Jahresbericht

des

Institutes für Elektrische Energietechnik

TU Clausthal

Bericht Nr. 8 (1997)

März 1998

Prof. Beck

Inhaltsverzeichnis

0 Vorwort

Liebe Freunde, Förderer und Mitarbeiter-Innen des Institutes,

im vergangenen Jahr stauten sich zum Jahresende so viele Aktivitäten, daß dieser Jahresbericht nicht, wie üblich, zum Jahreswechsel, sondern erst jetzt vorgelegt werden kann. Dies wird ihm aber sicher keinen Abbruch tun, da alle Informationen und Mitteilungen nicht so schnellebig sind, als daß sie nun nicht mehr aktuell wären. Ich empfehle daher insbesondere die Berichte der laufenden Projekte zur gefälligen Kenntnisnahme.

Herausragendes Ereignis im Institutsleben des vergangenen Jahres war sicherlich die erste Technologietagung des Institutes (siehe auch Programm im Anhang), an der ca. 50 Vertreter der Industrie, Absolventen und Angehörige des Institutes teilnahmen. Diesen Damen und Herren danke ich ganz herzlich für Ihre Beiträge, die in besonderer Weise zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben. Die gute Resonanz , welche die Tagung fand, gibt allen Anlaß in zwei Jahren eine weitere zum selben Thema stattfinden zu lassen.

Für das laufende Jahr wünsche ich allen noch viel Glück und Erfolg. Mit den besten Wünschen bis zum nächsten Jahr grüßt Sie in alter Verbundenheit

1 Lehre

1.1 Vorlesungen, neue Studiengänge

Die folgenden Vorlesungen wurden in diesem Jahr von Mitarbeitern des IEE angeboten. Die Zahlen geben jeweils die ungefähre Teilnehmeranzahl an.

Beck	Grundlagen der Elektrotechnik I/II	105
Beck	Elektrische Energietechnik (früher Elektrische Antriebe)	42
Beck	Regelung elektrischer Antriebe	10
Beck	Energieelektronik	12
Heldt	Sonderprobleme Elektrischer Maschinen	6
Diemar	Elektrowärme	3
Helmholz	Theorie der Wechselströme I/II	8
Wehrmann	Elektrische Energieerzeugung	8
Wehrmann	Elektrische Energieverteilung	10
Sourkounis	Regenerative Elektrische Energietechnik	7
Beck / Mertig	Photovoltaik-Anwendungen	12
Wenzl	Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge	
Salander	Elektrizitätswirtschaft	8
Rehkopf	Betriebsführung von Energie- und Verkehrs-systemen	8
Mühlbauer / Baake	Theorie Elektromagnetischer Felder	10

Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 294 Vor- und Hauptdiplomsprüfungen von den prüfungsberechtigten Hochschullehrern bzw. Lehrbeauftragten des Institutes abgenommen.
Außer im Fach „Grundlagen der Elektrotechnik I/II", in dem Vorexamensklausuren geschrieben wurden (133 Teilnehmer), fanden alle übrigen Haupt- (161 Teilnehmer) und Nachprüfungen mündlich statt.
Der neue Studiengang „Energiesystemtechnik", der im zweiten Jahr seines Bestehens im WS 97/98 mit 25 eingeschriebenen Studierenden startete, stellt eine Integration der Fachrichtungen Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Elektrotechnik dar, und ist bisher in dieser Form einmalig in der Bundesrepublik Deutschland (vgl. Anlage). Neben den sieben technisch-naturwissenschaftlichen Semestern ist mindestens ein Semester mit nichttechnischen Inhalten (z. B. Recht und Wirtschaft) und eines für die Diplomarbeit vorgesehen.
Neu eingeführt werden hierfür einige neue systemtechnische und nichttechnische Lehrveranstaltungen in denen der Systemaspekt deutlich zum Tragen kommt.

1. Energiesysteme (Professoren Barth, Scholz, Hoffmann, Beck)
2. Systemtheorie (Prof. Konigorski)
3. Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft (Prof. Jischa)
4. Seminar: Betriebliche Kommunikation (hier Organisation von Teamarbeit)
5. Projektarbeit im Team (bestehend aus mindestens 3 StudentInnen und ein bis zwei Fachprofessoren)

Neben der Energiesystemtechnik gibt es einen weiteren neuen Studiengang „Wirtschaftsingenieurwesen" der eine besondere Clausthaler Prägung durch die beiden Studienrichtungen

- Rohstoff und Energie und
- Prozeß und Produktion

aufweist. Im Gegensatz zu anderen Hochschulen, die fakultäts- bzw. branchenspezifische Studienrichtungen aufweisen (z.B. Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen), sind die genannten Clausthaler Studienrichtungen im klassischen Sinne fakultätsübergreifend und eher problem- orientiert (Anlage 1, Studienpläne) und am typischen Profil der Hochschule ausgerichtet. Das IEE ist an diesem Studiengang mit entsprechenden Grund-, Fach- und Schwerpunktfächern, die inhaltlich einen Bezug zur elektrischen Energietechnik aufweisen, beteiligt.

Eine weitere Neuheit gibt es im Studiengang Maschinenbau der im Zuge der Studienzeitverkürzung „entrümpelt" wurde. Die Spezialisierung in Studienrichtungen wurde, soweit inhaltlich möglich, abgeschafft, um eine allzu frühe Spezialisierung im Studium zu vermeiden. Es gibt nur noch die zwei Studienrichtungen (Anlage 2)

- Konstruktion, Fertigung, Betrieb und
- Elektrotechnik und Systemautomatisierung.

Die Studienrichtung Elektrotechnik und Systemautomatisierung ist eine Clausthaler Besonderheit. Sie wurde ausgebaut und durch moderne Inhalte ergänzt, auch weil in einem neuen Ranking (Manager-Magazin) diese Studienrichtung von der Industrie als ein sehr attraktives Angebot der TUC eingestuft wurde (Anlage 3). Getragen wird diese Studienrichtung von den drei Instituten

- Elektrische Informationstechnik
- Elektrische Energietechnik
- Prozeß- und Produktionsleittechnik

Aufgrund der zunehmenden Systemanforderung von Hochschulabsolventen seitens der Abnehmer (z.B. Fa. Siemens: 'Der Ingenieur als Manager') wird erwartet, daß eine steigende Nachfrage nach Absolventen der neuen Studienrichtung entsteht, da bei der Neukonzeption des Studienganges dieser Aspekt berücksichtigt wurde (40% technisch-wissenschaftliche Fächer, 10% nichttechnische Fächer, 15% maschinenbauliche Fächer (Systemkompetenz), 35% Elektrotechnik-Fächer (Fachkompetenz).

1.2 Übungen, Praktika

Im Berichtszeitraum wurden folgende Übungen und Praktika angeboten. Die Zahlen geben jeweils die ungefähre Teilnehmerzahl an.

Große Übung	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wehrmann)	55
Tutorien	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	83
Tutorien	zur Klausurvorbereitung Vordiplom Elektrotechnik (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	97
Praktika	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wolf, wissenschaftliche Mitarbeiter und Hilfskräfte)	189
Übung	zu Elektrische Energietechnik (Wolf)	20
Übung	zu Regelung elektrischer Antriebe (Goslar)	12
Übung	zu Energieelektronik (Wenske / Tavana-Nejad)	10
Praktikum	zu Energieelektronik (Wenske)	7
Übung	zu Elektrische Energieerzeugung (Wehrmann)	8
Übung	zu Elektrische Energieverteilung (Wehrmann)	10
Praktikum	Elektrische Antriebe I für EST (Turschner)	3
Praktikum	Anlagen- und Steuerungstechnik (Vollmer)	5
Grundpraktikum	im Hauptstudium (Pflichtversuch Elektrische Antriebe) (Turschner)	54

Der in den letzten Jahren erfolgreich eingeführte Vorlesungs- und Übungsbetrieb mit Rechnereinbindung in den Fächern „Regelung elektrischer Antriebe“ und „Energieelektronik“ wurde in diesem Jahr auf den Vorlesungsbetrieb im Fach „Elektrische Energietechnik“ ausgedehnt. Hierzu wurden in der Vorlesung sog. „lebendige Zeigerdiagramme“ von den Synchron- und Asynchronmaschinen vorgeführt, um die komplexen Gleichungen, welche die Maschinen be-

schreiben, anschaulich zu machen. Der Ausbau der neuen Medien im Lehrbetrieb soll fortgesetzt werden (z.B. Vorlesungsinhalte im WWW bzw. auf CD-ROM).

1.3 Seminarvorträge

Keen, Ingo	Eine hinreichende Stabilitätsbedingung für unsichere Systeme mit Totzeiten
Böning, Tobias	Netzanbindung von Solarzellen Öffentlicher Vortrag im Rahmen eines Projektes zur Einspeisung von Solarstrom in das öffentliche Netz
Petersen, Jens	Netzanbindung von Solarzellen Öffentlicher Vortrag im Rahmen eines Projektes zur Einspeisung von Solarstrom in das öffentliche Netz
Schröder, Marko	Netzanbindung von Solarzellen Öffentlicher Vortrag im Rahmen eines Projektes zur Einspeisung von Solarstrom in das öffentliche Netz

1.4 Studien- und Diplomarbeiten

Studienarbeiten

Jost, Dagmar	Zeitliche Entwicklung spezifischer Leistungsgewichte und -volumina von elektrischen Maschinen und Umrichtern für drehzahlveränderliche Antriebe Betreuer: Beck

Kuhlmann, Mario	Beurteilung von Schäden durch Stromwärme an Gas-Hauseinführungskombinationen mittels Modelluntersuchungen Betreuer: Wehrmann
Smolenski, Christian	Entwurf und Realisierung einer elektronischen Einrichtung zur Nachbildung des stationären und dynamischen Verhaltens eines Batteriespeichers Betreuer: Wenske
Schröder, Marko	Projektierung und Realisierung der Betriebsführung einer Photovoltaikanlage Betreuer: Wenske
Petersen, Jens	Projektierung und Realisierung der Leistungsregelung einer Photovoltaikanlage Betreuer: Wenske
Böning, Tobias	Projektierung und Realisierung der Netzanbindung eines Photovoltaikgenerators Betreuer: Wenske
Heiner, Holger	Entwurf und Realisierung einer Betriebsführung für eine Photovoltaikanlage mit fremdgeführtem Umrichter Betreuer: Wenske
Wenzel, Matthias	Entwurf und Realisierung einer universellen Impulsformer- und Verstärkerstufe für Transistorschalter in der Energieelektronik Betreuer: Wenske

Lüer, Martin	Entwurf und Realisierung eines digitalen Lastflußrechners mir Mikroprozessorkern für eine batteriegespeiste Netzstützeinrichtung Betreuer: Wenske
Söffker, Carsten	Mechatronik Modelling of a High-Power Drive Including Experimental Verification Betreuer: Beck, Winterling (TU Delft)
Kuhlmann, Mario	Konzipierung und Realisierung einer Anzeigetafel zur Betriebszustandsvisualisierung eines Modellinselnetzes Betreuer: Sourkounis
Oltmanns, Arne	Simulation einer Leistungshalbleiterschaltung zur Ansteuerung eines Magnet-Elektrischen Getriebe-Automaten (MEGA) mit dem Programmsystem „PSpice“ Referent: Leppin, Betreuer: Schulze
Kuhlmann, Mario	Konzipierung und Realisierung einer Anzeigetafel zur Betriebszustandsvisualisierung eines Modellinselnetzes
Rösner, Julian	Modellierung und Implementierung der Funktion einer Photovoltaik-Anlage in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von autonomen Energieversorgungssystemen

Diplomarbeiten

Mitidis, Daniel	Entwurf und Realisierung einer digitalen Einrichtung zur Meßwerterfassung und Auswertung für Drehstromsysteme Betreuer: Wenske
Kinder, Jutta	Vergleich von Simulationsrechnungen mit Prüfstandsmessungen an einem Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug Betreuer: Beck / Wehrmann
Exarchou, Christos	Entwurf eines Energiemanagement-Konzeptes für ein autonomes Hybid-Energieversorgungssystem Betreuer: Sourkounis
Schlüter, Jörg	Anpassung der feldorientierten Regelung einer Synchronmaschine an das Modell einer Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer Betreuer: Turschner
Merri, Jamal	Untersuchung des generator- und wechselrichterspezifischen Betriebsverhaltens einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage Betreuer: Beck
Oltmanns, Arne	Entwurf, Auslegung und Berechnung einer Stromrichterschaltung für ein elektronisches PKW-Getriebe Betreuer: Beck
Laumann, Franz-Josef	Simulation eines einphasigen Wechselstromlichtbogens mit Stromrichterspeisung zur Untersuchung des Betriebsverhaltens Betreuer: Wolf

Böning, Tobias	Entwurf und Realisierung einer digitalen Spannungsregelung zur Stützung eines schwachen Energieversorgungsnetzes Betreuer: Wenske
Exarchou, Ch.	Entwurf eines Energiemanagement-Konzeptes für ein autonomes Hybrid-Energieversorgungssystem Betreuer: Sourkounis

2 Veröffentlichungen, Dissertationen

2.1 Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente

Zeitschriften- und Tagungsaufsätze

Siehe hierzu auch die Anlagen 4-7.

Beck	Entwicklung eines problemorientierten neuen Studienganges „Energiesystemtechnik“ Ingenieurinnen und Ingenieure für die Zukunft, Zentraleinrichtung Kooperation TU Berlin, 28. April 1997, S. 274 - 283
Beck / Deleroi / Söffker	Identification of Low Frequency Oscillations in a High-Power Drive for Implementation of modern Mechatronic Traction Control Systems and Stress Analysis of Drive Components Ansaldo, 2nd Technical Scientific Report, S. 29 – 43
Beck / Wolf	Ein neues Konzept für einen stromrichtergespeisten Drehstrom-Lichtbogenofen mit hoher Regeldynamik Stahl und Eisen 9/97, 15.09.1997, S. 95-99
Beck, Sourkounis, Kanakis	Power Control of Windpower-Converters with Asynchronous Generator 4th Int. Conference: Electrical Power Quality and Utilisation, 23. – 25. September 1997, Krakau, Polen, Tagungsband: Section 6, S. 423 – 431

Dissertationen:

Wu, Xiao Qiang	Doppel-Dreipunkt-Wechselrichtersystem zur Speisung von Induktionsmaschinen sehr großer Leistung mit hohen Anforderungen an Drehmomentgüte und -dynamik
Janning, Jörg	Regelung eines statischen Netzkupplungs-Umrichters zur Speisung des 16 2/3 Hz- Bahnstromnetzes aus dem Landesnetz
Thamodaran, Manoharan	Neukonzeption, Auslegung und Konstruktion einer Schweißanlage zum Engspaltschweißen

2.2 Vorträge / Seminare

Beck	Powercontrol of Windpower Converters with Asynchronus Generator 4th Int. Conference EPQU '97 , 23.-25. September 1997, Krakau, Polen
Beck	Lebensdauervergrößerung durch aktive Schwingungsbedämpfung Forum des Innovationsmarktes „Forschung & Technologie", Hannover Messe, 17. April 1997
Beck	Entwicklung eines problemorientierten neuen Studienganges „Energiesystemtechnik" Ingenieurinnen und Ingenieure für die Zukunft, Zentraleinrichtung Kooperation der TU Berlin, 28. April 1997 an der FHS Frankfurt/Main
Beck	Mechatronische Regelungen in der Fahrzeugtechnik Tage der Forschung, 6.+7. November 1997, Clausthal-Zellerfeld

Beck	Aktive Schwingungsdämpfung 04 '97
Beck	Elektrische Leistungsübertragung bei Schiffsantrieben Fa. MTU, Friedrichshafen 1/97
Sourkounis	„Shredder-Belastungsmessung und lastminimierte, energiesparende Shredderantriebe" 25. Ausstellungstagung ACHEMA, Frankfurt/M., 12. Juni 1997
Wolf	Vorstellung eines neuartigen Konzeptes für neztrückwirkungsarme Drehstromlichtbogenöfen zur Elektrostahlerzeugnisse 1. Technologietagung Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal, 28. November 1997
Goslar	Experimentelle Erprobung der analytischen gezielten Eigenwertvorgabe 1. Technologietagung Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal, 28. November 1997
Wenske	Versorgungskonzepte für elektrische Inselnetze 1. Technologietagung Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal, 28. November 1997
Vollmer	Prozeßbegleitende Gasnetzsimulation für das Gasversorgungsnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH 1. Technologietagung Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal, 28. November 1997

Turschner	Aktive Schwingungsbedämpfung zur Lebensdauererhöhung von mechanischen Komponenten mit Hilfe einer Evolutionsstrategie Kolloquium zum DFG-Schwerpunktprogramm „Systemintegration elektrischer Antriebe", 14./15. Mai, Dresden
Turschner	Strategien zur Lebensdauererhöhung von mechanischen Komponenten in elektrischen Antriebssystemen Arbeitskreis Leistungselektronik der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., 9. Oktober, Frankfurt/M.
Turschner	Parameteroptimierung mit Hilfe von Genetischen Algorithmen Mitgliederversammlung VFWH, 22. Oktober, Düsseldorf
Goslar	Simulation mit $MATRIX_X$ Rechenzentrumskolloquium der TU Clausthal, 24. Januar

2.3 Technische Notizen

Vollmer	Einsatz des Gasnetzsimulationssystems GANESI am Beispiel eines Strahlennetzes der Gasversorgung Thüringen, 01/97
Wolf	Vergleich von Messung und Simulation am einphasigen Prüfstand „Stromrichtergespeister Lichtbogenofen", 04/97
Wolf	Messungen mit frei brennendem Lichtbogen am einphasigen Prüfstand „Stromrichtergespeister Lichtbogenofen" , 08/97
Goslar	Die Einbindung von Evolutionsstrategien in das Softwareprogramm $MATRIX_X$, 09/97

Goslar	Die Analytische Gezielte Eigenwertvorgabe am Prüfstand „Gutbettwalzenmühle“, 09 /97
Vollmer	Prozeßmodelle zur Simulation und Beobachtung instationärer Strömungsvorgänge in Gasverteilnetzen auf Basis der Dissertationen von A. Weimann und G. Lappus, 11/97
Vollmer	Testen der Zustandsschätzung mit dem Modul GANEBO am Beispiel des 25bar-Netzes der GVT bei Verwendung echter Meßdaten, 11/97

2.4 Geförderte Forschungsvorhaben

DFG-Antrag - Sonderforschungsbereich 180, zusammen mit dem Institut für Betriebsfestigkeit und Maschinelle Anlagentechnik der TU Clausthal
„Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredderanlagen (Shredder)“
(A 18)
Status: genehmigt
Bearbeiter: Dr.-Ing. Sourkounis

DFG-Antrag
„Selbsteinstellender Antriebsschutzregler mit Drehstrombeobachter zur Lastkollektivminimierung mit unscharfer Logik“
(Be 1496 / 6-1)
Status: genehmigt
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Turschner

DFG-Antrag

„Stromrichterspeisung und Maschinenregelung für neuartige Reluktanzmotoren mit doppelseitiger Polausprägung"

(Be 1496 / 3-1)

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Tavana-Nejad

VFWH-Forschungsantrag AW 126

Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Math. Goslar

DFG-Antrag

„Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller"

(Be 1496 / 9-1)

Status: genehmigt

Bearbeiter: N.N.

Gasversorgung Thüringen (GVT) GmbH

Gasnetzsimulation für das Gasnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH (GVT)

Bearbeiter: Vollmer

2.5 Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte

Exkursionen:

Im Rahmen der Vorlesungen „Geschichte der Energietechnik" und „Elektrizitätswirtschaft" wurde eine dreitägige Exkursion durchgeführt. Zusätzlich zu einem Vortrags- und Seminarprogramm wurden folgende Besichtigungen durchgeführt

- Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
- Berufsaussichten bei Siemens/KWU
- Kohlekraftwerk Frauenaurach

SS 97(Teilnehmer 30 Studenten)

Die Absolventeninitiative veranstaltete eine, vom IEE begleitete Exkursion zum Thema „Praxisorientierung für Hochschulabsolventen" durch. Es wurden folgende Besichtigungen durchgeführt:

- Stadtwerke Leipzig (u.a. GuD-Kraftwerk)
- Kraftwerke Bitterfeld
- PGW-Turbo GmbH (Pumpen- und Gebläsewerk, Leipzig)
- Wolfener Schwefelsäure & Zement GmbH

SS 97

Gastaufenthalte:

Prof. Dr. Sun, Lionang University Fuxin, Volksrepublik China

Prof. Dr. Meng, Fuxin, Volksrepublik China

Dipl.-Ing. Winterling, TU Delft, Niederlande

Dipl.-Ing. Tulbure, TU Bukarest, Rumänien

Dr.-Ing. Chen, TU Lionang, Fuxin, Volksrepublik China

cand.-Ing. Wang, TU Lionang, Fuxin, Volksrepublik China

3 Forschungsarbeiten

3.1 Ausbau der Institutseinrichtungen

Zur weiteren Komplettierung der Institutseinrichtungen wurden folgende Neuanschaffungen getätigt:

- Digitale Signalprozessoreinheit TMS 320C31
- GANESI / GANEBO (Software zur Gasnetzbeobachtung)
- Aufbau eine Wind-, Globalsrahlungs-, Temperatur-Meßstation auf 10m Mast für Versuchszwecke (Praktikum Energiesystemtechnik)
- Magnetfeldsonde für Feldmessungen im Rahmen der 26. BImSchV
- Regelbare GS-Sammelschiene mit Rückspeiseeinrichtung (500V DC, ±160A DC) mit Glättungsfilter
- Regelbare GS-Stromquelle (±400V, ±160A DC)
- „Power-Analyser" zur Untersuchung der Netzqualität und hochgenauer Wirkungsgradbestimmung

3.2 Projektblätter

Die folgende Übersicht und die sich anschließenden neuen bzw. aktualisierten Kurzbeschreibungen der von den wissenschaftlichen Mitarbeitern durchgeführten Forschungstätigkeiten geben Auskunft über den derzeitigen Stand der laufenden Projekte des Institutes.

Forschungsgebiete des Instituts für Elektrische Energietechnik

IEE

Elektrowärme

- Netzrückwirkungsarmer Lichtbogenofen mit integriertem Drehstromsteller

Photovoltaik
(IEE-Fassadengenerator)

- Inbetriebnahme einer 2,5 kW-Photovoltaik-Anlage

EMVU-Messung

- Störfeldberechnung von Stromrichtern auf Bahnfahrzeugen und Fahrleitungen

Windenergie

- Windkonverter mit rückspeisefähigem Drehstromsteller für schwache Netze

Energiesystem-Simulation

- Lichtbogenofen mit Drehstromsteller
- Gasnetzsimulation mit Gasnetzbeobachter
- Impulsstromversorgung für Schweißgeräte

Geregelte el. Antriebe

- Energiesparende Shredder-Antriebe mit höherer Verfügbarkeit
- IGBT-Stromrichter für Transversalflußmotoren
- Zustandsregelung für Walzwerkshauptantriebe mit automatischer Inbetriebnahme

Energiepark IEE / CUTEC

- „Elektronische Synchronmaschine“ zur Netzstützung
- Konzepterstellung zur Gebäudeenergieversorgung

Übersicht: Forschungsgebiete — Stand: Dez. 1997

Stand der Technik:

- Antrieb mit direkt am Netz betriebener Asynchronmaschine und hydrodynamischer Kupplung als Überlastsicherung.

Problem:

- Anregung von Torsionsschwingungen im Antriebsstrang beim Hochlaufvorgang und durch den Shredderprozeß.
- Fortpflanzung der Lastspitzen durch den Antriebsstrang bis zum speisenden elektrischen Netz.
- Die Antriebsstrangstruktur mit zwei schlupfbehafteten Komponenten führt zu hohen Verlusten bei externer Belastung.
- Änderungen der Anlagenparameter, wie z.B. Hammerform oder Luftspalt zwischen Hammer und Gehäuse beeinträchtigen die Effektivität des Shredderprozesses und führen i.a. zur Verminderung des Durchsatzes (geringerer Ausnutzungsgrad).

Ziel:

- Durch Ausnutzung der kinetischen Energie in den rotierenden Massen sollen mit geeigneten Regelkonzepten Lastspitzen im Antriebsstrang sowie im speisenden Netz vermindert werden; "drehzahlelastischer Betrieb" /3/.
- Die zur Lastkollektivminimierung erforderlichen Leistungsreserven sollen durch Anpassung der Antriebssystemstruktur reduziert werden.
- Durch Regelkonzepte mit nichtlinearen Reglerstrukturen soll eine weitere Verbesserung des Ausnutzungsgrades erreicht werden. Hierbei steht die Reduzierung des technischen Aufwandes beim leistungselektronischen Stellglied (z. B. Umrichter) im Vordergrund.
- Die ungünstigen Einflüsse der Zeitvarianten Anlagenparameter und Schrottart auf dem Shredder-Prozeß sollen durch automatische Nachführung der Regler- und Betriebsparameter (z. B. Drehzahl) kompensiert werden.

Lösungsweg: siehe Bericht 1995

Ergebnisse '97 :- Realisierung eines Lasteingansfunktions-Rechners (LEF-Rechner) zur Gewinnung der realen LEF aus dem an großtechnischen Anlagen gemessenen Wellenmomentverlauf (s. Abb. 1).

- Neue Antriebskonzepte am Shredder-Prüfstand des IEE vergleichend zu bestehenden Konzepten untersucht (s. Abb. 1).
- Neue Antriebskonzepte am Modellshredder untersucht und erste Erkenntnisse aus den Untersuchungen für reale Anlagen gewonnen
- Untersuchungen mit Hilfe von Betriebsmessungen an verschiedenen großtechnisch ausgeführten Shredder-Anlagen bezüglich Leistungsfluß im Antriebsstrang und mittlere Wirkungsgrade des Shredders (s. Abb. 2,3).

