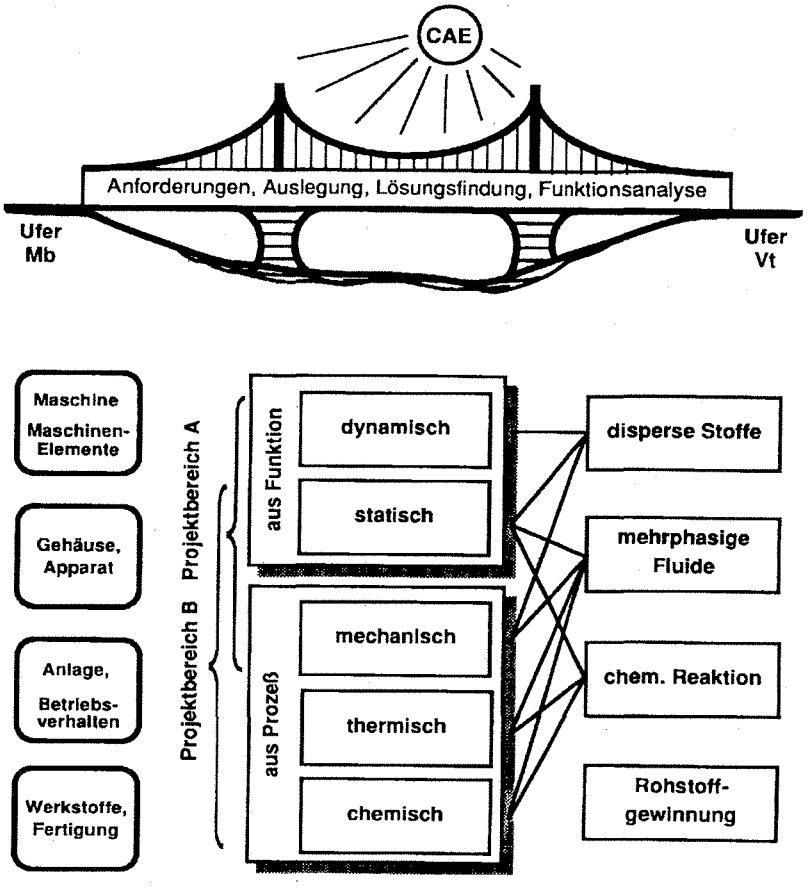

Bild 1 Zuordnung von Anwendungsfeldern zu Objekten und Belastungsarten verfahrenstechnischer Prozesse