Dokumentation:

/1/ Beck, H.P.; Sourkounis, C. und Wenske, J.
Torsionsschwingungen in Antriebssträngen mit hydrodynamischer-Kupplung
Antriebstechnik Heft 5/95

/2/ Sourkounis, C.; Beck, H.P.
Shredder- Energiesparende, Lastminimierte Shredder-Antriebe
Kolloquium des DFG-Sonderforschungsbereichs 180, Clausthal, 1996

/3/ Sourkounis, C.; Beck, H-.P.; Zenner, H.; Peter, F.
Drehzahlelastische Antriebe zur Lastminimierung bei Shredder-Anlagen
VDI-Schwingungstagung, Veitshöchheim, 1996

/4/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Kirchner J.; Schubert, G.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von

Shredder-Anlagen
Arbeitsbericht 1994-1996; Teilprojekt A18/YE2
Sonderforschungsbereich 180, Clausthal 1996

/5/ Beck, H.-P.; Peter, F; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Shredder-Belastungsmessungen und lastminimierte, energiesparende Shredderantriebe
ACHEMA '97
9-14 Juli 97, Frankfurt

/6/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Zusammenhang von Zerkleinerungsprozeß und Beanspruchungen im Antriebsstrang am Beispiel eines Shredders
zum XLVIII. Berg- und Hüttenmänischen Tag `97, Freiberg
Freiberger Forschungshefte A 840 `97

Projektleiter für IEE: Dr.-Ing. C. Sourkounis (Tel.: 05323/72-2594)

(Projekt ist ein Gemeinschaftsforschungsvorhaben mit dem Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit)

Datum: 22.12.97

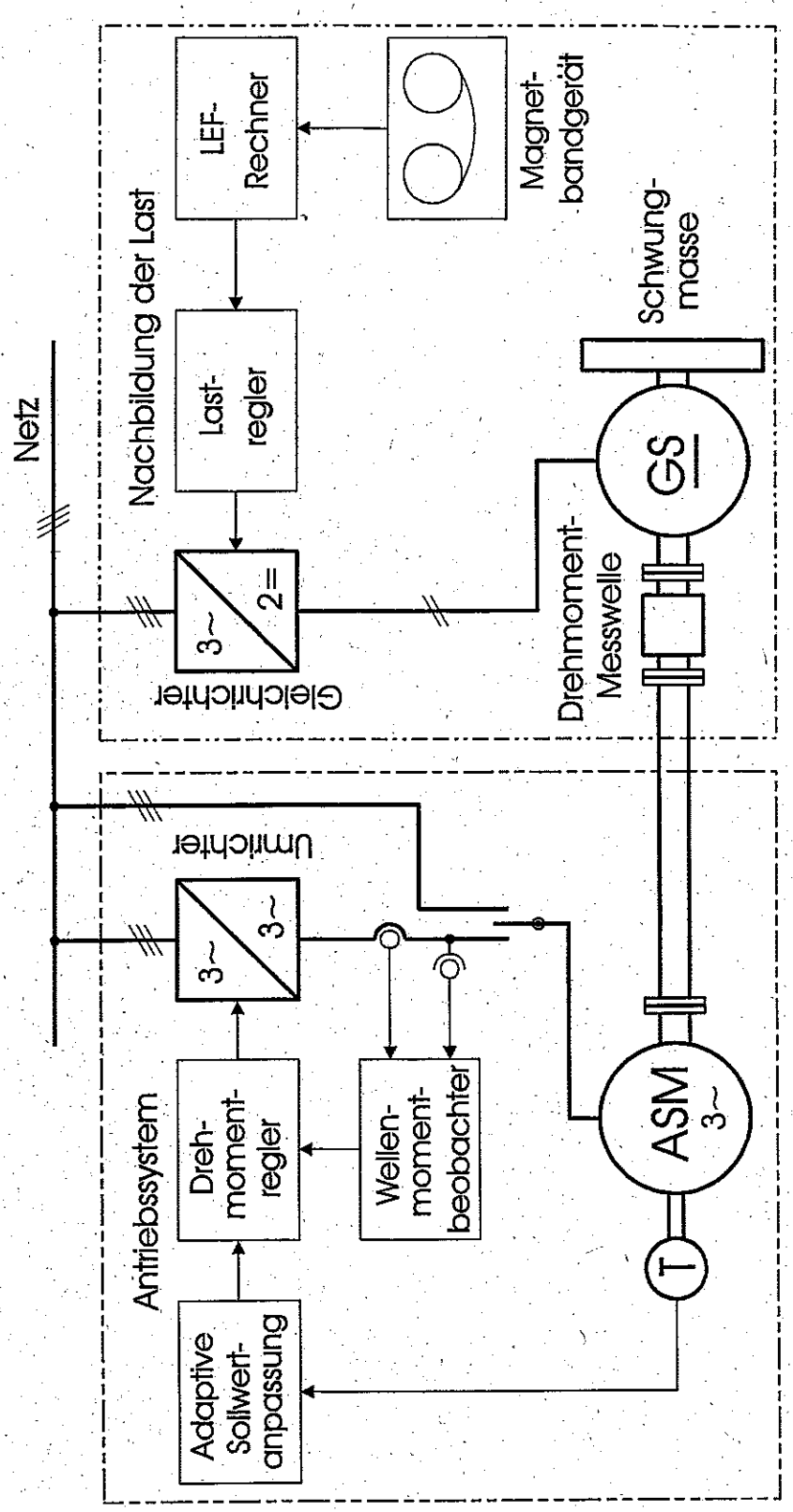


Abb. 1: Blockschaltbild des Shredder-Prüfstandes

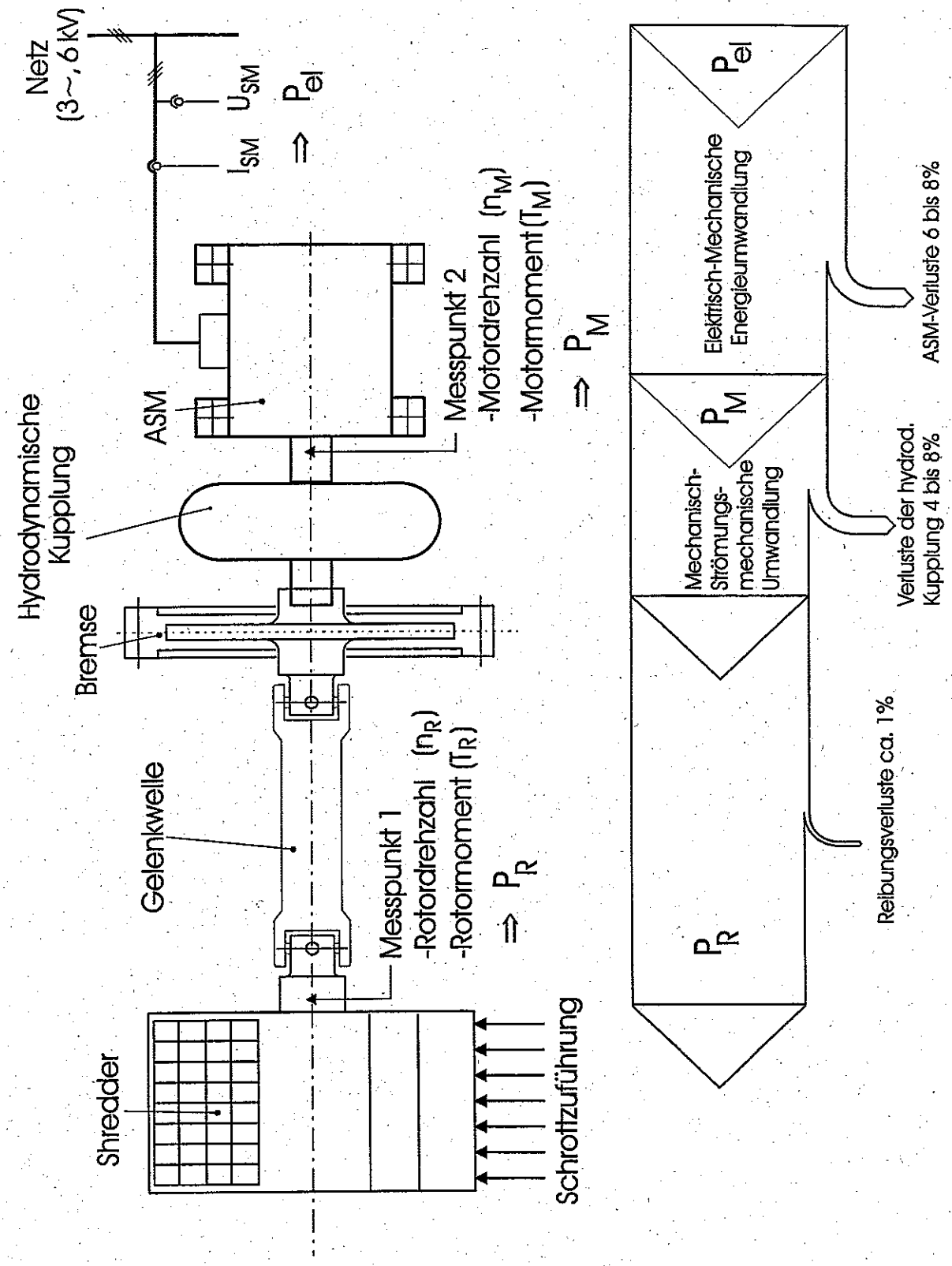


Abb. 2: Leistungsfluß im Antriebsstrang eines vermessenen Shredders (Tagesmittelwerte)

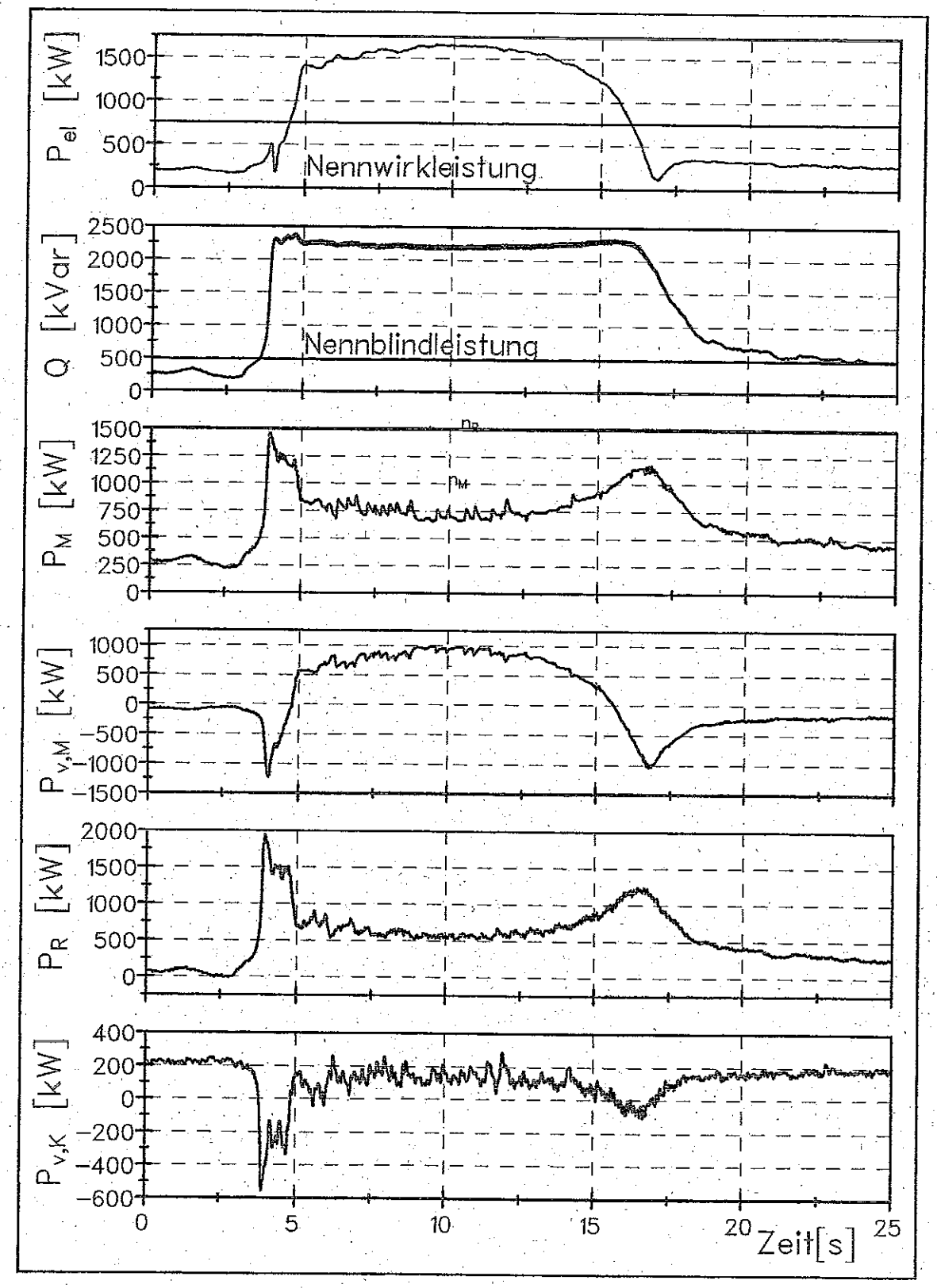


Abb.3: Leistungsfluß im Antriebsstrang eines Shredders bei einer extremen hohen Belastung

Problem: Die Berechnung der Magnetfelder von geometrisch und elektrotechnisch komplex aufgebauten leistungselektronischen Anlagen mit zeitabhängigen Strom- und Spannungsverläufen im Extrem-Low-Frequency-(ELF)-Bereich von 0 bis 300 Hz ist mit den gängigen numerischen Methoden nur schwer zu realisieren.
Eine zuverlässige Bestimmung dieser Felder ist jedoch von grundlegendem Interesse im Zusammenhang mit der Diskussion um gesetzliche Grenzwerte für Niederfrequenz-Anlagen.

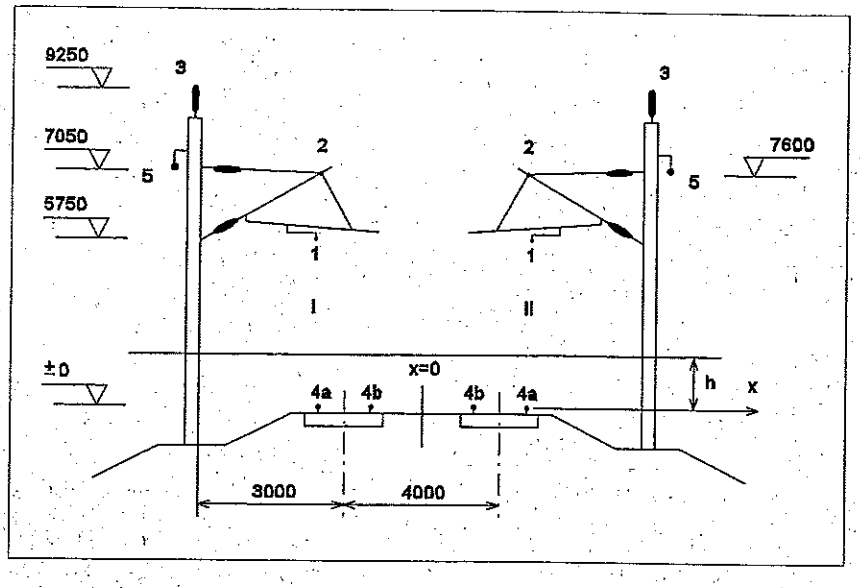
Ziel: Entwicklung eines programmierbaren Algorithmus, der den räumlichen Verhältnissen leistungselektronischer Anlagen gerecht wird und überhöhten Rechenaufwand vermeidet.

Lösungsweg: Auf der Grundlage des Gesetzes von Biot-Savart zur Berechnung stationärer Magnetfelder ist ein Algorithmus entwickelt worden, der die umfangreichen Leiterverlegungen innerhalb eines leistungselektronischen Komplexes und seine nichtlinearen Bauelemente der Stromrichtertechnik berücksichtigen kann. Die Frequenzen des Stromes werden dabei ignoriert, er wird zunächst wie Gleichstrom behandelt. Der Einfluß der Wechselfelder durch den transienten Skineffekt und daraus resultierende Wirbelströme in umgebenden Materialien soll durch die Hinzunahme von weiteren Leiterschleifen, die die Wirbelströme simulieren, in die Gesamtgeometrie berücksichtigt werden. Die Zulässigkeit dieser Methode soll sowohl mit Hilfe eines Feldberechnungsprogramms, das mit der Finite-Elemente-Methode arbeitet, untersucht werden, als auch durch Messungen von Feldern vor und hinter Trennwänden aus unterschiedlichem Material nachgewiesen werden.
Zur Überprüfung der praktischen Verwendbarkeit des Algorithmus und zur Verifizierung der Ergebnisse werden Bahnfahrzeuge beispielhaft herangezogen.

Stand der Untersuchungen: Rechnerische und meßtechnische Bestimmung und Überprüfung der Geometrie und Strombelegung der Leiterschleifen, die der Berücksichtigung des Einflusses durch in der Umgebung induzierte Wirbelströme dienen.

Bearbeiter: Dipl.-Phys. Corinna Ankermann (Tel.: 72-3736)

Datum: 25.11.1997



Legende:
1 = Fahrdraht
2 = Tragseil
3 = Verstärkungs-leitung
4a = äußere Schiene
4b = innere Schiene
5 = Rückleiter

Abbildung 1:
Fahrdrahtgeometrie der ÖBB-Hochleistungsstrecke Riedau-Andorf
(Quelle: Bauer,Th., Hadrian,W., Gruber,A., "Magnetische Induktion im Nahbereich einer zweigleisigen Bahnstrecke (16 $^2/_3$ Hz)", Elektromagnetische Verträglichkeit, VDE-Verlag Berlin, Offenbach 1994)

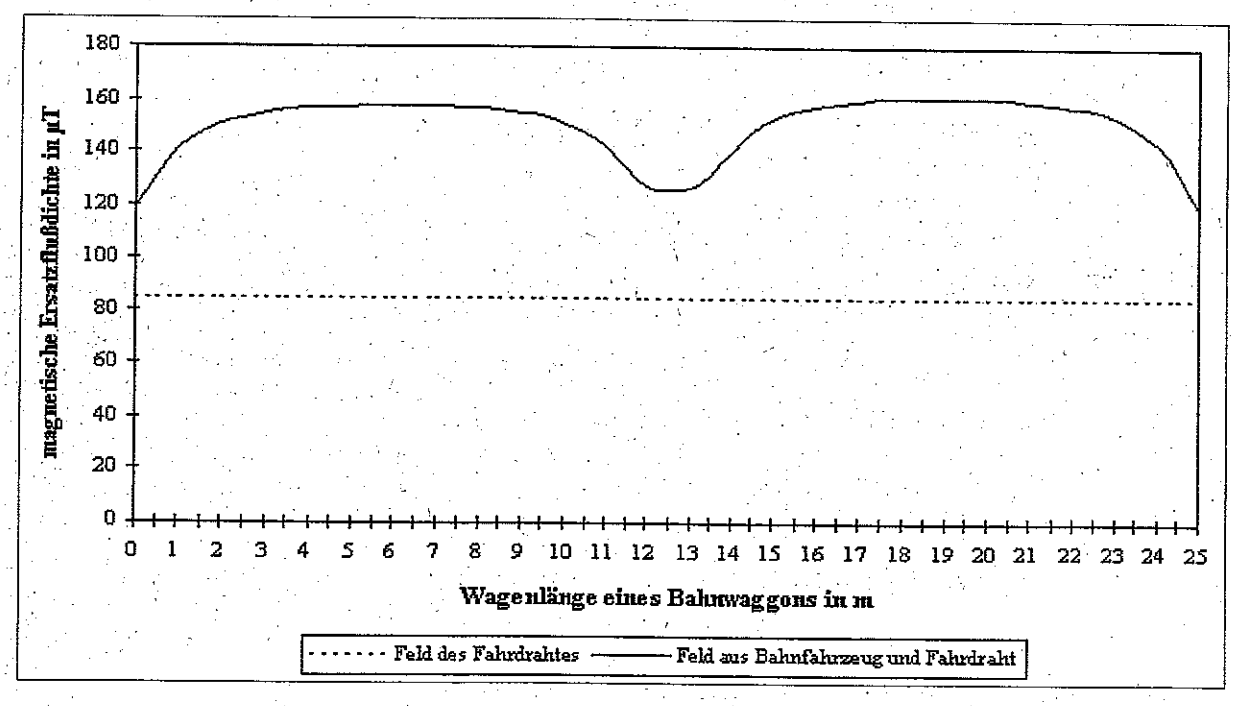


Abbildung 2: Berechnete Magnetische Ersatzflußdichte, die zum einen durch die mit 16 $^2/_3$ Hz durchflossenen Leiter der Bahnstromversorgung entsteht und zum anderen zusätzlich noch durch die vorhandenen Leiter in einem Bahnwaggon induziert wird;
die berechneten Punkte liegen 2m über der inneren Schiene (4b)

Ziel: Die Analytische Gezielte Eigenwertvorgabe zur Regelung elektrischer Antriebe.
Die Analytische Gezielte Eigenwertvorgabe (AGE) ist ein gesamtheitliches Konzept zur Zustandsregelung elektrischer Hochleistungs-Antriebe. Die AGE ermöglicht die einfache Synthese, eine sichere Inbetriebnahme und den übersichtlichen Betrieb eines hochdynamischen PI-Zustandsreglers.

Probleme: **Synthese:** Die Parameter des Antriebs sind unbekannt oder nur unzureichend genau bekannt.
Inbetriebnahme: Es gibt bisher keine allgemeine Vorschrift für eine sichere, d. h. stabile Inbetriebnahme eines PI-Zustandsreglers. In jedem Betriebspunkt muß ein beherrschbares Inbetriebnahmeverhalten gewährleistet sein.
Betrieb: Eine sinnvolle Strategie zum Reglerentwurf erfordert eine Berücksichtigung der Robustheit und muß unnötige Eigenwertverschiebungen vermeiden. Eine Erhöhung der Dynamik erfordert oft einen neuen Entwurf.

Lösungsweg: **Synthese:** Die Parameter des Antriebs werden anhand eines gemessenen, repräsentativen Signalverlaufes mit Hilfe von Genetischen Algorithmen identifiziert. Dies erlaubt eine Selbstinbetriebnahme und die Adaption an zeitlich veränderliche Parameter.
Inbetriebnahme: Durch eine Analyse von Wurzelortskurven wird eine stabile Inbetriebnahmevorschrift abgeleitet.
Betrieb: Durch die Einführung geeigneter Entwurfsparameter und der gleichzeitigen Reduktion vom Freiheitsgrad im Entwurf wird ein übersichtlicher Zusammenhang zwischen der Dynamik des geschlossenen Kreises und den Rückführvektoren von Regler und Beobachter gewonnen.

Dokumentation: Goslar, M.: „Die Einbindung von Evolutionsstrategien in das Softwarepaket MATRIX$_X$“, Technische Notiz, IEE intern, September 1997
Goslar, M.: „Die Analytische Gezielte Eigenwertvorgabe am Prüfstand „Gutbettwalzenmühle“ (IEE)“, Technische Notiz, IEE intern, September 1997
Beck, H.-P.; Goslar, M.: „Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln“, Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW126, Dezember 1997

Projekt: Optimierung der Regelung von Drehstromantrieben in der Hüttenindustrie

Vorträge: 24. Januar 1997: „Simulation mit MATRIX$_x$", Vortrag im Rahmen des Rechenzentrumskolloquiums im WS 1996/97 an der TU Clausthal.
9. September 1997: „Allgemeine theoretische Grundlagen zu Zustandsbeobachtern", Entwicklungsbesprechung zum Projekt „Gasnetzsimulation", IEE, Clausthal.
26. September 1997: Entwicklungsbesprechung zum Projekt VFWH-AW 126, IEE intern.
16. Oktober 1997: Betreuerkreissitzung des VFWH zum Projekt VFWH-AW126 „Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln", IEE, Clausthal.
22. Oktober 1997: Mitgliederversammlung des VFWH, Bericht über das Projekt VFWH-AW126, Düsseldorf.

Bearbeiter: Dipl.-Math. M. Goslar **Datum:** 17. November 1997
Tel. 72-3702

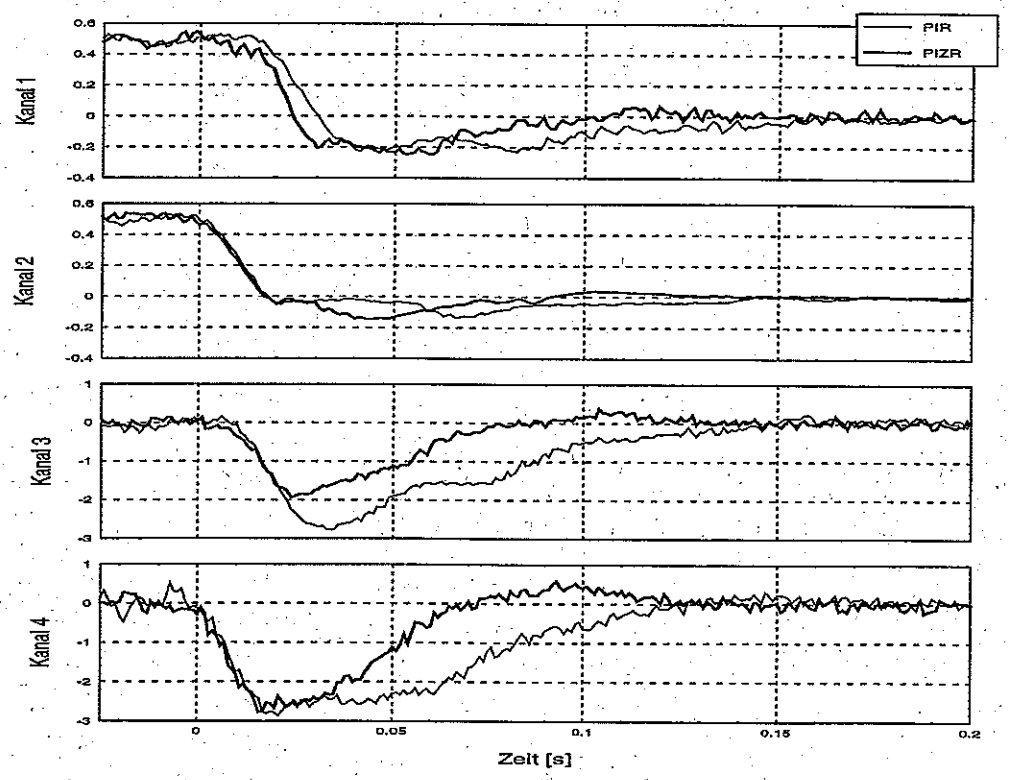


Bild 1: Vergleich des dynamischen Verhaltens eines PI-Reglers (dünne Linie) mit dem eines PI-Zustandsreglers nach der Analytischen Gezielten Eigenwertvorgabe (dicke Linie). Messung am Prüfstand des IEE. Lastsprung.
Kanal 1: Luftspaltmoment, Kanal 2: Wellenmoment
Kanal 3: $(n_{Soll}-n_{MotorIst})\cdot 100$, Kanal 4: $(n_{Soll}-n_{LastIst})\cdot 100$

Projekt: Optimierung der Regelung von Drehstromantrieben in der Hüttenindustrie

Aufgabe:
- Projektierung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Kommutierungskonverters (KK) zur Stromrichterspeisung einer vierphasigen Transversalflußmaschine (TFE)

Arbeitsschritte, Lösungsweg:
- Realisierung des Leistungsteils in kompakter Bauweise in IGBT-Technik und induktivitätsarmer Flachleiteranordnung mit Spannungszwischenkreis
- Realisierung des Steuerteils in 19"-Technik und auf der 16-Bit-μcontroller-Basis
- Bereits erfolgt ist auch der vollständige Einbau in den Umrichterschrank sowie die Inbetriebnahme im IEE
- Untersuchung des Betriebsverhaltens der "vierphasigen elektrisch erregten Transversalflußmaschine" mit dem Prototyp des Kommutierungskonverters

Ziel:
- Verbesserung des Leistungsfaktors (gegenüber Zwei-Quadranten-Steller)
- Verringerung des Blindleistungsbedarfs "
- Verringerung der Ein- und Ausschaltverluste "
- Weiche Kommutierung "

Stand der Untersuchungen:
- Siehe IEE-Jahresbericht Nr.7 -'96
- Die ersten Meß- und Simulationsergebnisse haben die Fuktionsfähigkeit des KK sowohl für die Variante mit als auch ohne Symmetrierdrossel untermauert (vgl. Bild1, s. linke und rechte Hälfte). Die neue Schaltungsvariante mit dem Symmetrierdrossel (SD) bewirkt eine reduzierte Schalthäufigkeit und weiche Kommutierung (s. Bilder 2 u. 3). Die Kommutierungsspannung wird nicht nur von dem Zwischenkreis sondern zusätzlich durch die Gegeninduktionsspannung bereit gestellt; hierbei ist die Drossel (SD) für den im Arbeitsbereich optimalen Betrieb in erster Nährung in der Großenordnung der Maschineninduktivität und -leistung auszulegen. Der Blindleistungsbedarf kann dann nach einer Optimierung des Vorzündwinkels reduziert werden.

Dokumentation:
- IEE-Technische Notizen, Berichte (siehe IEE-Jahresberichte Nr.5 -'94, Nr.6-'95, Nr.7-'96)
- Genehmigter DFG-Antrag '95
- Diverse IEE-Studien- und Diplomarbeiten
- Genehmigter DFG-Fortsetzungsantrag und -Arbeitsbericht '97

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Pascha Tavana-Nejad (Tel: 72-3821)

Datum: 01.12.97

Projekt: Stromrichterspeisung neuartiger Reluktanzmotoren mit doppelseitiger Polausprägung

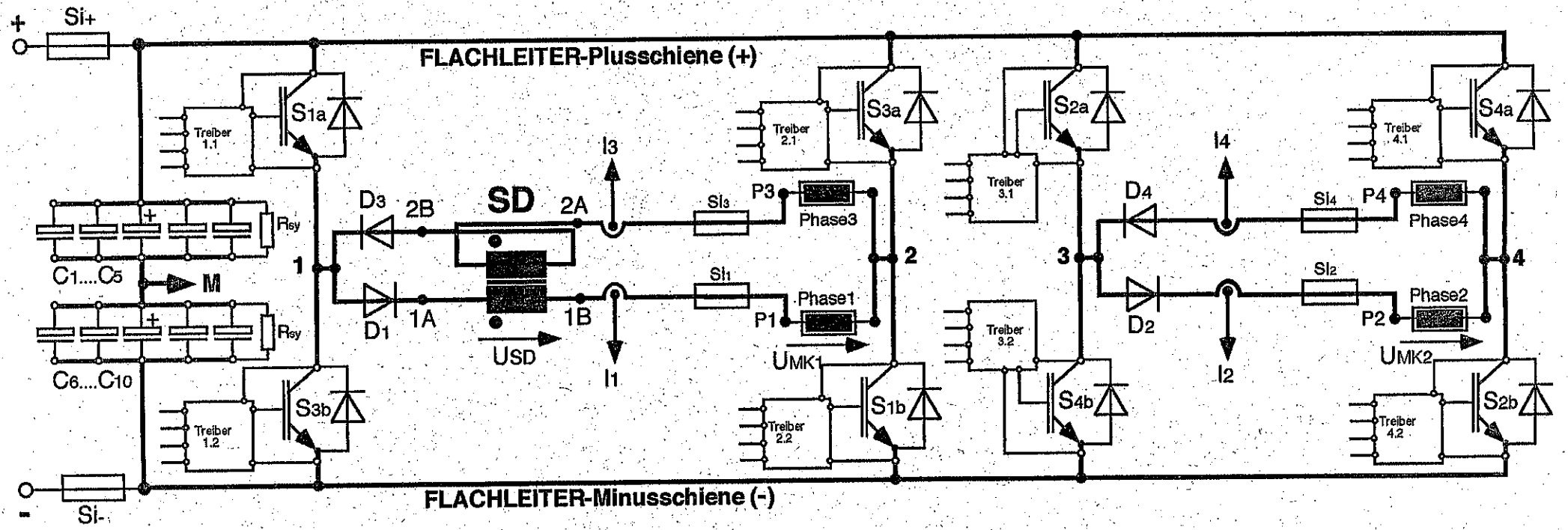


Bild 1: Schaltplan des Leistungsteils des sog. "Kommutierungskonverters"
"Schaltung des Wechselrichters mit den Maschinensträngen (Phase 1 bis 4)"
Linke Hälfte: Kommutierungskonverter mit Symmetrierdrossel (**SD**)
Rechte Hälfte: Kommutierungskonverter ohne Symmetrierdrossel (zum Vergleich)

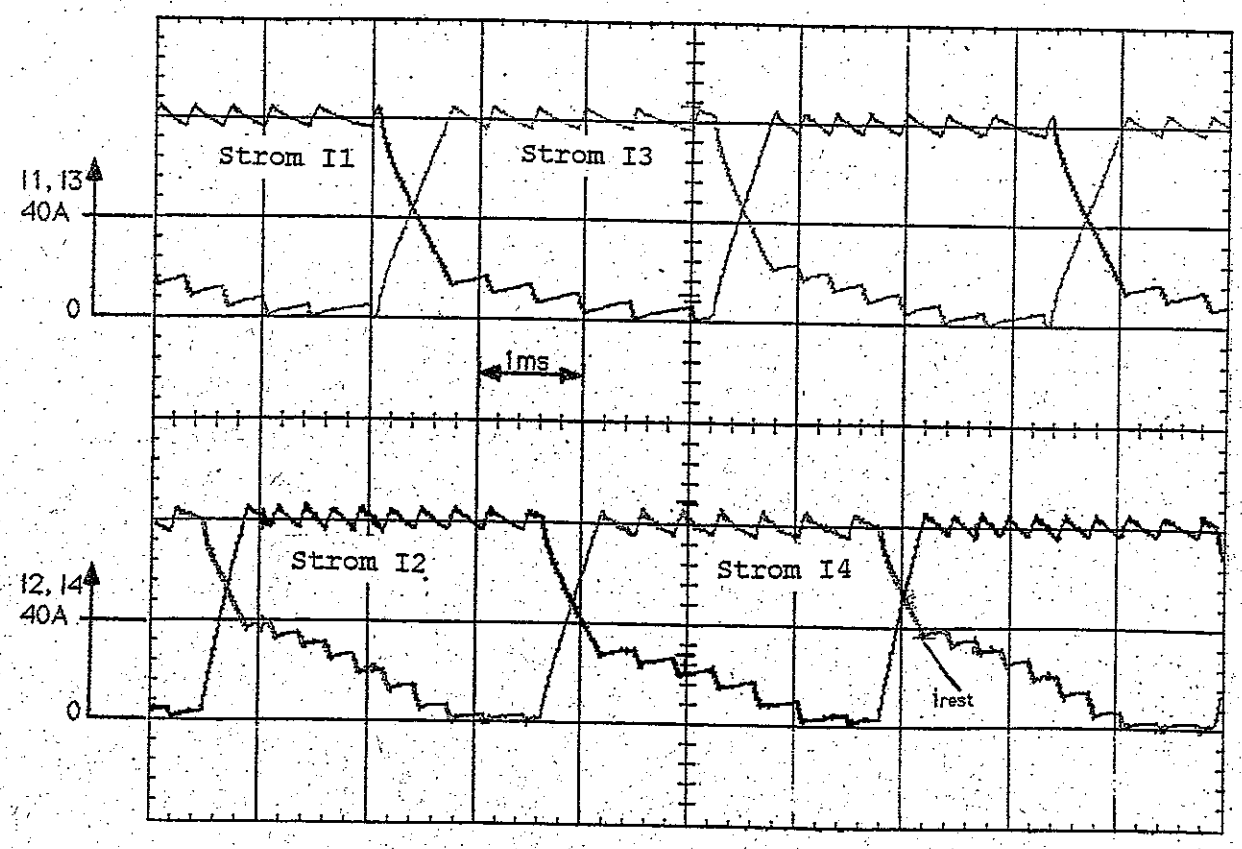


Bild 2: Zeitverläufe der Maschinenströme (oben) mit und (unten) ohne Symmetrier-Drossel
(Messung des Kommutierungskonverters bei : Isoll=80A, nist=150U/Min, Uz=200V)

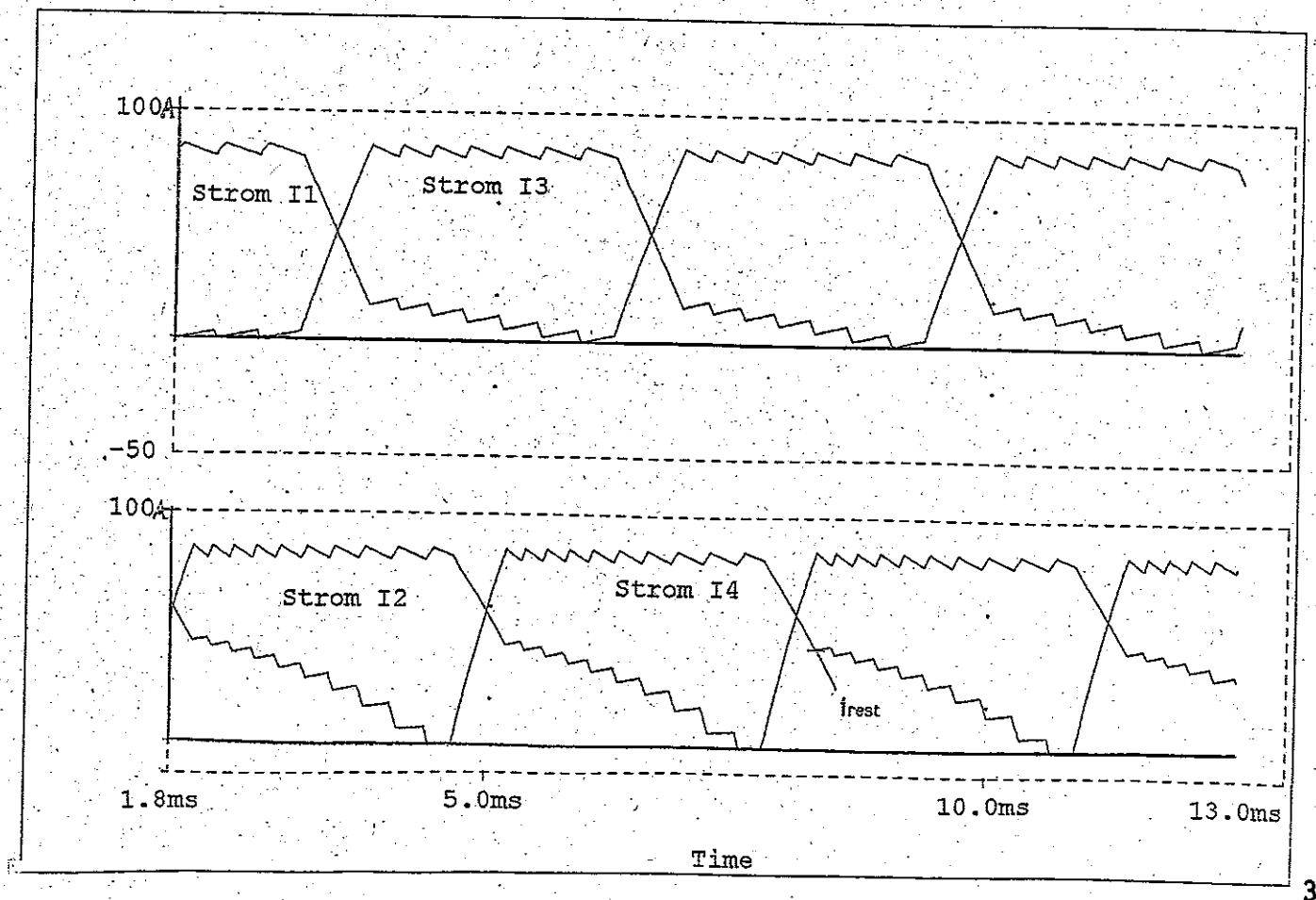


Bild 3: Zeitverläufe der Maschinenströme und Klemmenspannungen mit und ohne Symmetrier-Drossel
(Simulation des Kommutierungskonverters bei : Isoll=80A, nist=150U/Min, Uz=200V)

Problem: Selbsterregte Torsionsschwingungen in verfahrenstechnischen Anlagen, hier am Beispiel der Gutbettwalzenmühle führen zur frühzeitigen Alterung der Antriebsstränge und somit zu einer Verminderung der Lebensdauer der mechanischen Komponeten.

Ziel: Aktive Schwingungsbedämpfung in den Antriebssträngen und damit Minimierung der Lastkollektive mit Hilfe eines selbsteinstellenden Fuzzy-Antriebsschutzreglers, der sich unterschiedlichem Mahlgut und sich ändernden Prozeßbedingungen selbsttätig anpaßt.

Arbeitsschritte:

- Entwicklung einer Strategie zur Realisierung eines selbsteinstellenden Fuzzy-Antriebsschutzreglers auf der Grundlage von Genetischen Algorithmen.
- Implementierung des Genetischen Algorithmus in ein ablauffähiges Hochsprachenprogramm zur Erprobung in der Simulation (Simulationsprogramm WinFact) und am Prüfstand.
- Verifizierung der Strategie in der Simulation.
- Erprobung der Strategie am Prüfstand.

Stand der Untersuchung: Die Untersuchungen wurden im vierten Quartal 1997 abgeschlossen.

Dokumentation:

- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Selbsteinstellender Antriebsschutzregler mit Drehmomentbeobachter zur Lastkollektivminimierung mit unscharfer Logik.* Arbeitsbericht DFG-Forschungsvorhaben Be 1496/6-1, Februar 1997.
- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Strategien zur Lebensdauererhöhung von mechanischen Komponenten in elektrischen Antriebssystemen.* Antrag auf Begutachtung bei der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., September 1997.
- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Beurteilung der Auswirkungen unterschiedlicher Regelkonzepte auf die Lastkollektivminimierung im Antriebsstrang elektrischer Hochleistungsantriebe anhand von Prüfstandsversuchen* bzw. *Selbsteinstellender Antriebsschutzregler mit Drehmomentbeobachter zur Lastkollektivminimierung mit unscharfer Logik.* Abschlußbericht DFG-Forschungsvorhaben Be 1496/2-1, 2-2, 2-3, 6-1, Dezember 1997.

Vorträge:

- 14. Mai 1997: *Aktive Schwingungsbedämpfung zur Lebensdauererhöhung von mechanischen Komponenten mit Hilfe einer Evolutionsstrategie*, Kolloquium zum DFG-Schwerpunktprogramm "Systemintegration elektrischer Antriebe", 14./15. Mai 1997, Dresden.
- 09.Oktober 1997: *Strategien zur Lebensdauererhöhung von mechanischen Komponenten in elektrischen Antriebssystemen*, Vortrag zum Antrag auf Begutachtung im Arbeitskreis Leistungselektronik der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V., Frankfurt am Main.
- 22. Oktober 1997: *Parameteroptimierung mit Hilfe von Genetischen Algorithmen.* Präsentation eines Vorschungsantrages, Mitgliederversammlung VFWH, Düsseldorf.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Dirk Turschner (Tel: 72-2592)

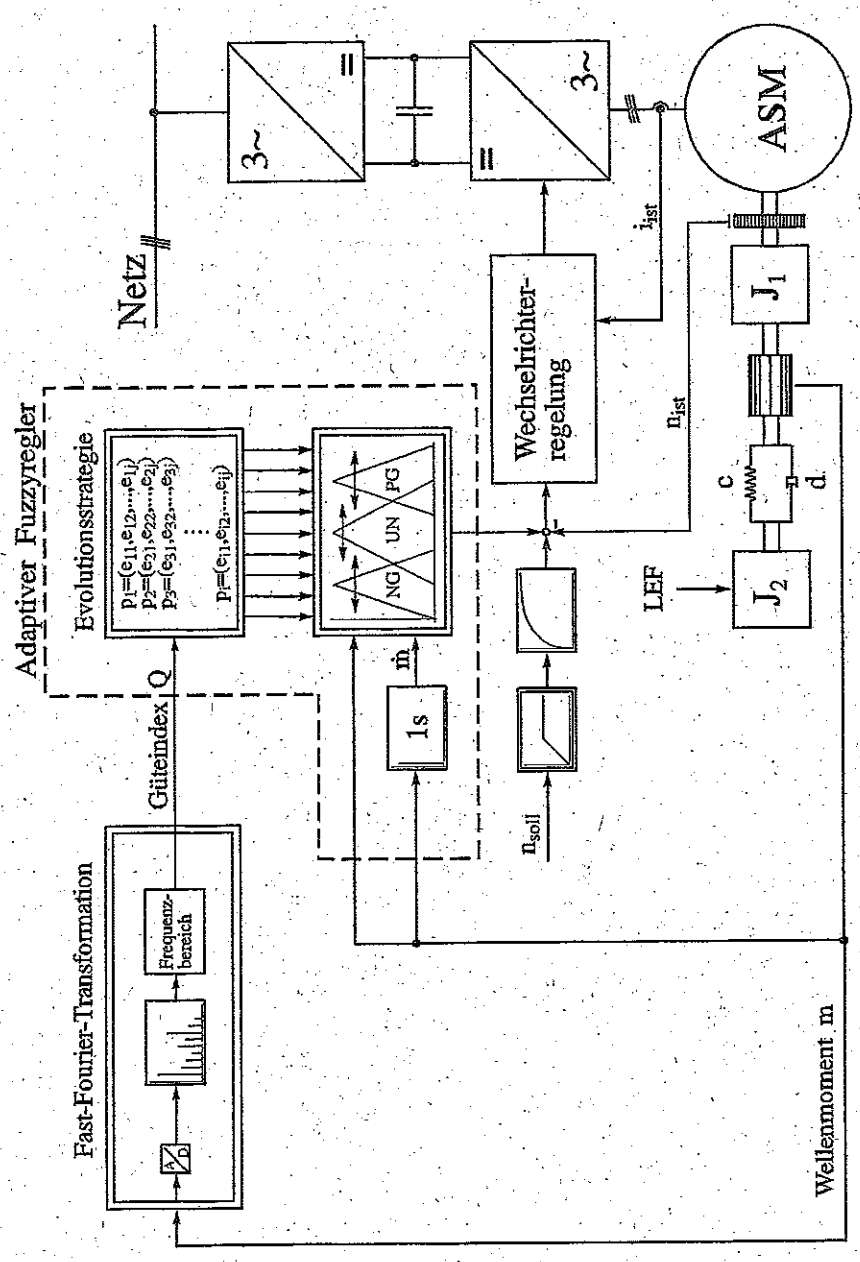


Abbildung 1: Konzept zur Realisierung eines adaptiven Fuzzy-Fuzzy-Antriebsschutzreglers auf Basis einer Evolutionsstrategie.

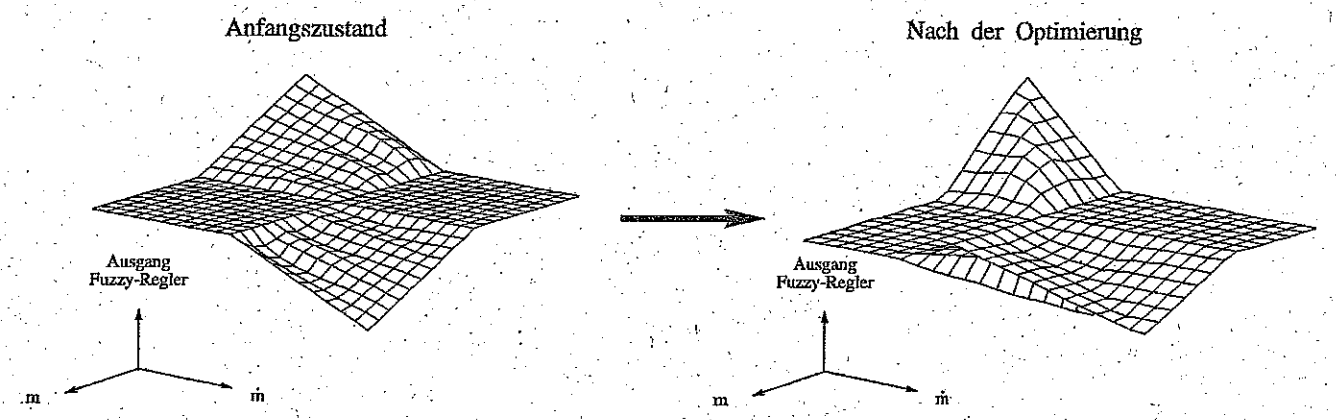


Abbildung 2: Kennfeld des Fuzzy-Reglers vor und nach der Optimierung mit Hilfe der Evolutionsstrategie (Optimierung über 50 Generationen, 20 Individuen pro Generation)

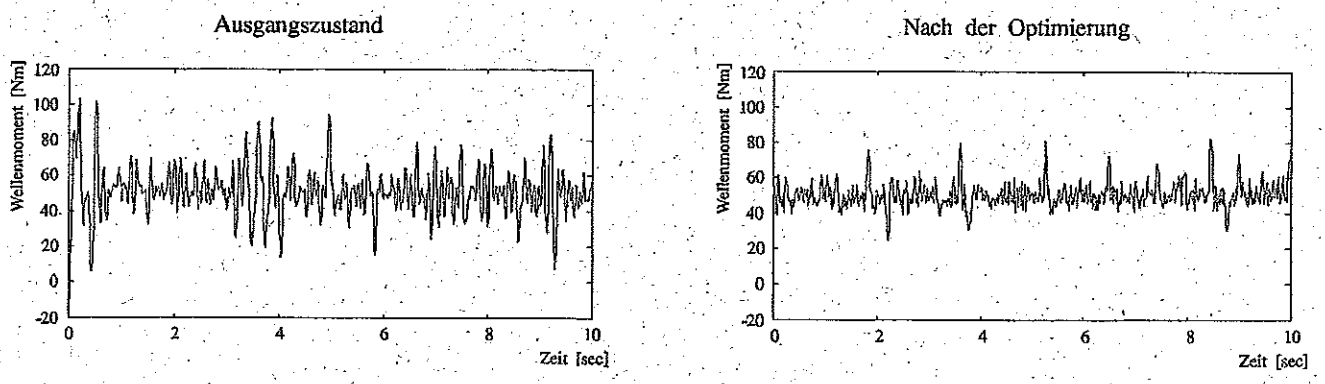


Abbildung 3: Amplitudenzeitverlauf des Wellenmomentes vor und nach der Optimierung

Ziel: Einsatz eines Echtzeit-Gasnetzsimulationssystems zur Unterstützung einer sicheren und wirtschaftlichen Gasversorgung (Netzführung, Bezugsoptimierung).

Insbesondere: Ermittlung nicht online gemessener Ausspeisemengen durch Einsatz eines Zustandsbeobachters.