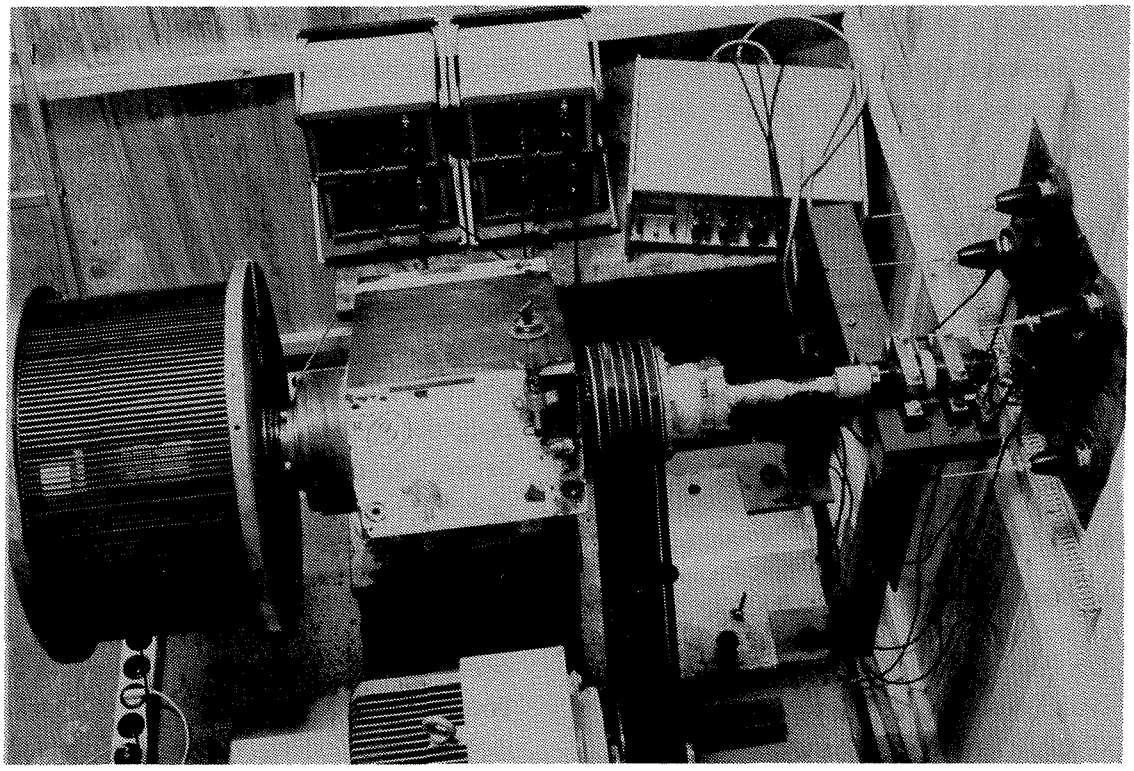

Bild 2 Rotorprüfstand mit eingebautem Windsicherrotor und drahtloser Meßwertübertragung

Erforschung der Beanspruchungen unter hohen Drehzahlen.

Der Projektbereich A enthält folgende Einzelprojekte:

A1 Dynamisches Verhalten und Beanspruchungen schnelllaufender Rotorsysteme unter dem Einfluß verschiedener Lagersysteme und Durchlaufhilfen (Prof. Dr. rer. nat. D. Behr).

A2 Konstruktionsmethodik für Maschinen und Anlagen der Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. P. Dietz, Prof. Dr.-Ing. K. Leschonski).

A3 Die Feinsttrennung in Abweiseradsichtern und deren Anwendungsgrenzen (Prof. Dr.-Ing. K. Leschonski).

A4 Gestaltung von Durchbrüchen, Einsätzen und Verbindungen in Rotorsystemen und ihre Berücksichtigung bei der Tragfähigkeitsrechnung, vornehmlich in Windsichtern und Prallmühlen (Prof. Dr.-Ing. P. Dietz).

A7 Erstellung von Bemessungskollektiven für die Auslegung von Antrieben für verfahrenstechnische Maschinen (Prof. Dr.- Ing. H. Zenner).

A8 Werkstoffmechanische Untersuchungen von faserverstärkten Kunststoffen für den Aufbau von Verbundrotoren im Bereich der Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. W. Hufenbach).

A9 Verschleißfeste Schutzschichten mit definierter Gefügemorphologie für verfahrenstechnische Maschinen (Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates).

A12 Die Feinstmahlung in einer Prallmühle und deren Anwendungsgrenzen (Prof. Dr.-Ing. K. Leschonski).

A14 Automatische Überwachung von schnelllaufenden Maschinen (Prof. Dr. rer. nat. D. Behr).

A15 Konstruktive Maßnahmen zur Schallminderung an Hochleistungs-Prallzerkleinerungsmühlen (Prof. Dr.-Ing. H.-J. Barth).

A18 Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredderanlagen (Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck, Prof. Dr.- Ing. H. Zenner).