Lösungsweg: siehe Jahresbericht 1996

Stand der Untersuchungen:

- Sensitivitätsuntersuchungen zum Einfluß bestimmter Rohrleitungsparameter und Überlegungen bezüglich der meßtechnischen Bestimmbarkeit
- Installation und Inbetriebnahme des Programmsystems Online-GANESI (Fa. debis Systemhaus)
- Anwendung des Zustandsbeobachters (Modul GANBEO des Online-GANESI) auf ein Teilnetz der GVT (25bar-Hochdrucksystem) und Entwicklung eines geeigneten Beobachtermodells
- Testen der Zustandsbeobachtung für das genannte Teilnetz unter Verwendung simulativ erzeugter sowie realer Meßdaten
- Quasistationäre Formulierung der im Online-GANESI verwendeten Simulations- und Beobachter-Differentialgleichungen und Lösung mit handelsüblicher Software zur Simulation dynamischer Systeme, um das wenig dokumentierte Online-GANESI transparenter zu machen
- Erweiterung des quasistationär formulierten GANBEO-Verfahrens (Zustandsbeobachtung) um ein Modul zur besseren Ermittlung nicht online gemessener Ausspeisemengen

Dokumentation:

- „Einsatz des Gasnetzsimulationssystems GANESI am Beispiel eines Strahlennetzes der Gasversorgung Thüringen GmbH"
  Technische Notiz des IEE, Januar 1997
- „Prozeßmodelle zur Simulation und Beobachtung instationärer Strömungsvorgänge in Gasverteilnetzen auf Basis der Dissertationen von A. Weimann und G. Lappus"
  Technische Notiz des IEE, November 1997
- „Testen der Zustandsschätzung mit dem Modul GANBEO am Beispiel des 25bar-Netzes der GVT"
  Technische Notiz des IEE, November 1997
- „Zustandsbeobachtung für das 25bar-System der GVT bei Verwendung echter Meßdaten"
  Technische Notiz des IEE, erscheint Dezember 1997

- Vortrag „Prozeßbegleitende Gasnetzsimulation für das Verteilnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH"
  1. Technologietagung des IEE, 27. November 1997

Bearbeiter: Dipl.-Ing. D. Vollmer (Tel.: 72-2572)

Dieses Forschungsvorhaben wird in enger Zusammenarbeit mit der Gasversorgung Thüringen GmbH, Erfurt (GVT).

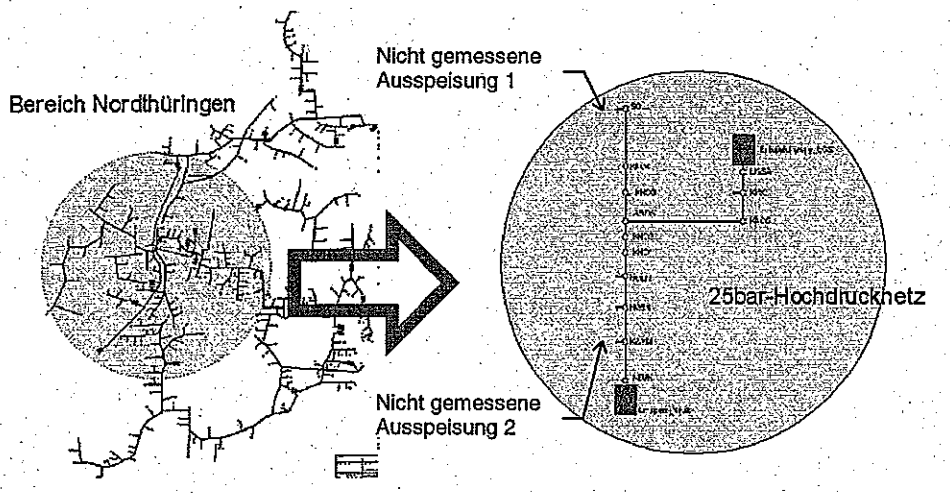


Abb.1: Genauer untersuchtes Teilnetz (25bar-System der GVT)

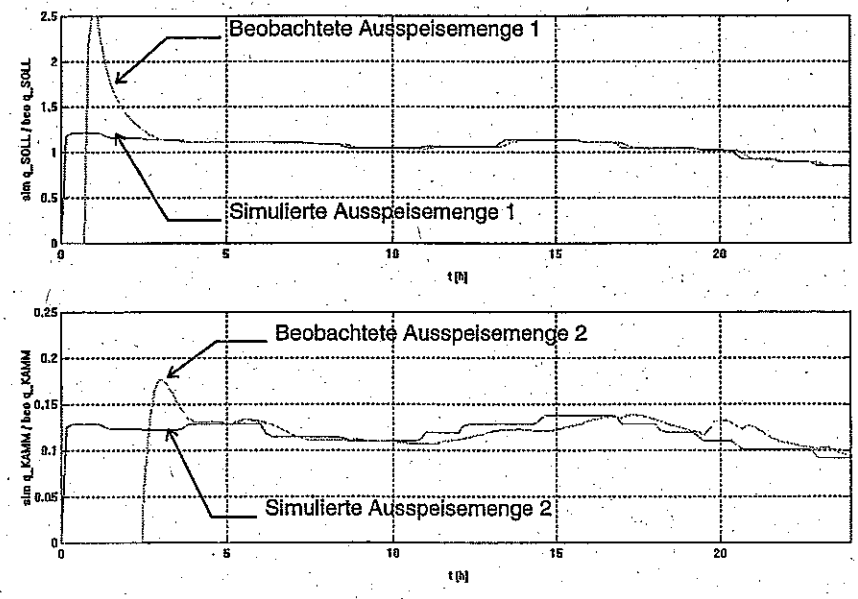


Abb. 2: Beobachtung der im 25bar-System (vgl. Abb. 1) nicht online gemessenen Ausspeisemengen bei Verwendung simulierter (konsistenter) Meßwerte (q in [kg/s])

Ziel: Einbindung von regenerativen Energiequellen in leistungsschwache Verbund- und autonome Inselnetze unter Beachtung der VDEW Normen für die zulässige Netzrückwirkungen

Lösungsweg: siehe Jahresbericht 1994

Prüfstand:
- Pulswechselrichter (PWR) mit passivem LC-Filter im Testbetrieb (letzter Bauabschnitt AMOEVES siehe **Bild 1**)

Stand der Untersuchungen:
- Entwurf und Teilrealisierung einer digitalen Regelung zur Stützung eines schwachen Versorgungsnetzes mit Hilfe eines GTO-Pulswechselrichters. Die Simulationsergebnisse für die Spannungsregelung am PCC für verschiedene Reglerauslegungen zeigen die **Bilder 2,3.** Die Regelung soll auf einem Signalprozessorsystem am Prüfstand (**Bild 1**) implementiert werden. (Beginn 1998)

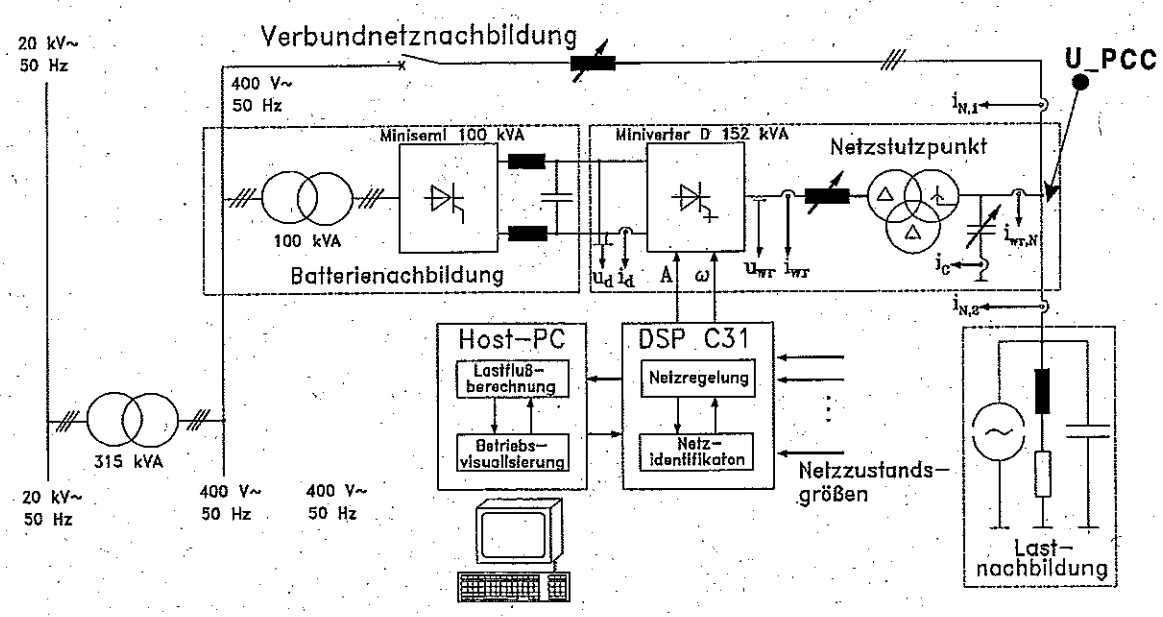


Bild 1 Prüfstandsaufbau des Netzstützpunktes in der Halle des IEE

Projekt: **AMOEVES** (Autonome **Mo**dulare **E**nergie**ve**rsorgungs**s**ysteme)

Teilprojekt: Aufbau einer batteriegespeisten Netzstützeinrichtung

Zu diesem Projekt durchgeführte Studien- und Diplomarbeiten:

1) Entwurf und Realisierung eines digitalen Lastflußrechners mit Mikroprozessorkern für eine batteriegespeiste Netzstützeinrichtung
(Martin Lüer ,abgeschlossen 5/97)

2) Entwurf und Realisierung einer digitalen Einrichtung zur Meßwerterfassung und Auswertung für Drehstromsysteme
(Daniel Mitidis, abgeschlossen 3/97)

4) Realisierung einer Online Lastparameterschätzung eines Energieversorgungsteilnetzes mit Hilfe eines digitalen Signalprozessorsystems
(Christian Smolenski,voraussichtlich abgeschlossen 2/98)

5) Entwurf und Realisierung einer digitalen Regelung zur Stützung eines schwachen Energieversorgungsnetzes
(Tobias Böning, abgeschlossen 12/97)

6) Entwicklung einer grafischen Benutzerschnittstelle für ein PC-Signalprozessorsystem am Beispiel einer Zustandsregelung
(Marko Schröder, abgeschlossen voraussichtlich 2/98)

Weitere Aktivitäten - Modernisierung des Energieelektroniklabors

Studienarbeiten in diesem Themengebiet:

1) Entwurf und Realisierung eines dreiphasigen Pulsmustergenerators für U-Umrichter
(Volker Gärtner, abgeschlossen 10/97)

Projekt: **AMOEVES** (**A**utonome **Mo**dulare **E**nergie**ve**rsorgungs**s**ysteme)

Teilprojekt: Aufbau einer batteriegespeisten Netzstützeinrichtung

2) Entwurf und Realisierung des Leistungsteil eines U-Umrichters mit Vorladeeinrichtung und Ausgangsfilter in IGBT-Technik für Pulsfrequenzen bis 20kHz
(Volker Gärtner, vorausichtlich abgeschlossen 3/97)

Photovoltaik

- Konzipierung einer Netzanbindung der institutseigenen Photovoltaikanlage mit fremdgeführtem Umrichter für autonomen Dauerbetrieb

1) Entwurf und Realisierung einer Betriebsführung für die Photovoltaikanlage mit fremdgeführtem Umrichter
(Holger Heiner, abgeschlossen 5/97)

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Jan Wenske (Tel: 72-3702) **Datum:** 20.11.1996

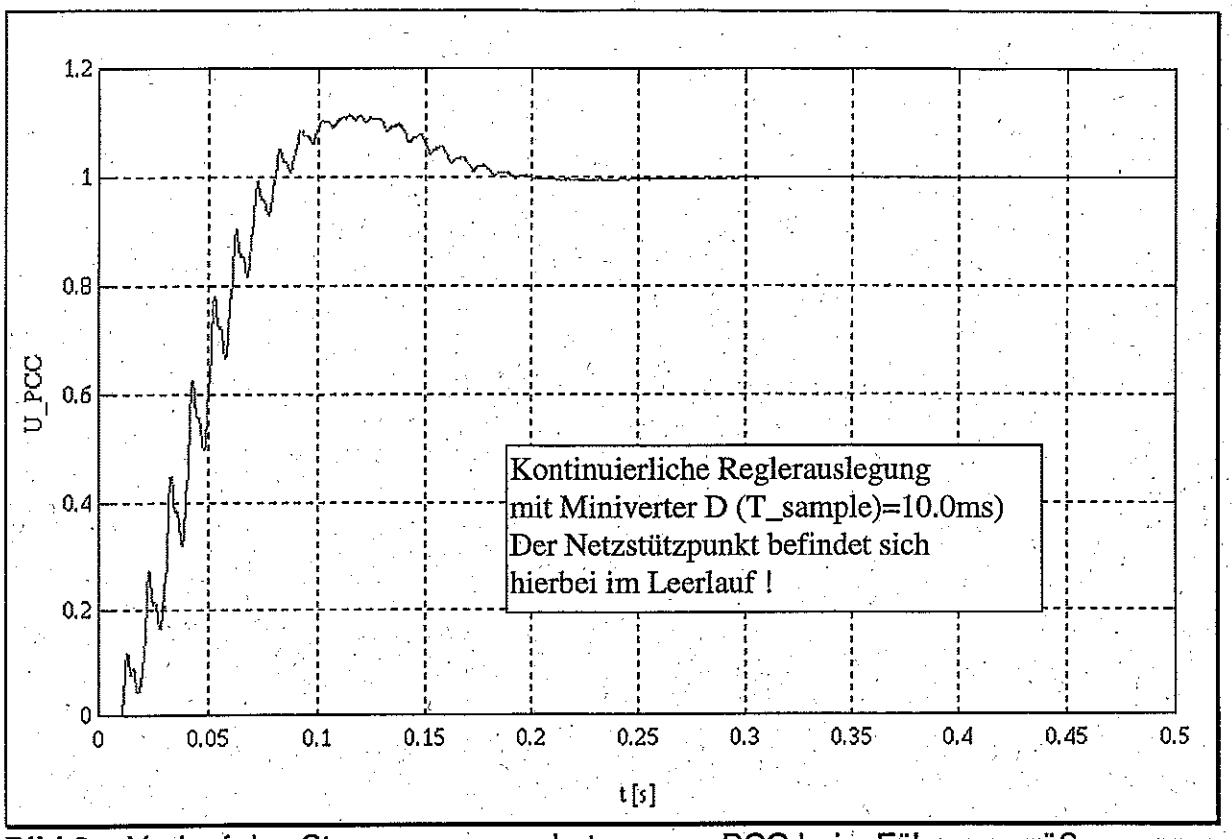


Bild 2a Verlauf des Strangspannungsbetrags am PCC beim Führungsgrößensprung

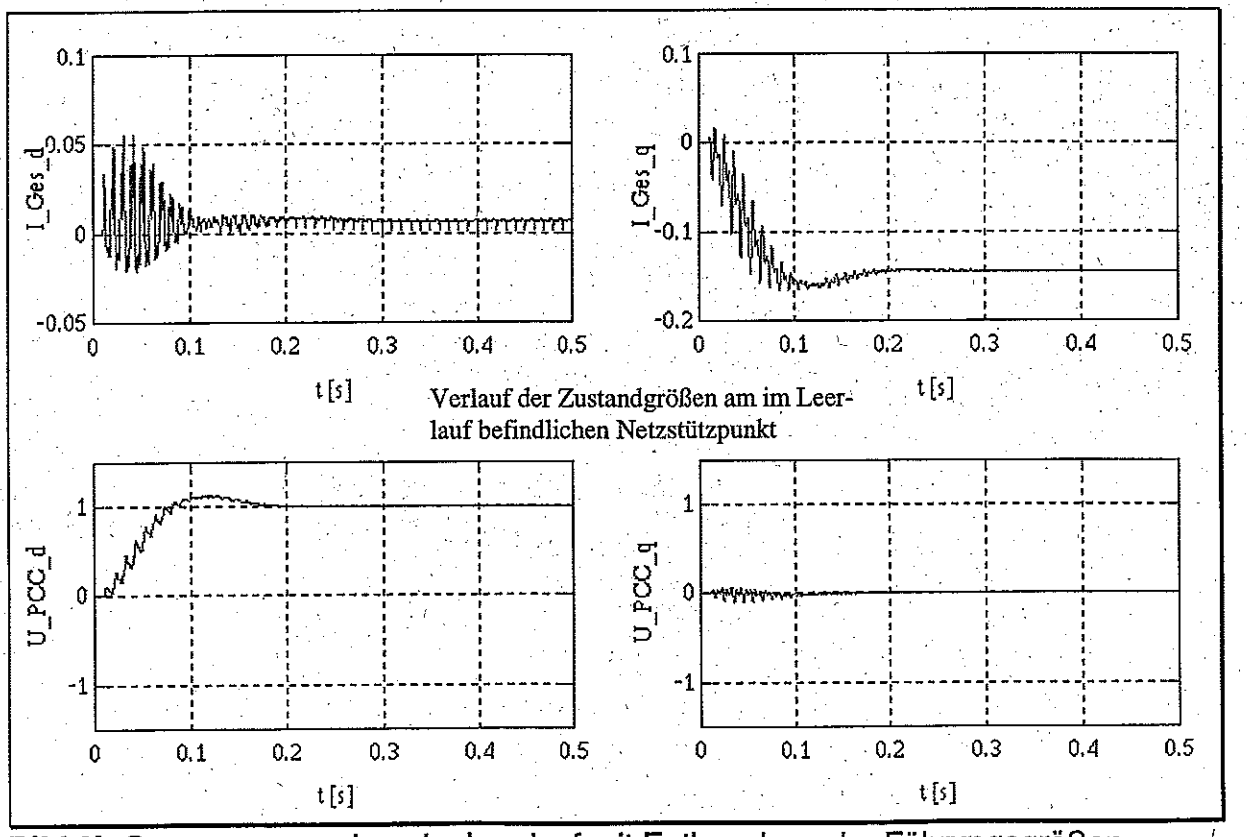


Bild 2b Spannungsregelung im Leerlauf mit Entkopplung der Führungsgrößen

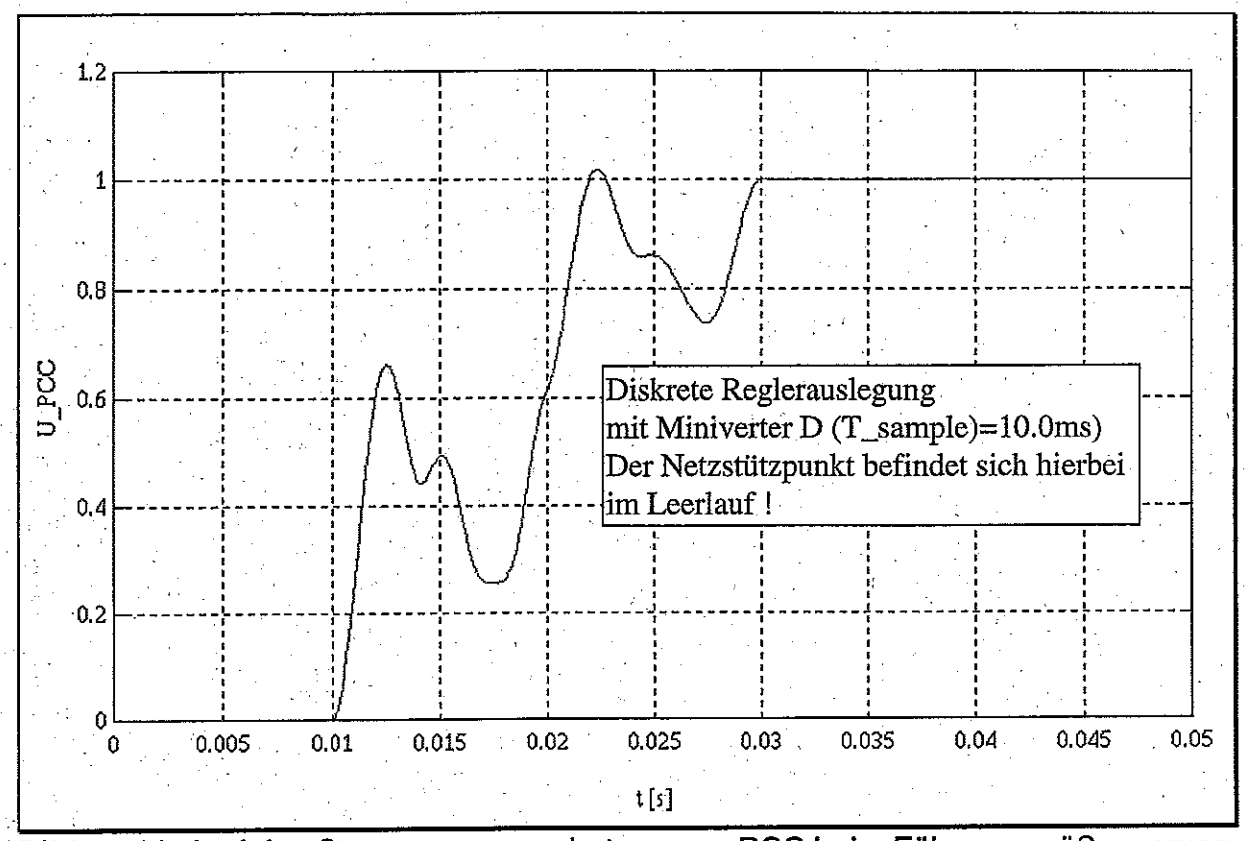


Bild 3a Verlauf des Strangspannungsbetrags am PCC beim Führungsgrößensprung

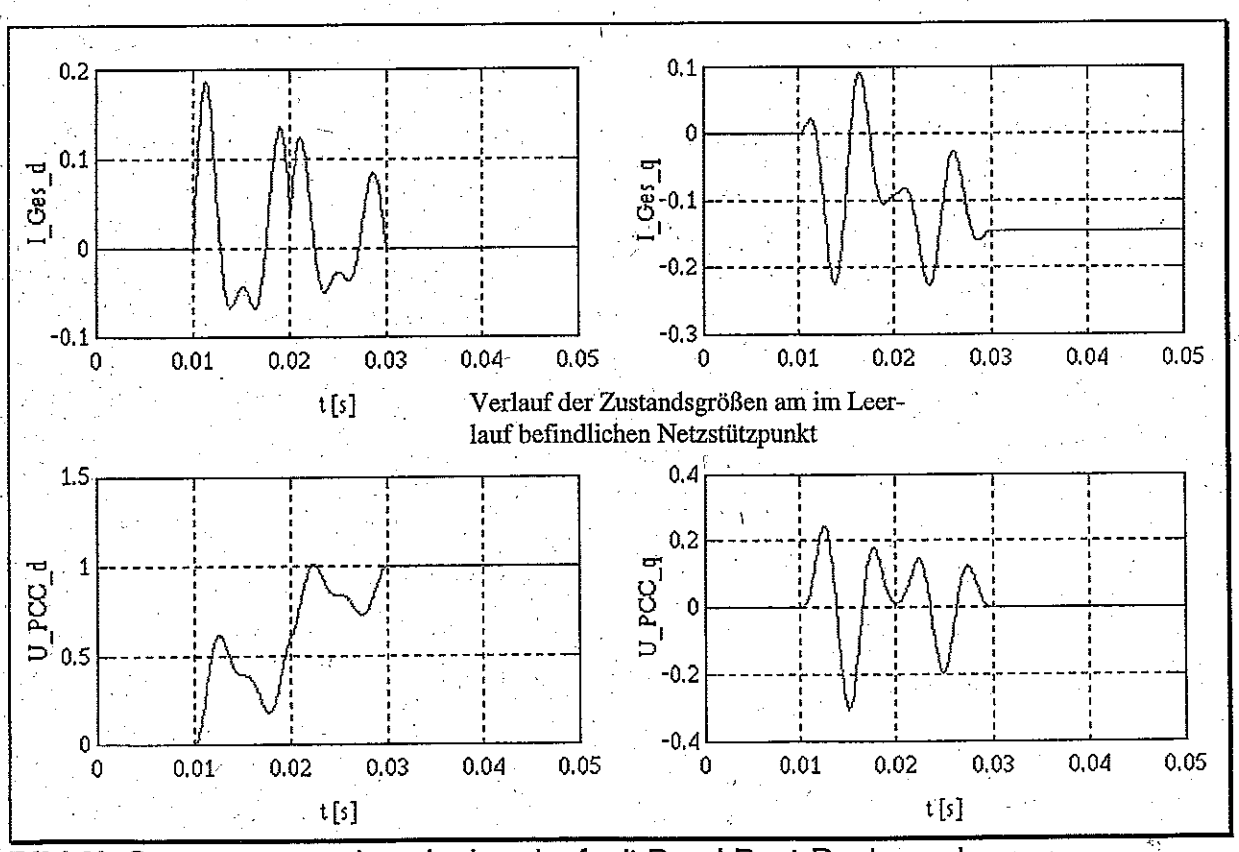


Bild 3b Spannungsregelung im Leerlauf mit Dead-Beat-Reglerauslegung

Problem: Drehstrom-Lichtbogenöfen verursachen durch Aufnahme unsymmetrischer schnell veränderlicher Blindströme häufig unerwünscht große Netzrückwirkungen im Drehstromnetz.

Ziel:
- Reduzierung der Netzrückwirkungen von Drehstrom-Lichtbogenöfen durch den Einsatz von Drehstromstellern
- Ersetzung der dynamischen Kompensationsanlage durch eine Festkompensation

Lösungsweg:
- Integration von Thyristorstellern in den Zwischenkreis des Ofentransformators
- Regelung der Thyristorsteller nach der Raumzeigermethode (zweiachsige Darstellung wie bei der feldorientierten Regelung von Drehfeld-Maschinen)

Prüfstand:
- Einphasiger Versuchsstand mit Zwischenkreistransformator und Thyristorstellern im Zwischenkreis. Phasenanschnittsteuerung durch einen Wechselstromsteller. Nachbildung einer Phase des Lichtbogenofens durch eine Drosselspule und einen schaltbaren Widerstand oder eine Schweißelektrode mit Lichtbogen (Bild 1)

Stand der Untersuchungen
- Arbeiten am einphasigen Prüfstand abgeschlossen, Prüfstand mit Regelung in Betrieb (Bild 2). Simulation in Übereinstimmung mit den Messergebnissen

Dokumentation:
- Technische Notizen des *IEE* (Verfasser: A. Wolf):
  " Vergleich von Messung und Simulation am einphasigen Prüfstand Stromrichtergespeister Lichtbogenofen" (04/97)
  "Messungen mit frei brennendem Lichtbogen am einphasigen Prüfstand Stromrichtergespeister Lichtbogenofen" (08/97)
  "Entwurf einer Regelung für den Prüfstand Stromrichtergespeister Lichtbogenofen" (11/97)
- "Ein neues Konzept für einen stromrichtergespeisten Drehstrom-Lichtbogenofen mit hoher Regeldynamik"
  Veröffentlichung in Stahl und Eisen 117 (1997) Nr. 9, S. 95-99
- "Simulation eines einphasigen Wechselstromlichtbogens mit stromrichterspeisung zur Untersuchung des Betriebsverhaltens"
  Diplomarbeit von Franz-Josef Laumann (09/97)

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Albrecht Wolf (Tel: 72-2939) **Datum:** 25.11.1996

Projekt: Stromrichtergespeister Lichtbogenofen

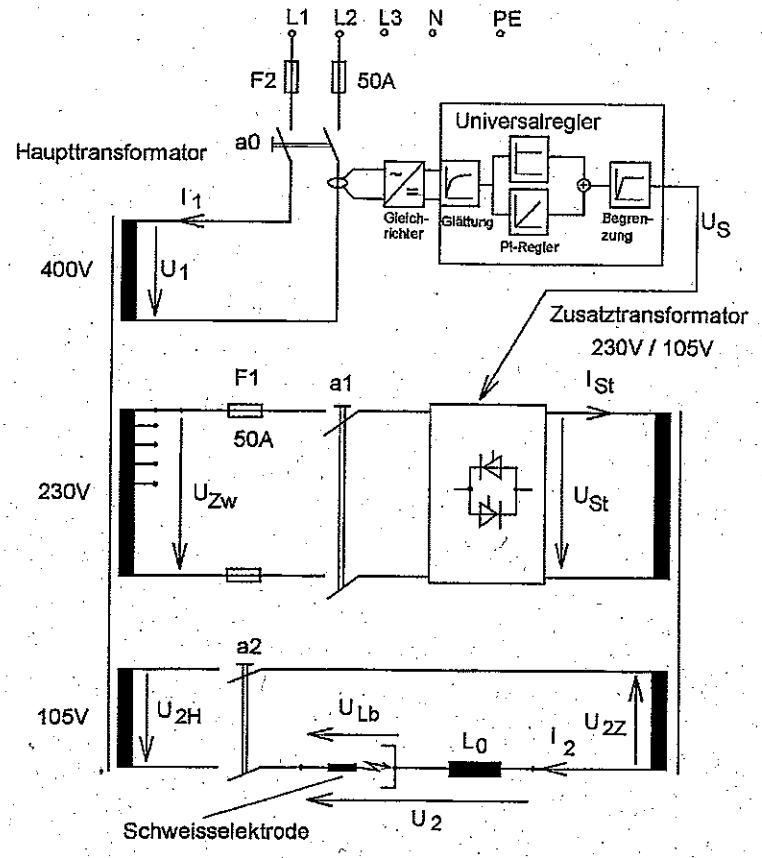


Bild 1: Versuchsanordnung zur Erprobung der einphasigen Thyristorspeisung eines Wechselstromlichtbogens

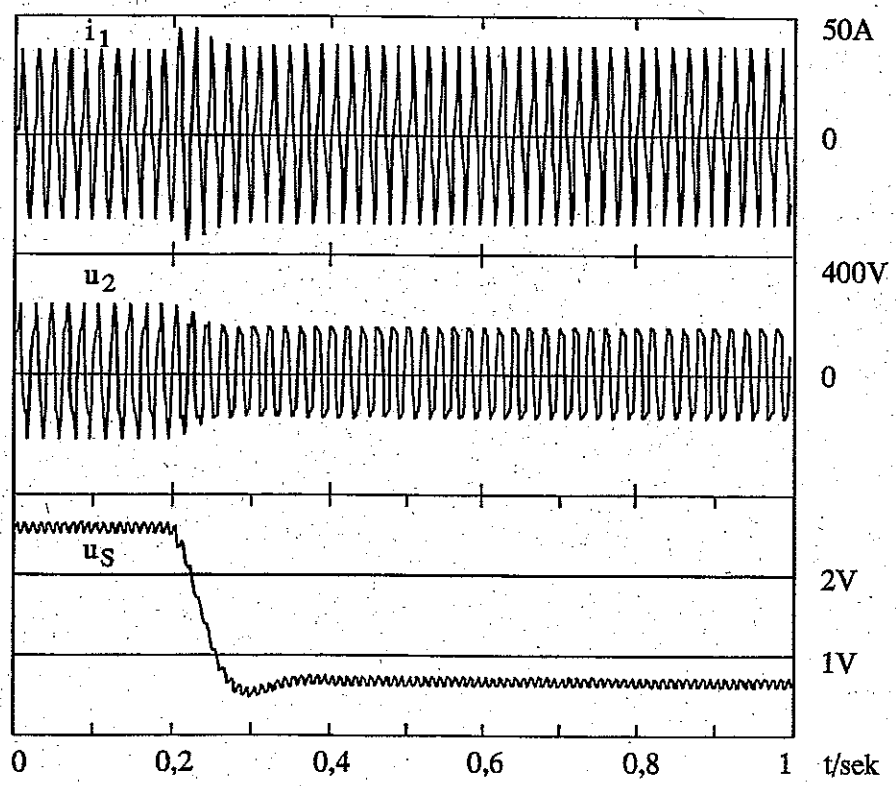


Bild 2: Meßergebnisse mit Stromregelung: Lastsprung von cosφ = 0,75 auf cosφ = 0,54

4 Personelle Besetzung

4.1 Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts (siehe auch Anlage 19a)

Hochschullehrer: (Institutsdirektor)	Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
Oberingenieur:	Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann
Wissenschaftlicher Angestellter:	Dr.-Ing. C. Sourkounis
Akademischer Rat a. Z.:	Dipl.-Ing. W. Mendt
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Frau Dipl.-Phys. C. Ankermann Dipl.-Math. M. Goslar Dipl.-Ing. P. Tavana-Nejad Dipl.-Ing. M. Thamodharan Dipl.-Ing. D. Turschner Dipl.-Ing. D. Vollmer Dipl.-Ing. J. Wenske Dipl.-Ing. A. Wolf
freie wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. Mertig (Eurosolar) Dipl.-Ing. Janning (IAL-Berlin)
Gastwissenschaftler:	Dr. Chen, Lionang University Fuxin cand.-Ing. Wang, Lionang University Fuxin Dipl.-Ing. (BAC) Tulbure, Bukarest

Mitarbeiter im Technischen und Verwaltungsdienst:	Frau E. Mendt
	Herr D. Bartz
	Herr W. Hansmann
	Herr V. Just
	Herr H. Kirchner
	Herr M. Kirchner
	Herr R. Koschnik
	Herr H. Schultze (Hausmeister)
	Herr Hocke (Auszubildender)
	Herr Herrmann (Auszubildender)
	Herr Wolf (Auszubildender)
	Herr Schulz (Praktikant)

4.2 Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. (em.) K. Bretthauer

4.3 Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte

Dr.-Ing. Heldt	(Lehrgebiet Sonderprobleme Elektrischer Maschinen)
Dr.-Ing. W. Diemar	(Lehrgebiet Elektrowärme)
Dr.-Ing. H. Schmidt	(Lehrgebiet Hochspannungstechnik)
Prof. Dr. rer. nat. C. Salander	(Lehrgebiet Elektrizitätswirtschaft)
Dr. rer. nat. H. Wenzl	(Lehrgebiet Batterietechnik)
AOR Dipl.-Ing. G. Helmholz	(Lehrgebiet Theorie der Wechselströme)
Dr.-Ing. Rehkopf	(Lehrgebiet Leittechnik für Verkehrs- und Energiesysteme)
Prof. Dr.-Ing. Mühlbauer	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)
AOR Dr.-Ing. Baake	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)

4.4 Wissenschaftliche Hilfskräfte

Frau cand.-Ing. A. Dunz

Frau cand.-Ing. B. Heusler-Sourkounis

Frau cand.-Ing. D. Jost

Frau cand.-Ing. S. Schilling

H. cand.-Ing. R. Assenmacher

H. cand.-Ing. R. Bankwitz

H. cand.-Ing. M. Bornitz

H. cand.-Ing. G.Diorinos

H. cand.-Ing. A. Dowrueng

H. cand.-Ing. V. Gärtner

H. cand.-Ing. M. Häring

H. cand.-Ing. J. Heckmann

H. cand.-Ing. H. Heiner

H. cand.-Ing. M. Heinritz

H. cand.-Ing. J. Jahn

H. cand.-Ing. M. Kurde

H. cand.-Ing. F-J. Laumann

H. cand.-Ing. M. Lüer

H. cand.-Ing. S. Noa

H. cand.-Ing. O. Nolte

H. cand.-Ing. J. Rösner

H. cand.-Ing. Ch. Smolenski

H. cand.-Ing. C. Söffker

H. cand.-Ing. G. Wachsmuth

H. cand.-Ing. M. Wenzel

4.5 Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck	Prodekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik, Mitglied des Senates der TUC Mitglied des Konzils der TUC, Leiter des Praktikantenamtes, Vorsitzender der Berufungskommission C4-Professur Kunststofftechnik, Vorsitzender der Berufungskommission C4-Professur Prozeßenergie und betriebliche Energiewirtschaft, Sprecher der TU Clausthal auf dem Fakultätentag Elektrotechnik, Vorstandsmitglied des Forums Clausthal (FC), Mitglied des Beirates des Deutschen Gewerkschaftsbundes (DGB) für neue Studienkonzepte Member of the International Scientific Committee for Electrical Power Quality and Utilisation, Mitglied des Informationstechnischen Zentrums (ITZ) Mitglied der Strukturkommission Professur für Erdgasversorgungstechnik Mitglied der Berufungskommission Professur für Betriebswirtschaft Mitglied des CAD-Arbeitskreises für Elektrotechniker des Landes Niedersachsen
Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann	Mitglied der Haushalts- und Planungskommission des Senats, Mitglied der gemeinsamen Kommission der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen, Mitglied des Konzils, Mitglied des Fachbereichsrates MVT stellv. Mitglied des Senats Mitglied der Jury bei „Jugend forscht“

Dipl.-Math. M. Goslar	stellv. Mitglied im Prüfungsausschuß des FB MVT für den Studiengang Maschinenbau
Herr W. Hansmann	Institutsratsmitglied, Mitglied des Arbeitsausschusses der TU, Gefahrstoffbeauftragter
Herr H. Kirchner	Ersatzmitglied im Personalrat, Brandschutzbeauftragter
Herr R. Koschnik	Ausbilder, Sicherheitsbeauftragter

5 Anlagen

Anlage 1	Studienführer Energiesystemtechnik
Anlage 2	Wirtschaftsingenieurwesen
Anlage 3	Studienführer Maschinenbau
Anlage 4	Auszug „Die besten Universitäten und Fachhochschulen für Ingenieure
Anlage 5	Ingenieurinnen und Ingenieure für die Zukunft, Auszug Tagungsband
Anlage 6	Praxisorientierung für Hochschulabsolventen, Exkursionseinladung
Anlage 7	1. Technologietagung des IEE
Anlage 8	Tage der Forschung 1997
Anlage 9	Netzanbindung von Solarzellen, Einladung zum öffentl. Vortrag
Anlage 10	Planung Hannover-Messe Industrie 1997
Anlage 11	Powercontrol of Wind Power Converters with asynchronous Generator
Anlage 12	Identification of low Frequency Oscillations in a High-Power Drive for Implementation of Modern Mechatronic Traction Control Systems and Stress Analysis of Drive Components
Anlage 13	Ein neues Konzept für einen stromrichtergespeisten Drehstrom-Lichtbogenofen mit hoher Regeldynamik
Anlage 14	Ansaldo: 2nd Technical Scientific Report
Anlage 15a	Institutsausstattung des IEE; Personal, Geräte, Gebäude
15b	Mittel für studentische Hilfskräfte
15c	Rechnerausstattung

Kontakte

Studienbeginn

Empfohlen wird das Wintersemester (15.10.), möglich ist auch das Sommersemester (15.4.).

Bewerbungen

Studentensekretariat der TU Clausthal
Adolph-Roemer-Straße 2A
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. (05323) 72-3890 / -3897 / -2218
Fax (05323) 72-3500
eMail:studentensekretariat@tu-clausthal.de

Studienfachberatung

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Institut für Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. (05323) 72-2570
Fax (05323) 72-2104
eMail: beck@iee.tu-clausthal.de

Weitere Informationen

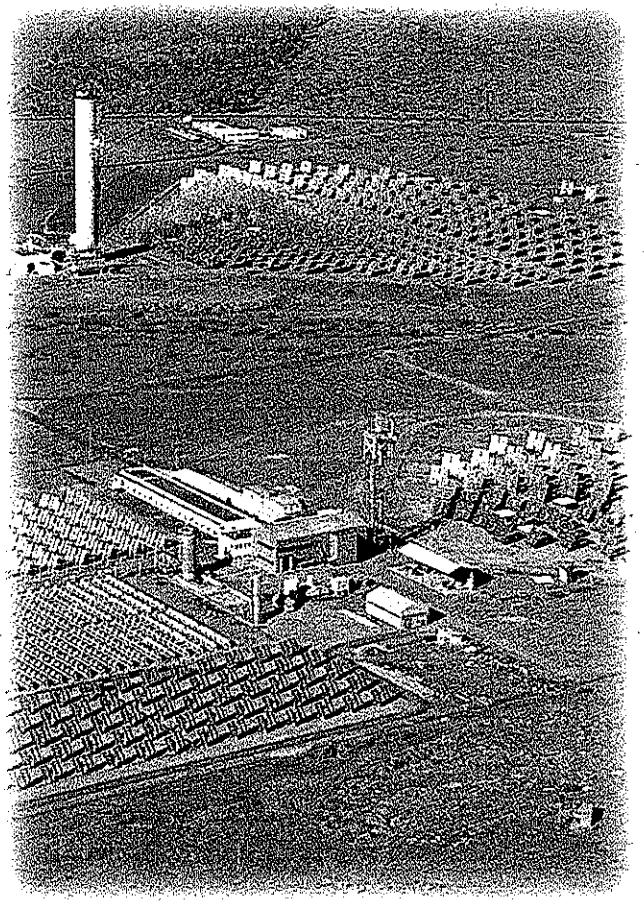
Broschüren
(Bezug über das Studentensekretariat)
· Studieren in Clausthal
· Informationen für Studienbewerber
· Studienführer Energiesystemtechnik

Internet
· http://www.tu-clausthal.de/
· http://www.tu-clausthal.de/zs/est/

Neuer Studiengang

TUC Chancen Technik - Umwelt

Energie-systemtechnik



Anlage 1

Technische Universität Clausthal

Energiesystemtechnik – neue Verfahren gefragt

Die wachsende Weltbevölkerung und der zunehmende Pro-Kopf-Verbrauch zehren gewaltig am Energiekapital der Erde, das sich in Jahrmillionen angesammelt und erhalten hat. Kohle, Erdöl- und Erdgas sowie Erdwärme und Kernenergie sind die Hauptenergiequellen, relativ gering genutzt werden dagegen natürliche Energielieferanten wie Sonne, Wind und Wasser. Letzteres wird sich in Zukunft ändern. Denn mit der Verknappung und Umweltbelastung durch die herkömmliche Nutzung der Ressourcen sind Wissenschaftler gefordert, neue Verfahren zu entwickeln. Dies betrifft das gesamte Geflecht der wesentlichen und zukunftsträchtigen Energiearten in all seinen Zusammenhängen. Zentrale Themen sind die Rationalisierung von Energietransport und Energienutzung, die Einsparung und Rückgewinnung von Energie wie auch der mögliche Ersatz verschiedener Energiearten.

Energiesystemtechnik

Vertreter der Industrie und öffentlichen Energieversorgung prognostizieren eine steigende Nachfrage nach Diplom-Ingenieurinnen und -Ingenieuren. Vor allem das fächerübergreifende wissenschaftliche Studium der Energiesystemtechnik an der TU Clausthal eröffnet den Absolventen ein weites berufliches Einsatzfeld. Dies gilt für alle Wirtschaftsunternehmen und Verwaltungen, in denen es um Energieerzeugung, -verteilung, -speicherung, -umwandlung und -anwendung geht. Hier nur einige Beispiele:

- Kraftwerk- und Elektroindustrie
- Brennstoff- und Chemische Industrie
- Metallurgische und Steine-Erden-Industrie
- Maschinen- und Energieanlagenbau
- Behörden und Verbände
  (z.B. Umweltschutz, Gewerbeaufsicht, TÜV)
- Planungs- und Ingenieurbüros
- Energieversorgungsunternehmen
- Energieberatungsagenturen
- Universitäten und Forschungsinstitute

Das Studium – ein gestraffter Fächerkatalog

Für den neuartigen Studiengang Energiesystemtechnik hat die TU Clausthal ihre anerkannte Forschungskompetenz gebündelt, was die Gewinnung, Veredelung und Nutzung von Energie und Rohstoffen betrifft. Die künftigen Absolventinnen und Absolventen erhalten hier die Befähigung, komplexe Systeme der Energieanwendung und -versorgung zu entwickeln, zu projektieren und umweltbewußt zu betreiben. Die Anwendungsgebiete reichen von Versorgungsunternehmen und Gewerbe über Haushalt und Verkehr bis hin zur Industrie. Neben konventionellen Ernergiesystemen rücken dabei die regenerativen Energiequellen zunehmend in den Blickpunkt. Angesichts steigender Kompetenzerwartungen an Berufseinsteiger enthält das Studium zu fast 20 Prozent nichttechnische Inhalte wie Recht und Wirtschaft.

Der Studiengang Energiesystemtechnik ist problem-, bzw. projektorientiert und integrativ, das heißt: er setzt auf methodische Lösungen. In dieser Form ist er bislang einmalig in Deutschland. Der gestraffte Fächerkatalog erlaubt eine Regelstudienzeit von neun Semestern einschließlich der Diplomarbeit. Basis hierfür ist ein solides mathematisch-naturwissenschaftlich und technisch ausgerichtetes Grundstudium (vier Semester) samt Einführung in die späteren Teilgebiete und in die notwendigen Arbeitsmethoden.

Schwerpunkte des viersemestrigen Hauptstudiums sind selbständiges Arbeiten, die eingehende Beantwortung wissenschaftlicher Fragen und die Auseinandersetzung mit Problemen der Praxis, z.T. durch Arbeiten „vor Ort" in der Industrie. Im Vordergrund steht hierbei die interdisziplinäre Arbeit auf den technischen Gebieten Maschinenbau, Elektrotechnik, Verfahrens- und Umwelttechnik. Als nichttechnische Schwerpunkte werden Wirtschaft und Recht behandelt, und zwar unter dem Gesichtspunkt der Energie- und Umweltproblematik.

Vertiefende Studien sind möglich in:

Rationale Energienutzung
Energierückgewinnung
Energiespeicherung und -transport
Regenerative Energietechnik

Grundstudium

Modellstudienplan für das Grundstudium

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
1	Ing. Mathe I 4V+2Ü	Ing. Mathe II 4V+2Ü	Maschinenlehre I 2V+1Ü	Maschinenlehre II 2V+1Ü
2				
3				
4			E-Technik I 2V+1Ü	E-Technik II 2V+1Ü
5				
6				
7	Allg. BWL I 2V+1Ü	Allg. BWL II 2V+1Ü	Finanzmathe 2V/Ü	Kosten- und Leistungsrechnung 4V/Ü
8				
9			Buchführung u. Jahresabschluß 3V/Ü	
10	Einf. Recht I 2V	Einf. Recht II 2V		
11				Umweltrecht 2V
12	Datenverarb. I	Wirtschaftsinformatik I 3V/Ü	Wirtschaftsmathematik I 3V/Ü	
13	Einf. Program. 2Ü			Ström.mech. I 2V+1Ü
14				
15	Allg. VWL I 2V	Tech. Mech. I 3V+2Ü	Tech. Mech. II 3V+2Ü	
16				Betr.Kommu. I 2V
17	Physik 3V+1Ü			
18				
19				
20		Wärmeübertragung I 2V+1Ü	Thermodyn. I 2V+1Ü	
21	Tech. Zeichn./ CAD 2V/Ü			
22				
23	Einf. Chemie 3V			
24				
25				
Σ	25 SWS	22 SWS	22 SWS	17 SWS

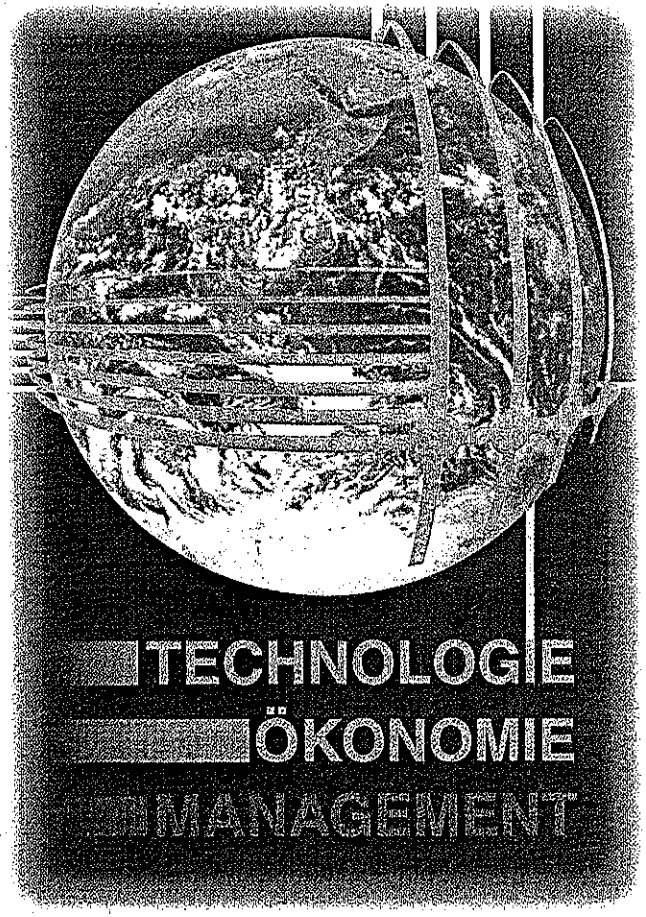
Die im Modellstudienplan genannten einzelnen Lehrveranstaltungen behandeln folgende Themen:

1.	Ingenieurmathematik I	(6SWS) Vektorrechnung, lineare Algebra einschl. Hauptachsentransformationen, reelle u. komplexe Zahlen, Analysis (Folgen, Reihen, Differentiation, Integration)
	Ingenieurmathematik II	(6SWS) Analysis (Differentiation von Funkt. mehrerer Veränderlicher, mehrfache Integrale), Differentialgeometrie, Vektoranalysis
2.	Wirtschaftsmathematik I	(3SWS) Grundzüge der linearen und kombinatorischen Optimierung; stochastische Modellbildung, Statistik, Stochastische Prozesse
3.	Wirtschaftsinformatik I	(3SWS) Architekturen betriebl. Anwendungssysteme, Systeme u. Modelle f.d. Informationsmanagement, praktische Probleme der Systementwicklung, Unternehmensmodellierung
4.	Allgemeine Betriebswirtschaftslehre	(6SWS) Betriebswirtschaftliche Grundlagen u. Grundtatbestände im Überblick; Aufgabenstellungen u. Lösungen

TWC Chancen Technik - Umwelt

Wirtschafts-ingenieurwesen

Studienführer



Technische Universität Clausthal

Anlage 2

Hauptstudium

	5. Semester	6. Semester	7. Semester	8. Semester	9. Semester
1	Wirtschaftsrecht I	Wirtschaftsrecht II	Technikbewertung	VWL-Seminar E und F	Schwerpunktfach
2					
3	Organisation Personalwes. u. Führungslehre	Anlagen-Material- u. Fert.wirtschaft	BWL Wahlpflichtfächer	Ing-Seminar	
4					
5				Praktikum	
6	Unternehmensrechnung u. Controlling	Investition und Finanzierung			Diplomarbeit
7			VWL Wahlpflichtfächer	Schwerpunktfach	
8					
9	Mikroökonomik	Makroökonomik			
10					
11			BWL-Seminar C und D		
12	Betriebliche Kommunikation	BWL Wahlpflichtfächer		Studienarbeit (Ing.-Wiss.)	
13			Energiesysteme		
14	Einführung in die Geowissenschaften				
15					
16		BWL-Seminar A und B	Schwerpunktfach		
17					
18		Erdgastransport u. -verteilung			
19					
20	Untertägige Mineralgewin.	Schwerpunktfach			
21					
22	Tagebautechnik				
23					
24	Erdöl-/Erdgasgewinnung				
25					
26					
Σ	25 SWS	22SWS	18 SWS	9 (17) SWS	3 (11) SWS

Modellstudienplan "Rohstoffe und Energie"

Hauptstudium

	5. Semester	6. Semester	7. Semester	8. Semester	9. Semester
1	Wirtschaftsrecht I	Wirtschaftsrecht II	Technikbewertung	VWL-Seminar E und F	Schwerpunktfach
2					
3	Organisation Personalwes. u. Führungslehre	Anlagen-Material- u. Fert.wirtschaft	BWL Wahlpflichtfächer	Ing-Seminar	
4					
5				Praktikum	
6	Unternehmensrechnung u. Controlling	Investition und Finanzierung			Diplomarbeit
7			VWL Wahlpflichtfächer	Schwerpunktfach	
8					
9	Mikroökonomik	Makroökonomik			
10					
11			BWL-Seminar C und D		
12	Betriebliche Kommunikation	BWL Wahlpflichtfächer		Studienarbeit (Ing.-Wiss.)	
13			Schwerpunktfach		
14	Werkstoffkunde				
15					
16	Metallurgische Prozesse	BWL-Seminar A und B	Schwerpunktfach		
17					
18	Grundlagen der Verfahrenstechnik	Materialfluß und Logistik			
19					
20					
21	Fertigungstechnik	Fertigungstechnik I			
22					
23	Produktionstechnik				
24					
25					
26					
Σ	25 SWS	22SWS	18 SWS	9 (17) SWS	3 (11) SWS

Modellstudienplan "Produktion und Prozesse"