Projektbereich B:
Verfahrenstechnische Maschinen unter vorwiegend thermischen und chemischen Beanspruchungen

Dieser Projektbereich befaßt sich allgemein mit Maschinen und Prozessen unter hohen Temperaturen, die sehr oft chemische Stoffwandlungen zum Ziel haben. Damit wird einerseits die Grenze dieser Maschinen durch die Beanspruchbarkeit der verwendeten Werkstoffe bei hohen Temperaturen erreicht, es treten thermische Spannungen auf, und nicht zuletzt sorgen die im Prozeß verarbeiteten chemischen Reaktanden für verminderte Lebensdauer durch Korrosion, Spannungsrißkorrosion, chemischen Angriff, Umwandlung und anderes mehr. Die in diesem Bereich enthaltenen Projekte befassen sich einerseits mit der Verdichtung und dem Transport von Gasen unter sehr hohen Temperaturen, andererseits sind Untersuchungen zum Verhalten von Maschinenelementen unter sehr aggressiven Gasen in chemischen Reaktionsbehältern notwendig. Aus der Vermutung, daß sich nichtkatalytische chemische Reaktionen durch den gleichzeitigen Eintrag von thermischer und mechanischer Energie und durch die Ausnutzung der in frischen Bruchoberflächen vorhandenen Reaktionsbereitschaft beschleunigen und optimieren lassen, wurde eine Labormaschine entwickelt, die eine konstruktive Zusammenfassung von Mühle und Reaktor darstellt. Da bei solchen Anwendungen der Einsatz von neuen Werkstoffen eine große Rolle spielt, ist ein enger Kontakt mit der Werkstofftechnik vorhanden, insbesondere erfordert die Entwicklung von Heißgasgebläsen die Anwendung neuartiger Keramiken und ihrer