Modellstudienpläne

Maschinenbau-Grundstudium

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
1	Ing. Mathe I 4V+2Ü	Ing. Mathe II 4V+2Ü	Ing. Mathe III 4V+2Ü	Ström.mech. I 2V+1Ü
2				
3				
4			Tech. Mech. III 3V+2Ü	Thermodyn. II 2V+1Ü
5				
6				
7	Datenverarb. I	Datenverarb. II 2V+1Ü		Konstr.elem.III 2V+4Ü
8	Einf. Program. 2Ü			
9				
10	Tech. Mech. I 2V+1Ü	Tech. Mech. II 3V+2Ü	Thermodyn. I 2V+1Ü	
11				
12				
13	Tech. Zeichn./ CAD 3Ü		Konstr.elem.II 4V+2Ü	E-Technik II 2V+1Ü
14				
15		Konstr.elem.I 2V+1Ü		
16	Physik 3V+1Ü			Betr.Kommu. I 2V
17				
18		Fert.technik II 2V/Ü		E-Tech.Prak. 2P
19			Allg. BWL I 2V+1Ü	
20	Werkstoffk. 2V	Bauteilprüf. 2V+1Ü		Thermodyn. 1P
21				
22	Fert.technik I 2V/Ü		E-Technik I 2V+1Ü	
23		Werkstoff. 1P		
24	Einf. Chemie 3V			
25				
26				

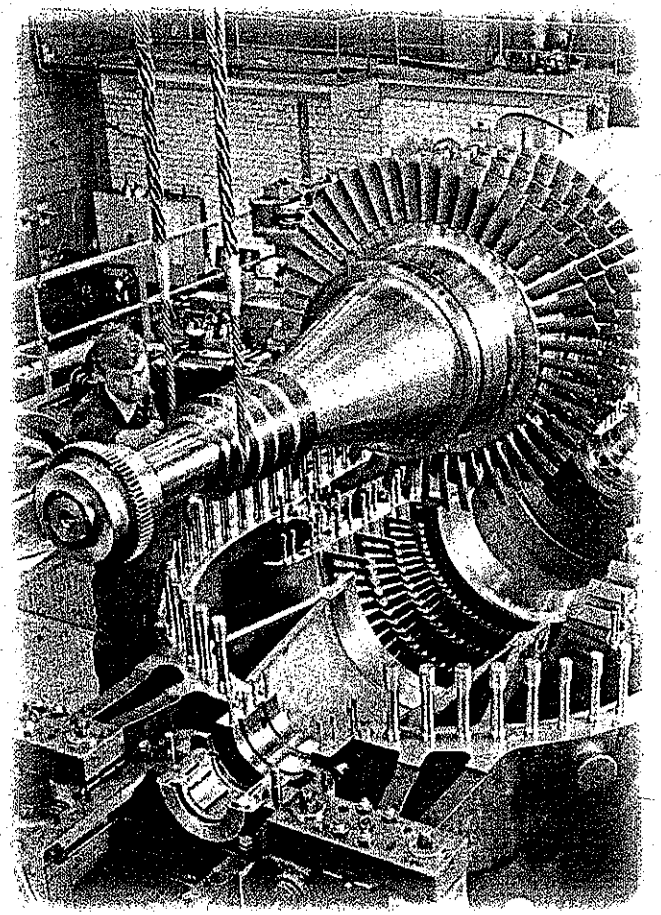
Die im Modellstudienplan genannten einzelnen Lehrveranstaltungen behandeln folgende Themen:

Lehrveranstaltung	Themengebiete
Ingenieur-Mathematik I&II	Reelle&Komplexe Zahlen, lin. Geometrie &Gleichungssysteme, Matrizen, Determinanten, Folgen&Reihen, Differential- u. Integralrechnung, Grenzwerte, Potenz- u. Taylorreihen, Stammfunktionen
Ingenieur-Mathematik III	Numerische Integration, Eigen- u. Randwertaufgaben, Iteration, Approximation, Differentialgleichungen
Datenverarbeitung für Ingenieure I&II	Bool'sche Algebra, Automatentheorie, Petrienetze, Datenstrukturen, Algorithmen, Programmiersprachen Software Engineering, Softwarewerkzeuge, Projektorganisation, Betriebssysteme, Ergänzungen
Einführung in das Programmieren	Betriebssystem, Editor, Arbeiten im Netzwerk, FORTRAN- und C-Grundlagen, Haupt- u. Unterprogramme, Benutzung von Programmbibliotheken, Ergänzung: Textverarbeitung, Formeleditor

TWG Chancen Technik - Umwelt

Maschinenbau

Studienführer



Technische Universität Clausthal

Anlage 3

Maschinenbau-Hauptstudium

Modellstudienplan Konstruktion, Fertigung und Betrieb

	5. Semester	6. Semester	7. Semester	8. Semester
1	Schwingungsl. u. Masch.dyn. I 2V+1Ü	Regelungstechnik I 2V+1Ü	Wahlpflichtfach 3V/Ü	Schwerpunkt II 6V/Ü
2				
3				
4	Meßtechnik I 2V+1Ü	Materialfluß u. Logistik 2V	Schwerpunkt I 3V/Ü	
5				
6		Werkstofftech. 2V		
7	Produktionstech. 2V	Wahlpflichtfächer 6V/Ü	Schwerpunkt II 6V/Ü	Seminar 2S
8				
9	Konstr.lehre I 2V			Fachpraktikum 6P
10				
11	Produktentwick. 2V			
12				
13	Betriebsfestigkeit I 2V+1Ü		Nichttechn. Wahlfach 2V/Ü	
14		Nichttechn. Wahlfach 2V/Ü		
15				
16	Allg. BWL II 2V+1Ü	Schwerpunkt I 9V/Ü	Grundpraktikum 4P	2. Studienarbeit
17				
18				
19	Energiewandlungsmaschinen 2V+1Ü		1. Studienarbeit	
20				
21				
22	Betr.Kommu. II 2V			
23				
24				
25				
26				

Das 9. Semester ist für die Diplomarbeit vorgesehen.

Drei Wahlpflichtfächer sind aus den folgenden Fächern auszuwählen:

Lehrveranstaltung	Themengebiete
Elektr. Energietechnik (3SWS)	Elektromotore, Lichtbogen, Leitungen, Transformatoren, Drehzahl- u. Drehmomentsteuerung v. Maschinen
Energiesysteme (3SWS)	Technik bestehender fossiler, nichtfossiler Systeme, Verbund-, Zukunftssysteme, Energiesparen, Entsorgung
Steuerungs- u. Inform.-systeme (3SWS)	Daten-Ein/Ausgabe, SPS, CNC, Robotersteuerungen, Bussysteme, Übertragungsprotokolle, Mensch-Maschine
Tribologie (3SWS)	Reibung und Verschleiß, Viskosität, hydrostatische und hydrodynamische Lager, Lagerwerkstoffe
Mechan. Verfahrenstechnik I (3SWS)	Zerkleinern, Sedimentation, Mischen, Verteilungsmathe. Klassieren, Trennen
oder	
Thermische Trennverfahren I (3SWS)	Gleichgewichtstrennprozesse, Auslegung von Trennkolonnen
oder	
Chemische Reaktionstechnik II (3SWS)	Grundlagen für Auslegung und Betrieb chemischer Reaktoren
oder	
Hochtemperaturprozeßtechnik (3SWS)	Aufstellen von Energiebilanzen, Wärmeübertragung in Öfen, Transportgleichung, Konvektion, Strahlung

Modellstudienplan Elektrotechnik und Systemautomatisierung

	5. Semester	6. Semester	7. Semester	8. Semester
1	Meßtechnik I 2V+1Ü	Regelungstechnik I 2V+1Ü	Wahlpflichtfach 3V/Ü	Schwerpunkt II 6V/Ü
2				
3				
4	Technische Elektronik I 2V+1Ü	Elektrische Energietechnik 2V+1Ü	Schwerpunkt I 3V/Ü	
5				
6				
7	Steuerungs- u. Info-Systeme 2V+1Ü	Wahlpflichtfächer 6V/Ü	Schwerpunkt II 6V/Ü	Seminar 2S
8				
9				Fachpraktikum 6P
10	SW-Engineering f. tech. Systeme 2V+1Ü			
11				
12				
13	Signalübertragung 2V+1Ü	Nichttechn. Wahlfach 2V/Ü	Nichttechn. Wahlfach 2V/Ü	
14				
15				
16	Allg. BWL II 2V+1Ü	Schwerpunkt I 9V/Ü	Grundpraktikum 4P	2. Studienarbeit
17				
18				
19	Elektr. Energieverteilung 2V+1Ü		1. Studienarbeit	
20				
21				
22	Betr.Kommu. II 2V			
23				
24				
25				
26				

Das 9. Semester ist für die Diplomarbeit vorgesehen.

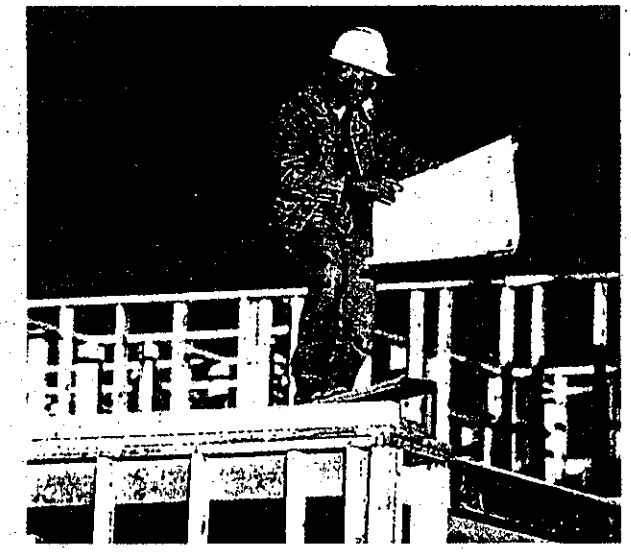
Drei Wahlpflichtfächer sind aus den folgenden Fächern auszuwählen:

Lehrveranstaltung	Themengebiete
Produktionstechnik (2SWS)	Industrieunternehmen, Produktionsbereiche
Betriebsfestigkeit I (3SWS)	Betriebsbeanspruchungen, Zeitfunktionen, Kollektive, Beanspruchbarkeit, Wöhlerlinie, Rißbildung, Bruch
Schwingungslehre u. Maschinendyn. (3SWS)	Fourieranalyse, Eigenschwingungen, fremderregte Schwingungen, Massenausgleich, Rotordynamik
Prozeßautomatisierung (3SWS)	Automaten, Petrie-Netze, Expertensysteme, Fuzzy Logik, Neuronale Netze, Echtzeitverarbeitung, Prozeßüberw.
Ing.-Mathematik IV (3SWS)	Differentialglg.: Fourier-Reihen, Laplace-Transformation Statistik: Testverfahren, Varianzanalyse, Korrelation
Mechan. Verfahrenstechnik I (3SWS)	Zerkleinern, Sedimentation, Mischen, Verteilungsmathe. Klassieren, Trennen
oder	
Thermische Trennverfahren I (3SWS)	Gleichgewichtstrennprozesse, Auslegung von Trennkolonnen
oder	
Chemische Reaktionstechnik II (3SWS)	Grundlagen für Auslegung und Betrieb chemischer Reaktoren
oder	
Hochtemperaturprozeßtechnik (3SWS)	Aufstellen von Energiebilanzen, Wärmeübertragung in Öfen, Transportgleichung, Konvektion, Strahlung

Axel Westerwelle

Die besten Universitäten und Fachhochschulen für Ingenieure

Deutschland – Österreich – Schweiz



- Studienführer aus der Sicht der Praxis
- Alle Daten und Informationen für das Studium
- Inklusive der „Europäischen Studiengänge"

- Architektur - Bauingenieurwesen - Bergbau/Hüttenwesen -
- Elektrotechnik - Maschinenbau - Verfahrenstechnik -
- Wirtschaftsingenieurwesen -

Eine Studie in Kooperation mit manager magazin

UEBERREUTER

Axel Westerwelle

Die besten Universitäten und Fachhochschulen für Ingenieure

Deutschland – Österreich – Schweiz

Ueberreuter

1996

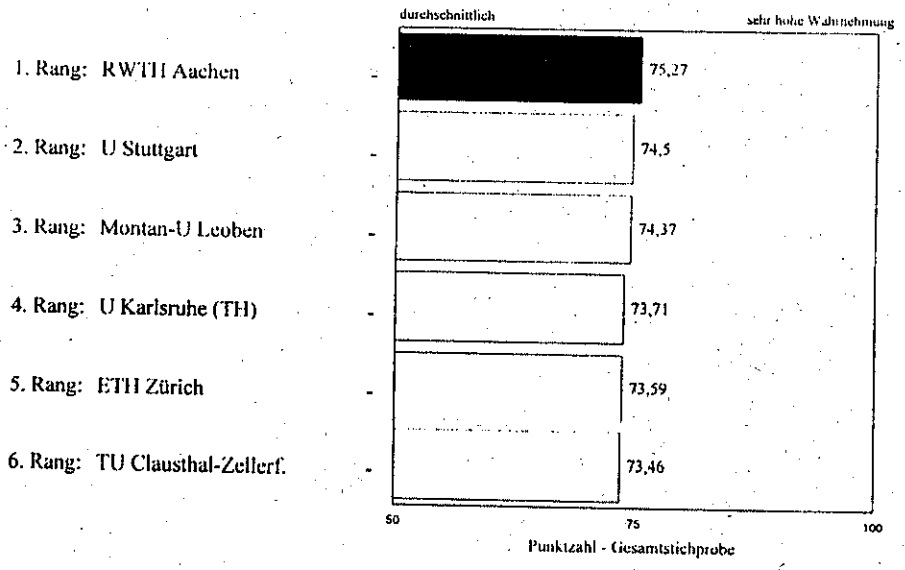
Anlage 4

2. Die Berechnung des Gesamtrankings

Für das Gesamtranking wurden die neun in Teil B detailliert vorgestellten Kriterien herangezogen. Um die individuellen Präferenzen der befragten Manager berücksichtigen zu können, wurde jedes Kriterium mit dem individuellen Gewicht (siehe vorheriges Kapitel) multipliziert. In Summe waren dies über 36.000 Rechenschritte. Unter Einbeziehung der individuellen Gewichtungen für die neun Beurteilungskriterien wurden zunächst für jeden Befragten Gesamtranking-Werte für die einzelnen Hochschulen erstellt. Hieraus wurde dann durch Mittelwertbildung der letztendliche Gesamtranking-Wert ermittelt.

3. Das Gesamtranking - Die Ergebnisse im einzelnen

Die „Top Sechs" der technischen Hochschulen:



Bei der ersten gemeinsamen Erhebung der Leistungswahrnehmungen von technischen Universitäten und Fachhochschulen seitens der Wirtschaft werden 6 Universitäten weit überdurchschnittlich positiv beurteilt. Dies sind RWTH Aachen, U Stuttgart, Montan-U Leoben, U Karlsruhe (TH), ETH Zürich und TU Clausthal-Zellerfeld. Dieses Abschneiden ist mit Hinblick auf die Ergebnisse der Wirtschaftshochschulbefragung interessant, wo eine Fachhochschule (Reutlingen) zur besten Hochschule gewählt wurde. So werden die Fachhochschulen auch in Summe nicht

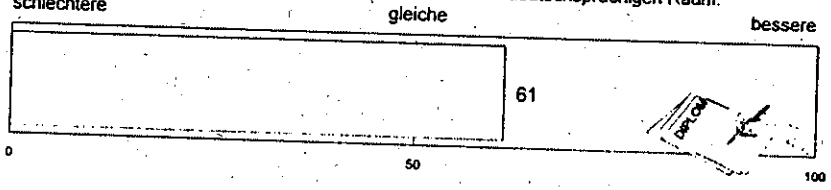
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Balance der Ausbildung: Theorie 73 - Praxis 27

Die aus Unternehmenssicht attraktivsten Lehrangebote: Elektrotechnik im Maschinenbau

Einschätzung der Examensnoten:

"Hochschule vergibt eher ..... Noten als der Durchschnitt im deutschsprachigen Raum."



Professoren - Lehrstühle/Institute:

Fachbereich Bergbau und Rohstoffe

Busch	Markscheidewesen
Clement	Aufbereitung
Dreyer	Bergbau
Gock	Abwassertechnik, Aufbereitung
Grill	Meeresbergbau
Helms	Auslandsbergbau und Bergbauplanung
Kessel	Erdölwiss.
Knissel	Bergbaul. Verfahrens- und Betriebslehre
Kühne	Berg-, Energie-, Bürgerl., Wirtschaftsrecht
Lung	Bergbau
Lux	Geomechanik im Bergbau, Tunnelbau und Deponietechnik
Marx	Tiefbohrt., Erdol-, Erdgasgew.
Matschke	Allg. Betriebswirtschaftslehre, Betriebl. Rechnungswesen u Betriebliche Planung
Pollmann	Markscheidewesen
Pusch	Lagerstattentechnik
Schönert	Aufbereitung
Schwinn	Allg. Betriebswirtschaftslehre einschl. Unternehmensforschung
Vogt	Tagebautechnik
von Wahl	Bergbau-, Betriebswirtsch. Energie- und Rohstoffwissenschaft
Willecke	Arbeits-, Bergrecht, Wirtschaftsrecht
Wöhlbier	Bergbau

Fachbereich Maschinen- und Verfahrenstechnik

Abel	Brennstofftechnik
Beck	Elektrische Energieanlagen
Behr	Angewandte Mechanik und Schwingungsmechanik
Bretthauer	Elektrische Energietechnik
Dietz	Maschinenwesen
Draugelates	Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren
Eizer	Prozeß- und Produktionsleittechnik
Griese	Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit
Hoffmann	Chemische Verfahrenstechnik
Holland	Reibungstechnik und Maschinenkinetik
Jeschar	Energieverfahrenstechnik, Abt. Warmetechn. u. Industrieofenbau
Jischa	Angewandte Mechanik und Strömungsmechanik
Leschonski	Mechanische Verfahrenstechnik
Muhlenfeld	Elektrische Informationstechnik
Noack	Hydraulik und Reibungstechnik
Schafer	Technische Mechanik
Scholz	Energieverfahrenstechnik, Abt. Technische Thermodynamik und Energiewandlung
Tellkamp	Apparatebau und Anlagentechnik
Torke	Materialflußtechnik und Projektierung
Vogelpohl	Thermische Verfahrenstechnik
Weichert	Umweltverfahrenstechnik
Zelkowski	Chemische Technologie und Brennstofftechnik
Zenner	Maschinelle Anlagentechnik
Zimmermann	Angewandte Mechanik

am 09.12.97 Inventarisiert

Anlage 5

WOLFGANG NEEF, THOMAS PELZ (HRSG.)

INGENIEURINNEN UND INGENIEURE FÜR DIE ZUKUNFT

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN VON INGENIEURARBEIT UND INGENIEURAUSBILDUNG

BERLIN 1997
ZENTRALEINRICHTUNG KOOPERATION
DER
TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BERLIN

Beitrag Prof. Beck
Seite 274 – 283

28. April 1997

Entwicklung eines problemorientierten neuen Studienganges "Energiesystemtechnik"

Verfasser: Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck

Energiesystemtechnik: Was ist das?

Die vom Menschen in Gang gesetzte technische Entwicklung hat einen bis heute im Mittel ständig zunehmenden Energiebedarf zur Folge gehabt. Der Grund liegt nicht nur in der mit der technischen Entwicklung schnell anwachsenden Weltbevölkerung, sondern auch in dem wachsenden Pro-Kopf-Verbrauch; denn zwischen Energieeinsatz und materiellem Wohlstand besteht unverkennbar ein enger Zusammenhang. Auf den Kopf der Welt-Bevölkerung entfällt heute ein technischer Energieverbrauch, der einer Dauerleistung von etwa 2 kW entspricht, in den reichen Industrieländern sind es bereits über 10 kW; der durchschnittliche biologische liegt bei nur ca. 0,16 kW. Wir erkennen, wie sparsam die Natur ist. Die meisten technischen Prozesse beziehen ihre Energie aus dem Energiekapital der Erde, das sich in Jahrmillionen erhalten oder angesammelt hat, z. B. Erdwärme, Kohle, Erdöl, Erdgas, Kernenergie, Rotationsenergie einen relativ geringen Beitrag liefert bisher noch das ständige Energieeinkommen durch die Sonne, z. B. über Wasser- und Windkraft. Dieses wird sich in Zukunft erhöhen (Lit.: Studienführer "Energiesystemtechnik", TU Clausthal, Ausgabe März 1996).

Mit der zunehmenden Verknappung und Umweltbelastung durch die herkömmliche Nutzung der Ressourcen werden die Probleme der rationellen Energienutzung, der Energierückgewinnung, der Energieeinsparung, der Substitution der verschiedenen Energiearten und des

Energietransportes noch mehr Bedeutung gewinnen, als dies bereits heute der Fall ist. Da die TU Clausthal schon seit ihrer Gründung die Gewinnung, Veredelung und Nutzung von Rohstoffen, zu denen auch die Energierohstoffe gehören, erforscht, hat sie in Erweiterung der bisherigen Aktivitäten den Studiengang Energiesystemtechnik eingerichtet.

Wie kam es zu dieser Idee?

Im bestehenden Studiengang Maschinenbau gab es sechs Studienrichtungen, von denen eine Energietechnik/Energiesysteme hieß. Die von der Absolventenabnehmerseite in letzter Zeit immer wieder geäußerte Forderung, wissenschaftliche ausgebildete Ingenieure nicht schon im Studium zu Spezialisten zu machen, bewog die verantwortlichen Hochschullehrer zu einer Neukonzeption des Studienganges Maschinenbau, mit dem Ziel, die sechs Studienrichtungen und damit die Spezialisierungsmöglichkeiten stark zu reduzieren. Da aber die heutigen Probleme im Bereich "Umwelt und Energie" in Zukunft nicht kleiner, sondern eher größer werden, erschien es sinnvoll, neben dem im Wintersemester 1995/96 erfolgreich eingeführten problemorientierten Studiengang Umweltschutztechnik, einen weiteren problemorientierten, von der Sache her dazu gehörenden Studiengang zum Thema Energie einzurichten und die bisherige Studienrichtung zu streichen.

Struktur des Studienganges

Die Gestaltung dieses Studienganges sollte sich sehr nah an der Praxis orientieren, ohne die notwendige Wissenschaftlichkeit zu verlieren. Um diese Forderung näher zu erläutern, sei ein konkretes Beispiel aus der Praxis betrachtet. Im Bild 1 ist die heute vorhandene Kopplung zwischen den leitungsgebundenen Versorgungsbereichen "Gas, Wasser, Wärme, Strom" dargestellt (sog. Querverbund). Mit der bevorstehenden Europäisierung bzw. Deregulierung

und Liberalisierung des deutschen Energieversorgungsbereiches wird diese Kopplung noch enger werden. Es reicht daher nicht mehr aus, nur Komponenten wie z. B. Blockheizkraftwerke zu verbessern, sondern es muß das gesamte Energiesystem mit seinen Komponenten betrachtet werden. Um solche Energiesysteme zu beherrschen und ihre vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten und Freiheitsgrade unter den gegebenen Randbedingungen wie Umweltbelastungen, Versorgungssicherheit und Kostenminimierung auszuschöpfen, ist eine fachübergreifende Sichtweise mehr und mehr notwendig. Für die Ausbildung heißt das eine Stärkung der fachübergreifenden technischen und nichttechnischen Disziplinen. Wegen der Stoffbezogenheit heutiger Energietechnik ist dabei in erster Linie die Energieverfahrenstechnik angesprochen; die systeminhärenten Energiewandlungs- und -transportaufgaben betreffen den Maschinenbau und die Elektrotechnik, die ihrerseits ebenfalls sehr vielfältige Spezialtechnologien enthalten. Die Preis- und Kostengesichtspunkte bei der Erstellung und dem Betrieb von Energieanlagen erfordern Kenntnisse im Bereich der Wirtschaftswissenschaften, die Nutzung von Energiesystemen durch die Gesellschaft fordern Akzeptanz- und Rechtsfragen heraus, so daß auch diese Wissensgebiete zur Ausbildung gehören müssen.

An diesem einfachen Beispiel wird deutlich, wie weitläufig das Feld der Energiesystemtechnik heute ist. Natürlich ist es nicht möglich, in der Ingenieurausbildung alle angesprochenen Wissensgebiete in gebührender Tiefe zu berücksichtigen und wissenschaftlich zu vertiefen, da aus anderen Gründen eine Regelstudienzeit von 10 Semestern nicht überschritten werden darf. Um das beschriebene Spannungsfeld einer modernen Ingenieurausbildung im Bereich der Energiesystemtechnik besonders deutlich zu machen, sei Bild 2 betrachtet. Das Spannungsfeld bewegt sich heute in dem Dreieck, welches aus den Disziplinen "Kunst, Wissenschaft und Handwerk" aufgespannt wird. Traditionell stand bei Ingenieuren die naturwissenschaftlich-technische Ausbildung im Vordergrund, die ihn zum Spezialisten auf einem technischen Gebiet machten, welches im Wesentlichen durch die Fakultät, der er angehörte, geprägt wurde. Der Ingenieur war in erster Linie ein Umsetzer und Anwender naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Dies gilt sicherlich auch heute noch. Hinzu kommen aber bei der

Energiesystemtechnik und auch bei anderen Studiengängen neue Anforderungen (Lit.: Forum Clausthal "Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können?", Heft 6/1996), die in den Bereich Gesellschaftswissenschaften und Kunst hineinragen. Der Begriff der "Systemtechnik", der eine abstrakte ganzheitliche Betrachtungsweise des Zusammenspiels von Teilen und Komponenten eines Systems beinhaltet korrespondiert am ehesten mit künstlerischen Fähigkeiten, wie sie bei Architekten von jeher eine Rolle spielten.