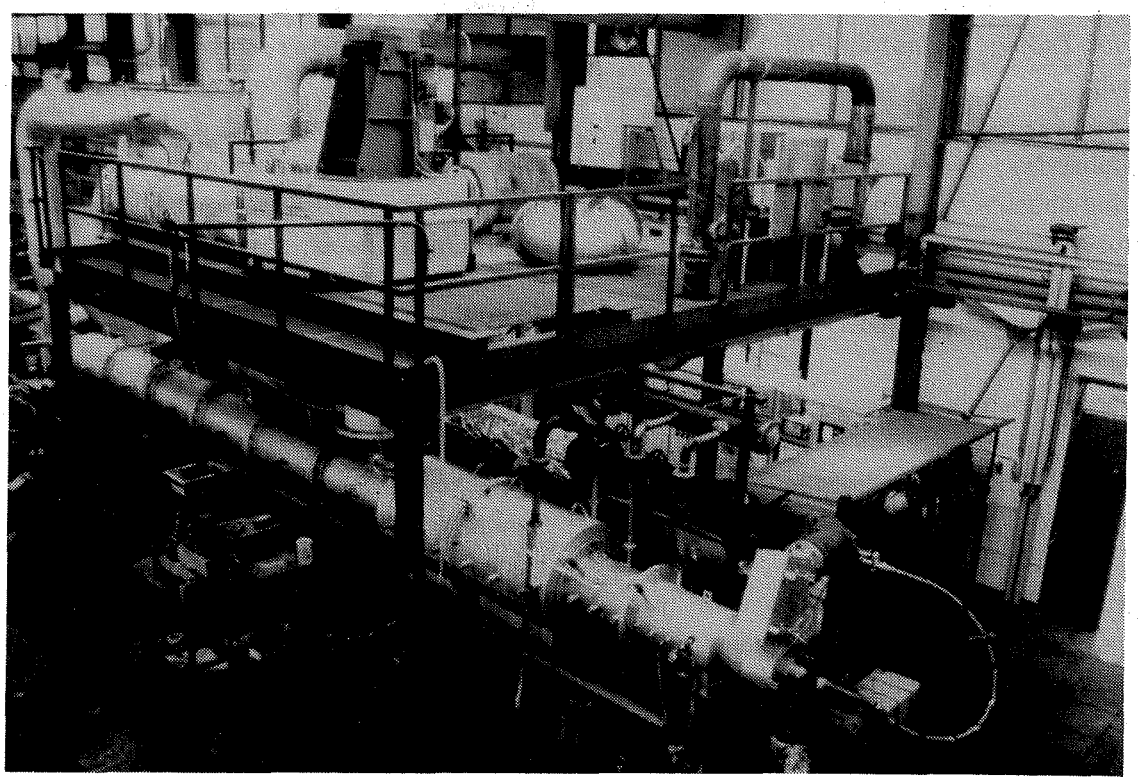

Bild 3 Ventilatorversuchsanlagen für Heißgastransport

Fügetechniken. **Bild 3** zeigt den in diesem Projekt am Institut für Energieverfahrenstechnik installierten Prüfstand für Heißgas-Ventilatorversuche.
Im einzelnen werden im Projektbereich Verfahrenstechnische Maschinen unter vorwiegend thermischen und chemischen Beanspruchungen folgende Themen behandelt:

B1 Entwicklung und Erprobung einer Reaktionsmühle für nichtkatalytische Gas-Feststoffumsetzungen wahrend der Mahlung (Prof. Dr.-Ing. K. Schönert, Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Prof. Dr.-Ing. P. Dietz).

B3 Konstruktionsstrukturen von Umwälzaggregaten unter vornehmlich hoher thermischer Belastung (Prof. Dr.-Ing. H.-J. Barth, Prof. Dr.-Ing. R. Scholz).

B4 Konstruktionsstrukturen von Kreislaufreaktoren für heterogenkatalytische Gas-Feststoffumsetzungen bei erhöhten Druck-, Temperatur und Korrosionsbeanspruchungen (Prof. Dr.-Ing. H.-J. Barth, Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann).

B6 Metall-Keramik-Verbindungen und Diffusionsschweißen und Kleben für den Einsatz in verfahrenstechnischen Maschinen (Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates, Prof. Dr. rer. nat. Hennicke †, Dr.-Ing. A. Schram).

B7 Untersuchung der Temperaturwechselbeständigkeit insbesondere von keramischen Werkstoffen als Grundlage für den Hochtemperaturmaschinenbau (Prof. Dr.-Ing. R. Jeschar, Prof. Dr. rer. nat. Hennicke †).

B9 Hochtemperaturkorrosionsschutz von Si- und C-Basiswerkstoffen sowie Metallen in verfahrenstechnischen Maschinen (Prof. Dr.- Ing. G. Borchardt, Prof. Dr.rer. nat. V. Kempter).

B10 Werkstoffbezogene Fertigung und Bauteilprüfung von Verschleißkomponenten (Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates).

B11 Kreisprozeß zur Entschwefelung (Prof. Dr.-Ing. R. Jeschar,Prof. Dr.-Ing. P. Dietz).

B12 Chemischer, thermischer und mechanischer Abbau von Polymeren in einem Hochdruckverdichter mit simultaner Reaktion für das Recycling von Kunststoffen (Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Prof. Dr.-Ing. P. Dietz).

B13 Werkstofftechnik für einen Reaktionsverdichter (Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates, Dr.-Ing. A. Schram).

B14 Grundlagen für die Reaktionstechnik. die Auslegung und den Bau von Ultraschallreaktoren (Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates).

Bereits die Vorförderungsphase zum Sonderforschungsbereich in den Jahren 1986 und 1987 hat ergeben, daß die übergreifende Anlage des Forschungsprogramm und die Beteiligung von Wissenschaftlern aus mehreren Fachbereichen nicht nur eine umfassende Bearbeitung der gestellten Themen erlaubt, sondern auch erheblich zu einem interdisziplinären Verständnis innerhalb dieser Hochschule beiträgt. Die damit angeregten Diskussionen und das fachliche "Zusammenrücken" von Hochschullehrern und Mitarbeitern unterschiedlicher Disziplinen hat sich als eine grundsätzliche Bereicherung der Forschungs- und Lehrtätigkeit in nahezu allen Arbeitsgruppen dieser Hochschule niedergeschlagen. Nicht zuletzt werden auch für die Lehre der Gebiete Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Werkstoffkunde und Fertigungstechnik aus dem Sonderforschungsbereich neue Impulse erwartet, die auch den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen der TU Clausthal eine besondere Attraktivität verleihen sollen.