Das Thema "Energie" geht heute jeden an, weil genaugenommen ein Leben ohne Energieversorgung nicht mehr denkbar ist. Die Gesellschaft und damit die Politik verlangt verständlicherweise eine Mitsprache bei der Festlegung, welche Energieform genutzt und welche Nebenwirkungen akzeptiert werden können. Der Energiesystem-Ingenieur muß hier als fachkundiger Vermittler auftreten, seine Technik "verkaufen" lernen und um Akzeptanz bei der Bevölkerung werben. Überläßt er dies den anderen Menschen entstehen Übertragungsfehler und Fehlenwicklungen, für die er später verantwortlich gemacht werden kann. Sicher brauchen wir in Zukunft nicht nur Systemingenieure oder sog. Integralisten; es werden nach wie vor auch Spezialisten gebraucht, um die komplizierte Technik zu handhaben, so daß die heute bestehenden zahlreichen fakultativen Studiengänge wie Elektrotechnik, Maschinenbau, etc. weiterhin ihre Berechtigung haben werden. Die Fakultäten müssen jedoch durchlässiger werden und fachübergreifende Studiengänge, sog. "Bindestrich-Studiengänge", zulassen. Ein gutes Beispiel für diese Entwicklung ist der seit vielen Jahren bestehende Bindestrich-Studiengang "Wirtschaftsingenieur", der von zwei Fakultäten, einer technischen und der wirtschaftswissenschaftlichen, getragen wird und an vielen Universitäten eingerichtet ist. Auch an der TU Clausthal startet im WS 1997/98 ein solcher Studiengang, allerdings mit den neuen, bisher nicht üblichen Studienrichtungen "Prozeß und Produktion" und "Rohstoff und Energie". Bild 3 zeigt, daß der neue Studiengang "Energiesystemtechnik" noch weiter gespannt ist als der Bindestrich-Studiengang "Wirtschaftsingenieur". Dies folgt aus den eingangs gemachten Bemerkungen.

Konzeption des Studienganges

Nachdem die Zielvorgaben und die einzuhaltenden Randbedingungen für die Studiengangsentwicklung geklärt waren, stellte sich die Frage, wie ein wissenschaftlicher Studiengang aufgebaut sein muß, damit Wissensbreite und -tiefe gleichermaßen zum Ausdruck kommen können. Bei der Konzeption der Studiengangsstruktur ist der Verfasser von der Lehrerfahrung ausgegangen, daß Studierende des Ingenieurfaches von sich aus eher zur Vertiefung einer bereits begonnenen Studienrichtung neigen, als zur Verbreiterung. Der Kommentar eines Studenten auf die Frage, warum er nicht das Fach "Recht" gewählt hätte, lautete zum Beispiel, das Fach "Recht" bringe: "Viel Aufwand und wenig Note". Die Wissensbreite in einem Studiengang muß daher erfahrungsgemäß durch Pflichtfächer abgedeckt werden und die Wissenstiefe durch entsprechenden Raum für die Wahlfächer. Ähnliche Erfahrungen konnten auch im fachübergreifenden Studiengang "Elektrotechnik im Maschinenbau" gemacht werden, der seit langer Zeit nur an der TU Clausthal mit Erfolg angeboten wird (A. Westerwelle, "Die besten Universitäten und Fachhochschulen für Ingenieure", S. 243, Verlag Ueberreuter).

Die nach diesem Leitgedanken konzipierte Grobstruktur zeigt Bild 4. Die Vermittlung der technisch-wissenschaftlichen Grundlagen einschließlich des Grundpraktikums umfaßt danach 2,5 Semester. Für das fachübergreifende Studium in den Pflichfächern Verfahrenstechnik, Maschinenbau/Elektrotechnik, Umweltschutztechnik und Systemtechnik sind 1,5 Semester und für die nichttechnischen Pflichtfächer ist ein Stundenumfang von 1 Semester vorgesehen. Der nichttechnische Fächerumfang aus den Gebieten Wirtschaft, Recht und Soziales stellt ein Minimum dar. Der Studierende kann eine frei gewählte Vertiefung auf allen sinnvollen Gebieten vornehmen, die im Hauptstudium durch eines der technischen oder nichttechnischen Pflichtfächer eingeführt wurde. Ein entsprechender Studienplan, der von den Studierenden erstellt und dem betreuenden Fachprofessor genehmigt werden muß, ist vor Beginn der ersten Prüfungen im Hauptdiplom beim Prüfungsamt abzugeben. Durch dieses Vertiefungsstudium

lernen die Studierenden durch Einbindung in den laufenden Institutsbetrieb oder externe Stellen wissenschaftliches bzw. praxisnahes Arbeiten, wobei durch die vorgeschriebenen Arbeitsformen: "Studien-, Projekt- und Diplomarbeit" unterschiedliche Arbeitstechniken erlernt werden. Die Studienarbeit steht für alleiniges Arbeiten unter Anleitung. Die Projektarbeit muß im Team erfolgen und wird fachübergreifend in einem Kolloquium von mehreren Prüfern mündlich abgeprüft. Mit der Diplomarbeit soll selbständiges Arbeiten auf wissenschaftlicher Grundlage und vorgegebenem Zeitraster erlernt bzw. erprobt werden. Die entwickelte Studiengangsstruktur steht, wie Bild 5 zeigt, im Einklang mit den VDI-Empfehlungen und deckt daher die zukünftigen Anforderungen an die Ingenieurausbildung ab.

Genehmigungsprozedur der Diplomprüfungsordnung

Bei der Einführung eines neuen Studienganges mit neuem Ausbildungsziel und Fächerkanon ist die wichtigste Frage: Wo werden die späteren Absolventen unterkommen? Selbstverständlich haben die für diesen Studiengang verantwortlichen Hochschullehrer ein Berufsbild und damit auch Berufsfelder und -aufgaben vor Augen (Bild 6, 7); die Frage ist nur, ob die Abnehmer der Absolventen und die Genehmigungsbehörde, d. h. in diesem Fall das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur, derselben Ansicht sind. Da es zur "Systemtechnik" gehört "vernetzt" vorzugehen, um größtmögliche Akzeptanz zu erzielen, wurden von Anfang an neben den Hochschulgremien und der Hochschulleitung die relevanten externen Stellen mit einbezogen. Sie gaben gutachterliche Stellungnahmen zu einer erstellten Projektskizze "Studiengang Energiesystemtechnik" ab. Um auch diese Fachleute zu Wort kommen zu lassen, sollen einige zitiert werden:

Ich finde, daß die Schaffung eines fachübergreifenden Studiengangs "Energiesystemtechnik", der alle Belange der Energieversorgung berücksichtigt, schon seit langem überfällig war und stimme daher Ihrer Aktivität uneingeschränkt zu.

Dr.-Ing. Christian P. Beckervordersandforth

Direktor, Ruhrgas AG

Da wir uns derzeit in vieler Hinsicht in der Energietechnik in einer Umbruchsituation befinden, findet der von Ihnen geplante Studiengang "Energiesystemtechnik" meine volle Zustimmung. Das sich in der Zukunft voraussichtlich mehrfach verändernde Energiebedarfs- und Versorgungsszenario, sich verändernde Wirtschaftlichkeits- und Umweltaspekte, ergeben einen zahlreichen Bedarf an Systemingenieuren mit betriebswirtschaftlichen Kenntnissen.

Dr.-Ing. Sigfrid Michelfelder

Vorsitzender der Geschäftsführung, L. & C. Steinmüller GmbH

Aus meiner Sicht ist die Einführung des Studiengangs "Energiesystemtechnik" zu begrüßen. Denn mit Blick auf eine sich schnell ändernde Informationsgesellschaft sowie eine zunehmende Internationalisierung der Märkte wird durch die Integration interdisziplinärer Fächer zu einem Studiengang einer sich abzeichnenden Entwicklung Rechnung getragen.

Dr. Werner Hlubek

Mitglied des Vorstandes, RWE Energie AG

Bei dem dargestellten Studiengang ist insbesondere auch die Lehre nichttechnischer Fächer zu begrüßen. Betriebswirtschaftliche Aspekte sowie Fragen der Investitionsplanung und Finanzierung spielen eine immer stärkere Rolle im Berufsleben und sollten nicht nur für den neuen Studiengang, sondern generell auch Ingenieuren der Energietechnik oder des allgemeinen Maschinenbaus als grundlegendes Rüstzeug mit auf den Weg gegeben werden.

Dr. Klaus Weinzierl

Direktor, VEW Energie AG

Von unserer Seite wird die Einführung des neuen Studienganges "Energiesystemtechnik" an der TU Clausthal begrüßt. Der ökonomische Umgang mir Energieträgern ist eine Grundvoraussetzung für die weitere Entwicklung der Wirtschaft und der Energiewirtschaft im Besonderen. Damit wird auch der Energietechnik und vor allem der komplexen Betrachtungsweise der Zusammenhänge eine wachsende Bedeutung zukommen, der Sie mit der Einführung des Studienganges Rechnung tragen. Wir sehen in der Industrie einen steigenden Bedarf an Ingenieuren, die Fähigkeiten besitzen, größere, komplexere Zusammenhänge zu erkennen, zu bewerten und zu bearbeiten.

Dr. Freitag

MTU Friedrichshafen

Es kommt darauf an, den Studierenden zu vermitteln, daß weder Verfahren optimal sind, die die rein technischen Gegebenheiten optimieren, noch Verfahren, die auf die reine Kostenminimierung abzielen. Die Parameter der energietechnischen Entscheidungen sind vielgestaltiger: Kosten, Umweltschutz, CO2-Minimierung, verfügbare Ressourcen, politische Restriktionen, um nur einige zu nennen.

Aus diesem Grunde würde ich es begrüßen, wenn ein zukünftiger Ausbildungsgang "Energiesystemtechnik" dieses Bündel von technischen, wirtschaftlichen und politischen Vorgaben berücksichtigen würde.

Prof. Dr. Hans Michaelis

Mitglied der Enquete-Kommission zum Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages

Ich halte dieses für eine ausgezeichnete Idee, und das von Ihnen vorbereitete Konzept erscheint mir so gut durchdacht und ausgereift, daß Anmerkungen bezüglich des Fächerkanons überflüssig erscheinen.

Dr.-Ing. Dirk-Joachim Wahl

Direktor Bereich Maschinentechnik, VEBA Kraftwerke Ruhr AG

Die Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge der externen Fachgutachter wurden soweit als möglich in die Projektskizze eingearbeitet und zu einer Tischvorlage für eine Industrieanhörung erweitert. Diese fand Anfang des Sommersemesters 1996 in der TU Clausthal auf Einladung der Hochschulleitung statt und erbrachte weitere wichtige Aspekte für die endgültige Gestaltung des neuen Studienganges, der weitestgehend mit vorhandenen Ressourcen der Hochschule zum Wintersemester 1996/97 ausgestaltet wurde.

Genehmigung des Studienganges

Die kurze Genehmigungsphase von nur zehn Tagen zeigte, daß die rechtzeitige Diskussion der Lehrinhalte mit allen Beteiligten und fundierte Gestaltung des Curriculums zusammen mit externen Fachleuten eine sehr hilfreiche Vorarbeit für die zügige Genehmigung der Diplomprüfungsordnung durch das Ministerium war. Der Studiengang konnte nach einer kurzen Vorlaufzeit von einem Vierteljahr mit 16 Einschreibungen im Wintersemeser 1996/97 gestartet werden. Die Zukunft wird zeigen, ob sich die in ihn gesetzten Erwartungen erfüllen und die prognostizierten bundesweiten 100 Stellen pro Jahr auch wirklich zur Verfügung stehen.

Zusammenfassung

Mit dem integrativen Studiengang "Energiesystemtechnik" konnte erstmals ein fächerübergreifender problemorientierter Studiengang eingerichtet werden, der durch seine Struktur die von der Abnehmerseite geforderte Breite aufweist. Die wissenschaftliche Methodik erlernen Studenten oder Studentinnen in einem Vertiefungsstudium mit frei gewähltem Wissensgebiet. Dieses kann je nach Neigung technischer oder nichttechnischer Art sein und sollte auf eine bereits gehörte Lehrveranstaltung aufbauen. Der genannte Stunden-

umfang des Studiengangs liegt mit 164 SWS bei sieben Semestern plus einem Semester für die Diplomarbeit und zwei Semester für Praktikum sowie Studien- und Projektarbeit. Der Studiengang konnte im Wintersemester 1996/97 mit 16 Neueinschrei-bungen gestartet werden. Der Bedarf liegt bundesweit bei ca. 100 Absolventen pro Jahr.

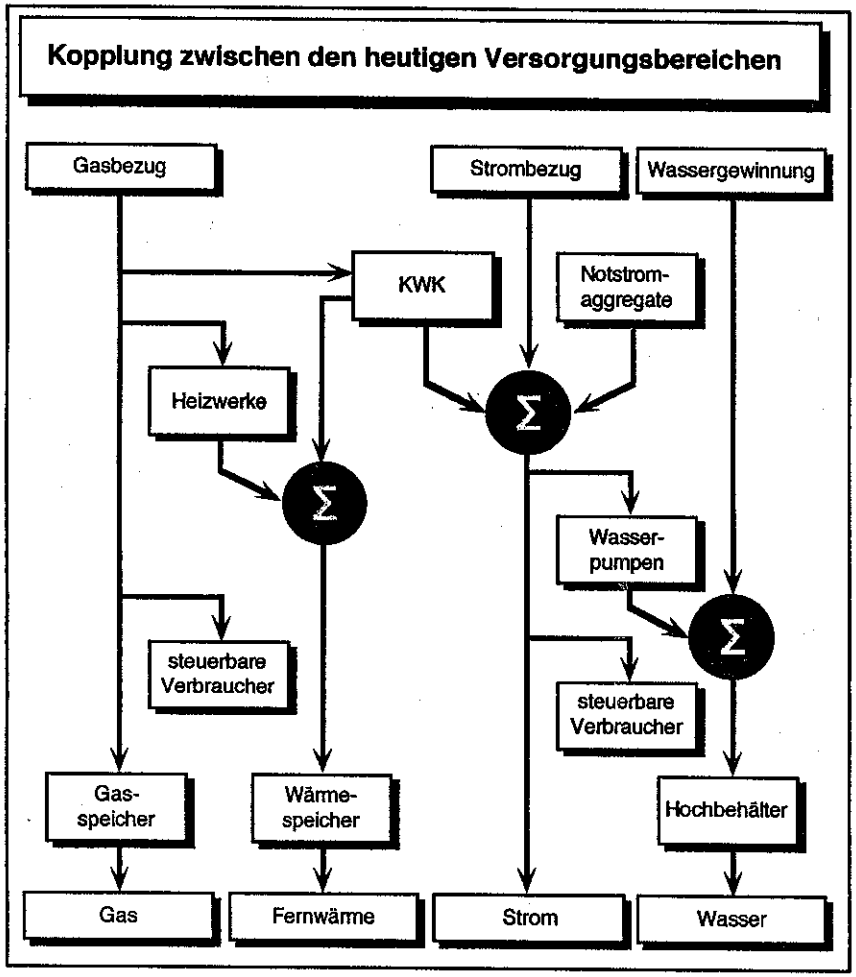

Kopplung zwischen den heutigen Versorgungsbereichen
Gasbezug
Strombezug
Wassergewinnung
KWK
Notstrom-aggregate
Heizwerke
Σ
Σ
Wasser-pumpen
Σ
steuerbare Verbraucher
steuerbare Verbraucher
Gas-speicher
Wärme-speicher
Hochbehälter
Gas
Fernwärme
Strom
Wasser

Bild 1

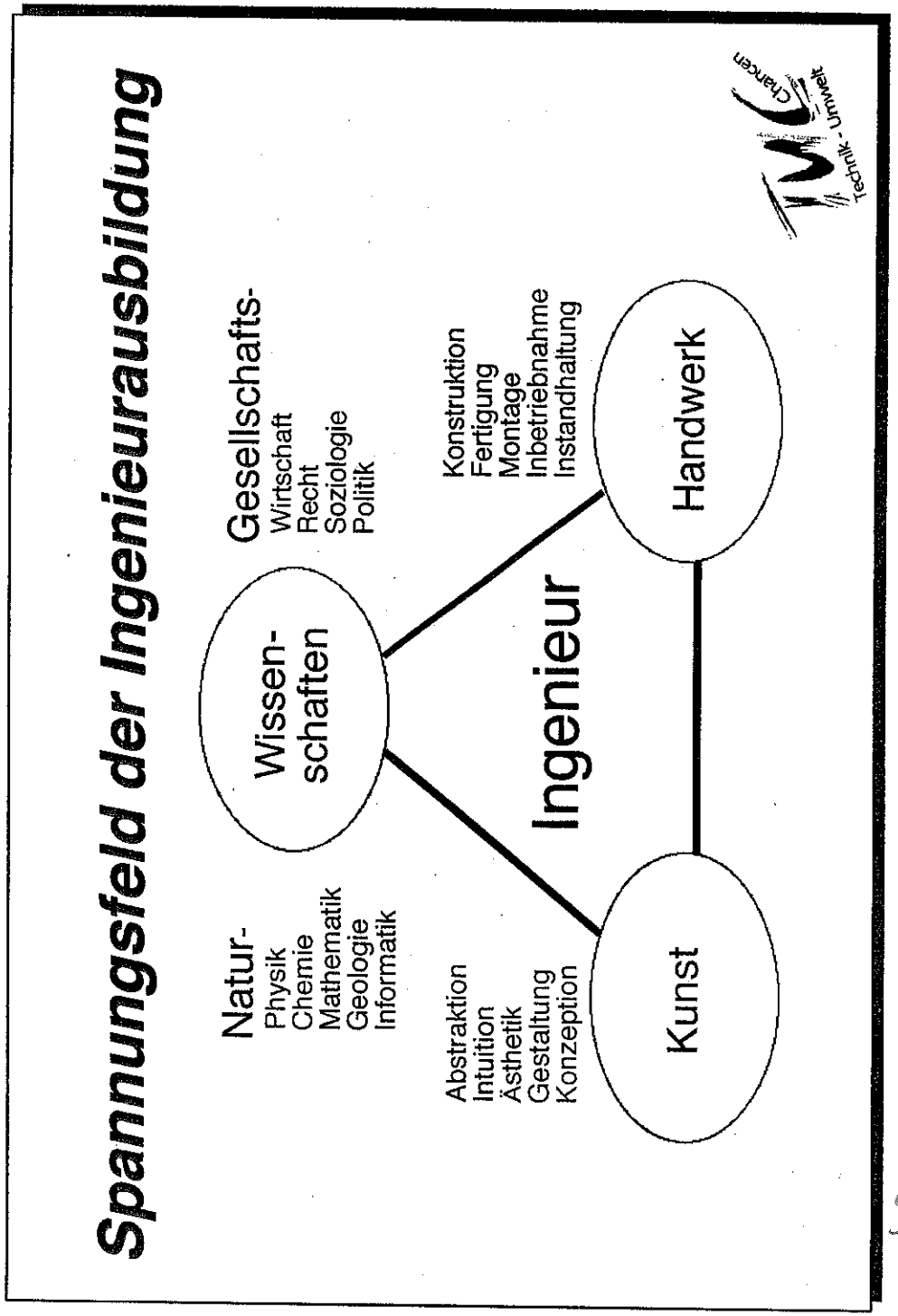
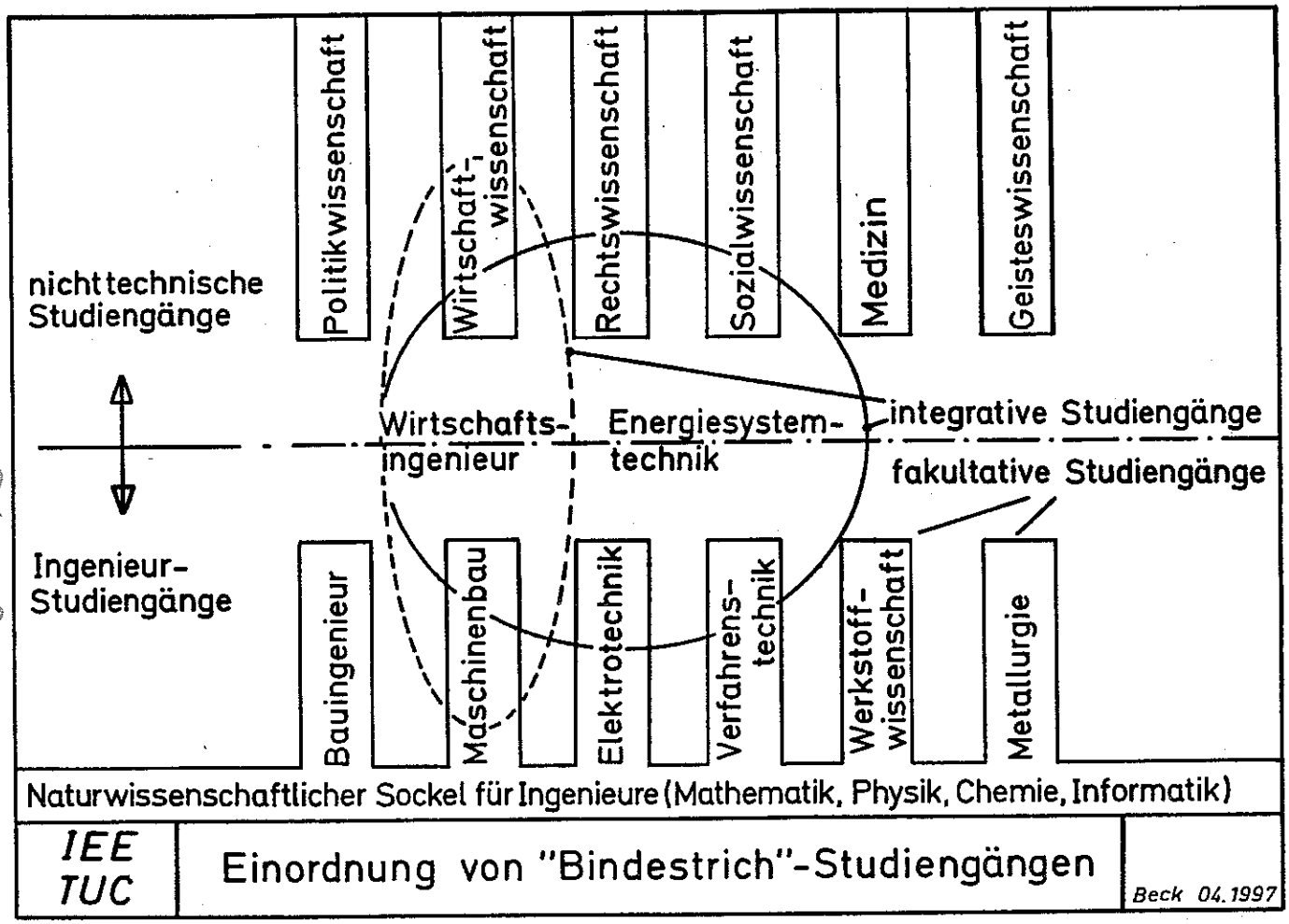

Spannungsfeld der Ingenieurausbildung
Gesellschafts-
Wirtschaft
Recht
Soziologie
Politik
Natur-
Physik
Chemie
Mathematik
Geologie
Informatik
Wissen-schaften
Ingenieur
Konstruktion
Fertigung
Montage
Inbetriebnahme
Instandhaltung
Handwerk
Abstraktion
Intuition
Ästhetik
Gestaltung
Konzeption
Kunst

Bild 2

Bild 3



Konzeption der Energiesystemtechnik

Wissenschaftlich-technische Grundlagen

Mathematik, Physik, Chemie, Informatik
2 Semester

Mechanik, Thermodynamik
Elektrotechnik, Grundpraktikum
2,5 Semester

"Vordiplom"

Fachübergreifendes Studium

technisch
Verfahrenstechnik,
Maschinenbau,
Elektrotechnik,
Umweltschutztechnik,
Systemtechnik
1,5 Semester

nichttechnisch
Recht, Betriebswirtschaft
Investition, Finanzierung
Technikbewertung, Systemtheorie,
Rhetorik, Präsentationstechniken,
Vorträge, etc.
1 Semester

Vertiefung

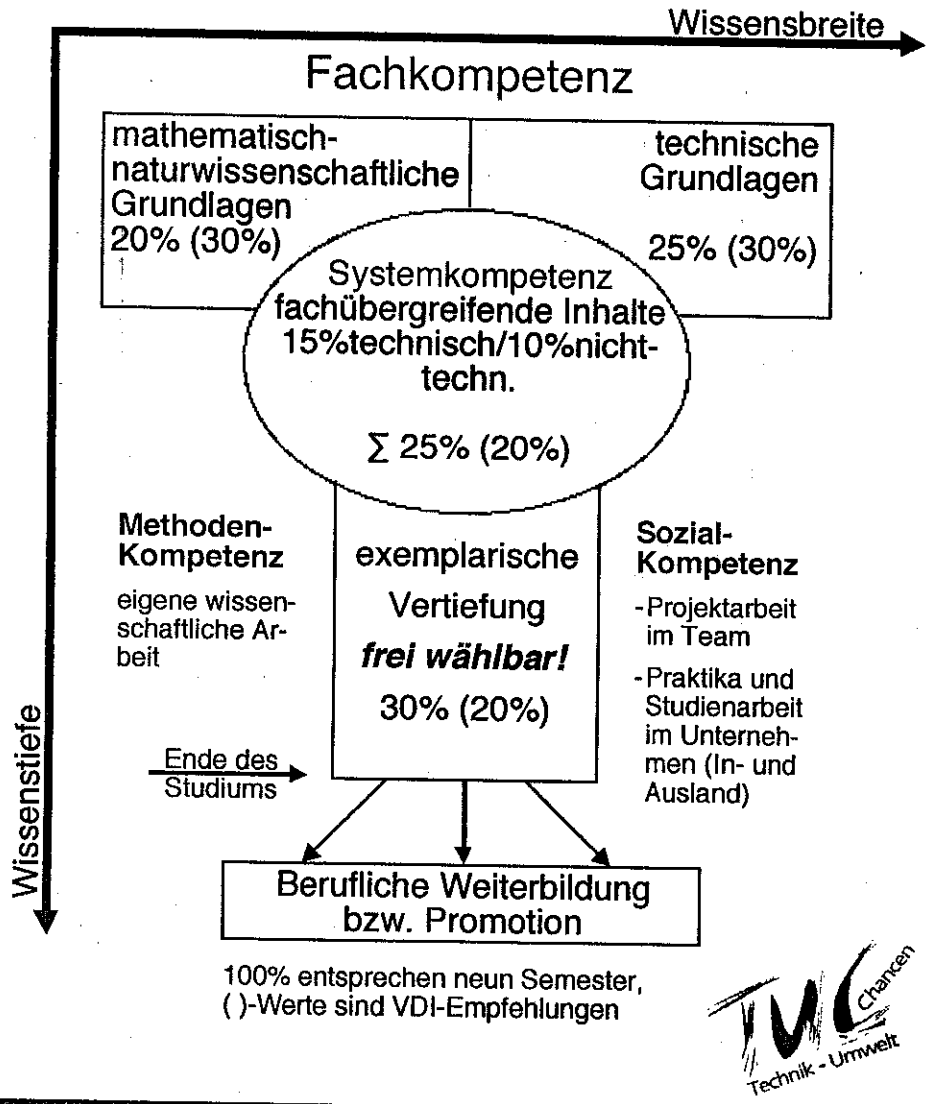
frei wählbar, auch nichttechnische Inhalte, *3 Semester*

eine Studienarbeit, eine Projektarbeit, Wahlpflichtfächer, Fachpraktika

(Gruppen-) Diplomarbeit (evtl. Promotion)

Bild 4

Der Studiengang Energiesystemtechnik



100% entsprechen neun Semester,
( )-Werte sind VDI-Empfehlungen

Bild 5

Zukünftige Aufgaben der Energiesystemtechnik

Verfahrenstechnik

- Verbrennung: Optimierung bezüglich Nutz- und Restwärme sowie Abgas zusammensetzung
- Verbesserung von Prozessen der Kraft-Wärme-Kopplung
- Weiterentwicklung der Gastechnologie (Erdgas)
- Technologie der Brennstoffzelle
- Prozesse zur Wärmenutzung für instationäre Prozesse (z.B. Konverter)

Elektrotechnik

- Neue Netzstrukturen für einen liberalisierten Strommarkt
- Speicherwirkung ausgedehnter Verbundnetze
- Systeme zur Führung großer Gemeinschaftsnetze
- Dezentrale Stromerzeugung

Maschinenbau

- Minderung von Reibung, Verschleiß und Schmierstoffbedarf an Maschinen zur Energiewandlung
- Energieeinsparung an Verbrennungskraftmaschinen durch optimierte Einspritzung
- Verbrennungsmotoren für Kraft-Wärme-Kopplung
- Wärmepumpen, Kältetechnik

Betriebswirtschaft, Recht

- Mitwirkung an der Gesetzgebung zur Liberalisierung/ Deregulierung der Stromversorgung
- Wirtschaftlichkeit neuer Energiekonzepte
- Stromverteilungssysteme als "Energiestraßen"

Bild 6

Arbeitsfelder für Ingenieure der Energiesystemtechnik

- Kraftwerksbau
- Elektroindustrie
- Anlagenbau für Chemie, Hüttenwesen und Steine-Erden-Industrie
- Chemische Industrie, Petrochemie
- Betriebe der Stahl- und Metallhüttenindustrie
- Elektromaschinenbau und Turbomaschinenbau
- Energieversorgungsunternehmen
- Kraftwerksbetreiber
- Regionale oder örtliche Versorgungsunternehmen
- Planungsbüros
- Behörden: Ämter für Gewerbeaufsicht, Umweltschutz
- Verbände
- Technischer Überwachungsverein
- Patentamt
- Forschungseinrichtungen

TUC Chancen Technik - Umwelt

Bild 7

In Zusammenarbeit mit:

Absolventeninitiative

Prof. Dr.-Ing. Beck

Praxisorientierung

für Hochschulabsolventen

Die Absolventeninitiative bietet an:

Unter dem Titel „Praxisorientierung für Hochschulabsolventen" findet vom 22. bis 24. Juni eine Exkursion in die Region Leipzig statt, die vor allem für Studierende höherer Semester konzipiert ist. Der Zeitplan sieht bisher folgendermaßen aus:

Sonntag 22.06:

11^{00} Uhr	Abfahrt Richtung Leipzig Stadterkundung, Übernachtung in der Jugendherberge in Leipzig

Montag 23.06:

9^{00} Uhr	Besichtigung der Stadtwerke Leipzig (u.a. Gas- und Dampfkraftwerk)
12^{00} Uhr	Mittagessen in der Kantine der Stadtwerke
14^{00} Uhr	Besichtigung der Kraftwerke Bitterfeld GmbH (Kohlekraftwerk) Übernachtung in der Jugendherberge in Leipzig

Dienstag 24.06:

9^{00} Uhr	Besichtigung der PGW-Turbo GmbH (Pumpen- und Gebläsewerk Leipzig)
12^{00} Uhr	Mittagessen in der Kantine von PGW Turbo GmbH
14^{00} Uhr	Besichtigung der Wolfener Schwefelsäure & Zement GmbH Anschließend Rückfahrt nach Clausthal

Wir werden mit Privat-PKW unterwegs sein, da die Teilnehmerzahl auf 15 Leute begrenzt ist und ein Bus sich deswegen nicht lohnt. Da es uns gelungen ist, einen Zuschuß zu bekommen, werden sich die Kosten in Grenzen halten. Allerdings haben wir beschlossen, zu unserer Sicherheit bei der verbindlichen Anmeldung schon 30,- DM zu kassieren. Die werden dann bei der Endabrechnung mit verrechnet! Anmelden könnt Ihr Euch ab sofort bei der Absolventeninitiative (Dienstags ab 19^{00} Uhr im AStA) oder bei Dominik Prinz (Tel.: 78730). Und wie schon gesagt: nur 15 können mitfahren!

Exkursion zum Abschluß der Vorlesungen "**Geschichte der Energietechnik**" und "**Elektrizitätswirtschaft**" vom 14. Bis 16. Juli 1997
Prof. Dr. Carsten Salander

Programm:

14.7.:	07.00h	Abfahrt von Clausthal
	11.30h	Eintreffen Informationszentrum Kernkraftwerk Grafenrheinfeld bei Schweinfurt und Einführungsvortrag durch Herrn Scheuring, stellv. Werksleiter
	12.30h	Mittagessen im Kasino
	13.30h	Anlagenbegehung mit Kontrollbereich
	16.00h	Schlußdiskussion
		Übernachtung im Hotel "Krone Post", Werneck
15.7.:	08.00h	Abfahrt nach Erlangen
	10.00h	Ganztägiges Votrags-, Besichtigungs- und Seminarprogramm mit den Themenschwerpunkten EPR-Reaktor, ICE-Entwicklung, GUD-Kraftwerke und auch Berufsaussichten für Ingenieure bei der Siemens/KWU
		Übernachtung in der Nähe von Erlangen
16.7.:	09.00h	Besichtigung des Kohlekraftwerkes Frauenaurach
	12.00h	Mittagessen in Erlangen
	20.00h	Ankunft in Clausthal

Eindrücke:
Schon mit der Einführungsveranstaltung im Kernkraftwerk waren wir mittendrin in einem spannenden Besichtigungsprogramm, daß uns Dank der guten Kontakte von Prof. Salander Einblicke ermöglichte, die nicht jedem zuteil werden können. So wird zum Beispiel der eigentliche Reaktorbereich, also der Kontrollbereich des Kraftwerkes nur sehr ausgesuchten Gruppen gezeigt. Die Mitarbeiter dort erledigen sicher keine einfache Aufgabe, indem sie unter den gegebenen Druck- und Temperaturverhältnissen arbeiten müssen. Auch die Besichtigung der typischen Ingenieursarbeitsplätze im Kontrollzentrum war sehr aufschlußreich. Beeindruckend war der Sicherheitsaufwand und der Reinheitsgrad in den Anlagen.
Am Dienstag in Erlangen bei der KWU standen weniger die Arbeitsplätze von Ingenieuren, sondern mehr ihre Arbeitsinhalte im Vordergrund. Das breitgefächerte Angebot an Vortragsthemen bot für jeden etwas und auch das leibliche Wohl kam im Kasino nicht zu kurz - im Gegenteil! Der letzte Tag beinhaltete die Besichtigung eines fossilen Kraftwerkes, dessen Aufbau natürlich einen krassen Gegensatz zum Kernkraftwerk bot, aber die moderne Technik hat auch in einem Kohlekraftwerk inzwischen ermöglicht, daß weiße Hemden und auch sommerlich helle Kleidung beim Rundgang sauber blieben!
Am Dienstag Abend konnte auch das studentische Nachtleben in Erlangen getestet werden, so daß diese Exkursion wirklich für jeden etwas zu bieten hatte...
Alles in allem war dies eine ausgesprochen interessante und vielseitige Exkursion, für deren Organisation Prof. Salander hiermit Dank ausgesprochen sei!

INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIETECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL
Direktor: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Akad. Rat: Dr.-Ing. Ernst-August Wehrmann

IEE

Anlage 7

1. Technologietagung
Institut für Elektrische Energietechnik
der Technischen Universität Clausthal

Programm:

15.15 Uhr
- ***Eröffnung und Begrüßung***
  Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. C. Marx, Dekan der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen der TU Clausthal

15.30 Uhr
- ***Begrüßung und Bericht des Institutsleiters***
  Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck

- ***Fachvorträge zu laufenden Forschungsvorhaben***

15.45 Uhr ***Vorstellung eines neuartigen Konzeptes für netzrückwirkungsarme Drehstromlichtbogenöfen zur Elektrostahlerzeugung***
Dipl.-Ing. A. Wolf

16.00 Uhr ***Experimentelle Erprobung der analytischen gezielten Eigenwertvorgabe***
Dipl.-Math. M. Goslar

16.15 Uhr ***Versorgungskonzepte für elektrische Inselnetze***
Dipl.-Ing. J. Wenske

16.30 Uhr ***Prozeßbegleitende Gasnetzsimulation für das Gasversorgungsnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH***
Dipl.-Ing. D. Vollmer

16.45 Uhr
- ***Gemeinsamer Institutsrundgang***
  mit Versuchsvorführungen

17.30 Uhr
- ***Mitteilungen der geladenen Gäste***
  Die Teilnehmer berichten kurz aus ihrer derzeitigen Tätigkeit

19.00 Uhr
- ***Gemeinsames Abendessen***
  mit der Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch

- ***Bei Bedarf: Fortsetzung der Mitteilungen***

Freitag, den 28. November 1997
Seminarraum des Institutes
für Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28
38678 Clausthal-Zellerfeld

An das Institut für
Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28
D-38678 Clausthal-Zellerfeld

Institut für Elektrische Energietechnik
Technische Universität Clausthal
Leibnizstraße 28
D-38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: +49-5323-72-2299
Fax: +49-5323-72-2104
e-mail: wehrmann@iee.tu-clausthal.de

Einladung

zur

1. Technologietagung

des

Institutes für
Elektrische Energietechnik

an der

Technischen Universität Clausthal

im November 1997

1. Technologietagung
Institut für Elektrische Energietechnik
der Technischen Universität Clausthal

Programm

- ***Eröffnung und Begrüßung***
  Prof. Dr.-Ing. P. Dietz
  Rektor der TU Clausthal

- ***Grußworte***

- ***Begrüßung und Bericht des Institutsleiters***
  Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck

- ***Fachvorträge zu laufenden Forschungsvorhaben***

- ***Gemeinsamer Institutsrundgang mit Versuchsvorführungen***

- ***Mitteilungen der geladenen Gäste***
  Jeder Teilnehmer berichtet kurz aus seiner derzeitigen Tätigkeit.

- ***Gemeinsames Abendessen***
  Mit der Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch

Veranstaltungsort:
Seminarraum des Institutes für Elektrische Energietechnik

Termin:
Freitag, den 28. November 1997
15 Uhr c.t.

Um Rücksendung des beiliegenden Anmeldeformulars bis zum

3. November

wird gebeten

Diese Rückmeldung ist auch bei Nichtteilnahme willkommen, um unsere Adreßkartei zu aktualisieren!

Absender, Privatadresse:

Tel.:
Fax.:
e-mail:

Dienstadresse:

☐ Ich nehme an der 1. Technologietagung des ***IEE*** am 28.11.1997 teil
☐ nicht teil

Bemerkungen:

TAGE DER FORSCHUNG

6. und 7. November 1997

Aula der Technischen Universität Clausthal

Zukunft gestalten

Forschung in Clausthal

Donnerstag, 6. November 1997

14.00 Uhr Begrüßung
Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz
Rektor der TU Clausthal

14.10 Uhr Stahl - Werkstoff für den Fortschritt durch Innovation
Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Kurt Stähler
Vorsitzender des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute VDEh

14.30 Uhr Symmetrie als Organisationsprinzip
Prof. Dr. rer. nat. Joachim Hilgert
Institut für Mathematik

15.00 Uhr Möglichkeiten der Clausthaler physikalischen Forschung im Verbund "High-Tech im Grünen"
Prof. Dr. rer. nat. Lothar Fritsche
Institut für Theoretische Physik

15.30 Uhr Das Klassieren feinster disperser Produkte in Gasen
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Kurt Leschonski
CUTEC-Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH

16.00 Uhr Pause / Posterausstellung

16.30 Uhr Abfallfreie Phosphatierung
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gock
Institut für Aufbereitung und Deponietechnik

17.00 Uhr Neue Herausforderungen in der Katalyse-Chemie - von der CD bis zum Pharmawirkstoff
Prof. Dr. rer. nat. Dieter Kaufmann
Institut für Organische Chemie

17.30 Uhr Minderung von NO_x-Emissionen bei Feuerungen mit variierenden Brennstoffeigenschaften
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Scholz
Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik

18.00 Uhr Mechatronische Regelungen in der Fahrzeugtechnik
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Konigorski
Institut für Elektrische Informationstechnik
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Institut für Elektrische Energietechnik

Forschungsergebnisse in der Diskussion

Posterausstellung-Exponate-Software-Surfen

13.30 Uhr Einführung und Rundgang
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Draugelates
Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung

19.00 Uhr Möglichkeit zu Institutsbesichtigungen

Forum Junge Wissenschaft

Freitag, 7. November 1997

09.00 Uhr Begrüßung
Prof. Dr. rer. nat. Horst Quade
Prorektor für Studium und Lehre

09.10 Uhr Die Dynamik des technischen Wandels
Prof. Dr.-Ing. Michael Jischa
Institut für Technische Mechanik

09.40 Uhr Von der Probierkunst zur modernen Umweltanalytik
Dr. rer. nat. Kathrin Stein
Institut für Anorganische und Analytische Chemie

10.00 Uhr Die eiszeitliche Gletscherlandschaft Norddeutschlands
Dr. rer. nat. Ludger Feldmann
Institut für Geologie und Paläontologie

10.20 Uhr Verbrennung und Vergasung von Rückständen in Rostsystemen
Dr.-Ing. Michael Beckmann
CUTEC-Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH

10.40 Uhr Oberflächenveredelung durch Beschichten
Dr.-Ing. Belkacem Bouaifi
Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren

11.00 Uhr Pause / Posterausstellung

11.20 Uhr Bewertung von Optionsscheinen durch neuronale Netze
Dr. rer. nat. Michael Breitner
Institut für Mathematik

11.40 Uhr Moderne Ultraschallreaktoren für die industrielle Produktion
Dr.-Ing. Christian Horst
Institut für Chemische Verfahrenstechnik

12.00 Uhr Entwicklung eines Verfahrens zum endabmessungsnahen Gießen von Stahlband
Dr.-Ing. Karl-Heinz Spitzer
Institut für Allgemeine Metallurgie

12.20 Uhr Mit Konstruktionselementen Zukunft gestalten
Dr.-Ing. Günter Schäfer
Institut für Maschinenwesen

12.40 Uhr Unterzeichnung eines Partnerschaftsabkommens mit dem Gymnasium Stephaneum Aschersleben
Dr. Hildegard Mierzwa
Rektorin des Stephaneums Aschersleben
Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz
Rektor der TU Clausthal

13.00 Uhr Schlußwort

15.30 Uhr Mitgliederversammlung des Vereins von Freunden der TU Clausthal
Hörsaal des Instituts für Bergbau, Erzstr. 20

19.00 Uhr Universitätsball 1997 anläßlich der feierlichen Immatrikulation

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde der Technischen Universität Clausthal,

Forschung hat einen großen Stellenwert in allen Bereichen unserer Universität. Gern folgen wir daher der Aufforderung des Herrn Bundespräsidenten an die deutschen Universitäten und Forschungsorganisationen, in "Tagen der Forschung 1997" der Öffentlichkeit Einblick in die Arbeitsweise von Forschungseinrichtungen und Überblick über neue Forschungsergebnisse zu gewähren. Dies war der Anlaß zu den "Tagen der Forschung 1997" der TU Clausthal, und hierzu laden wir Sie alle herzlich ein. Diese Einladung gilt nicht nur den befreundeten Unternehmen und Persönlichkeiten sondern gerade den fachlich Interessierten im weiteren Umfeld unserer Universität, die sonst wenig Gelegenheit zu einem Einblick in unsere Arbeit erhalten.

Hierfür haben wir nicht nur Vorträge über Forschungsprojekte vorbereitet sondern auch eine Ausstellung mit Postern, Anlagen und Bauteilen zusammengestellt, so daß sich jeder ungezwungen im Gespräch informieren kann.

Unsere besondere Einladung gilt neben den Fachleuten in den Unternehmen den jungen Menschen, die sich für eine Ausbildung oder eine Tätigkeit in den Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften an unserer Universität interessieren. Hierzu lassen wir in einem Forum "Junge Wissenschaft" junge Wissenschaftler mit Ergebnissen ihrer eigenen selbstständigen Forschungstätigkeit zu Worte kommen.

In dieser Veranstaltung wollen wir auch ein Partnerschaftsabkommen mit dem Gymnasium Stephaneum in Aschersleben unterzeichnen und aktiv beginnen.

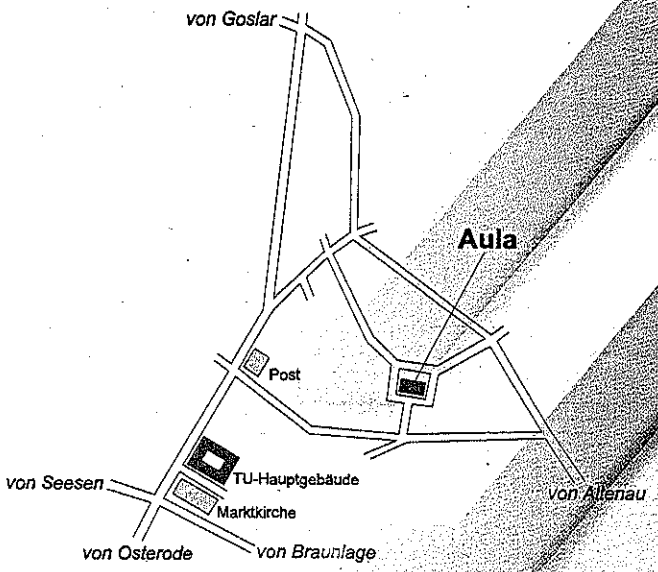
Wir alle - Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Technische Angestellte und Verwaltungsangestellte sowie Studierende - laden Sie herzlich zu einem Besuch ein.

Glückauf!

Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz
Rektor der Technischen Universität Clausthal

Tage der Forschung 1997

6. und 7. November 1997



Aula der Technischen Universität Clausthal
Aulastraße 8, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Anlage 8

EINLADUNG

Technische Universität Clausthal

Anlage 9

INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIETECHNIK

TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL

IEE

Clausthal, den 15.05.97

Öffentlicher Seminarvortrag

Netzanbindung von Solarzellen

Vorstellung eines Projektes zur Einspeisung von Solarstrom
in das öffentliche Netz,
realisiert mit der institutseigenen Photovoltaikanlage des IEE.

von
cand.-Ing. Tobias Böning, cand.-Ing. Jens Petersen und cand.-Ing. Marko Schröder

Am Donnerstag, den 29.05.97, um 20.00 Uhr im Audimax.

Institut für
Elektrische Energietechnik
Technische Universität Clausthal

Alle Interessenten sind herzlich willkommen!

INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIETECHNIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL
Direktor: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Akad. Rat: Dr.-Ing. Ernst-August Wehrmann

Anlage 10

IEE

11. April 1997

Planung Hannover-Messe 1997

Messestand: **Gemeinschaftsstand der niedersächsischen Hochschulen**
Halle 18, Obergeschoß M16
Telefon: **0511 / 8943-817 und -818 (an der "Infotheke")**
WWW: **http://www.tu-clausthal.de/ztw/messen/97**

Thema: **Wartungskostenminimierung durch aktive Schwingungsbedämpfung in Hochleistungsantrieben**

Termin	1. Mitarb.	2. Mitarb.	3. Mitarb.	Termine (Standdienst: 8.30 - 18.30 Uhr)
Sa., 12.04.	Wehrmann	Häring		Aufbau, Abfahrt 12.00 Uhr
Mo., 14.04.	Wehrmann	Häring	Schilling	
Di., 15.04.	Wehrmann	Häring	Schilling	
Mi., 16.04.	Wehrmann	Häring	Schilling	Ministerin: 10 - 12 Uhr
Do., 17.04.	Wehrmann	Häring	Heckmann	Vortrag Prof. Beck: 14.30 - 15.00 Uhr Forum des Innovationsmarktes Halle 18 / D19
				Dienstleistungsabend bis 20.00 Uhr
Fr., 18.04.	Wehrmann	Söffker	Heckmann	
Sa., 19.04.	Wehrmann	Söffker	(evtl. Dr. Engel)	Abbau ab 18.00 (Fahrzeuge ab 21.00 Uhr)
So., 20.04.				evtl. Rest-Abbau

Teilnehmer:

Prof. Beck	GS, Schlüterstraße 1B	05321 / 29265
Häring	Bad Grund, Am Forstamt 4	05327 / 2910
Heckmann	CLZ, Leibnizstr. 22 / 114	05323 / 4249
Schilling	CLZ, Rollplatz 3	05323 / 5637
Söffker	CLZ, Zellbach 8	05323 / 78295
Wehrmann	CLZ, Unterer Weg 5	05323 / 5493

lfd.Nr.	Hochschule	Exponat	Fläche	Ansprechpartner/Bemerkungen
2.	**Techn. Universität Clausthal**			Liebing 05323/9693 - 14 Fax - 99
2.1	Inst. f.Elektrische Energie-technik Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann	Schwerpunkt: Antriebs- und Fluidtechnik Aktive Schwingungsbedämpfung für Hochleistungsantriebe	2 qm (Rechnerpräs./Modell)	
2.2	Inst. f. Werkstoffkunde u. Werkstofftechnik Dr.-Ing. K.-U. Kainer, Dipl.-Ing. T. Ebert	Schwerpunkt: Werkstoffe Sprühkompaktieren	2 qm (Rechner-/Videopräs. + Ausstellungsstücke)	
2.3	Inst. f. Erdöl- und Erdgas-forschung (Koop. m. Inst. f. Elektr. Informationstechnik) Prof. Dr. D. Kessel, Dipl.-Chem. Oschmann	Schwerpunkt: Antriebs- und Fluidtechnik Simulation von Schwallfluß-strömungen	2 qm (Versuchsapparatur + PC)	

POWER CONTROL OF WIND POWER CONVERTES WITH ASYNCHRONOUS GENERATOR

Hans-Peter BECK, Antonios KANAKIS, Constantinos SOURKOUNIS
Institut for Electrical Power Engeneering
Technical University of Clausthal
38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

Abstract - **Wind energy converters (WEC) with an asynchronous generator connected directly to the grid, cause interference to the grid in form of voltage fluctuations, which appear as flicker effects. Voltage fluctuations occur during operation at high variations of wind speed. Most critical are power-up events of stall-controlled wind power converters. The power up currents, which are multiples of the nominal current, cause voltage dip in the grid and transient oscillations between generator and grid.**
Following series of actions was simulated and tested with the aim of reducing the grid interference and life-time extention for the mechanical components. These methods were observed in details: time shifted phase power up, phase control (several variations), current- i.e. power control. The mentioned methods were tested and optimized on a WEC-model 7.5kW-test bed.

1. INTRODUCTION

The implementation of wind energy in Germany experinced an upswing after a law for the billing of energy generated by regenerative resources was enacted in 1990. In that way the installed power of wind energy converters (WEC) was increased from 62 MW to more than 1600 MW /8/. According to an evaluation of the authorities as much as 10000 new jobs were provided in Germany, solely through a law modification and 1 bil. DM in development subventions (since 1980). On the opposite side the energy suppliers are confronted with reduced profits and extra overhead for the network expansion /14/. While further political discussions about maintaining the billing of the energy supply and the precise ammount of the billing (for the time being 0,17 DM/kWh) take place, economical factors force the WEC manufacturers and users to a further optimization of the technological concepts. The increase of the nominal generator power leads to a decrease of the specific costs and is a method to increase the economic efficiency. Thus the mean value of the nominal generator power was rising up from 326 kW in 1996 to 570 kW in 1997. A further power growing up in the MW range in order to reduce the specific costs is expected in the near future. With this background a new converter concept will be introduced in the following chapters which is applicable in a wide power range.

2. STATE OF THE ART

The WEC concepts can be reduced principally in four variants, figure 1. Hereby asynchronous and synchronous generators are applicable. The gear-less version (fig. 1d) is costlier and has a voltage converter at the stator side for a frequency variable supply. Blade adjustment is therefore not necessary. This type of system has a market share of 40 % of new installed plants /8/. In fig. 2 the table shows the main system parameters of WEC generators for the lower MW range of various manufacturers. The upper mentioned system type is Nr.3. The other types according to fig. 1b with three-phase a.c. controller and asynchronous generator -in the table mentioned as "asynchronous, thyristor", (Nr. 1,8)- have a 30% market share.

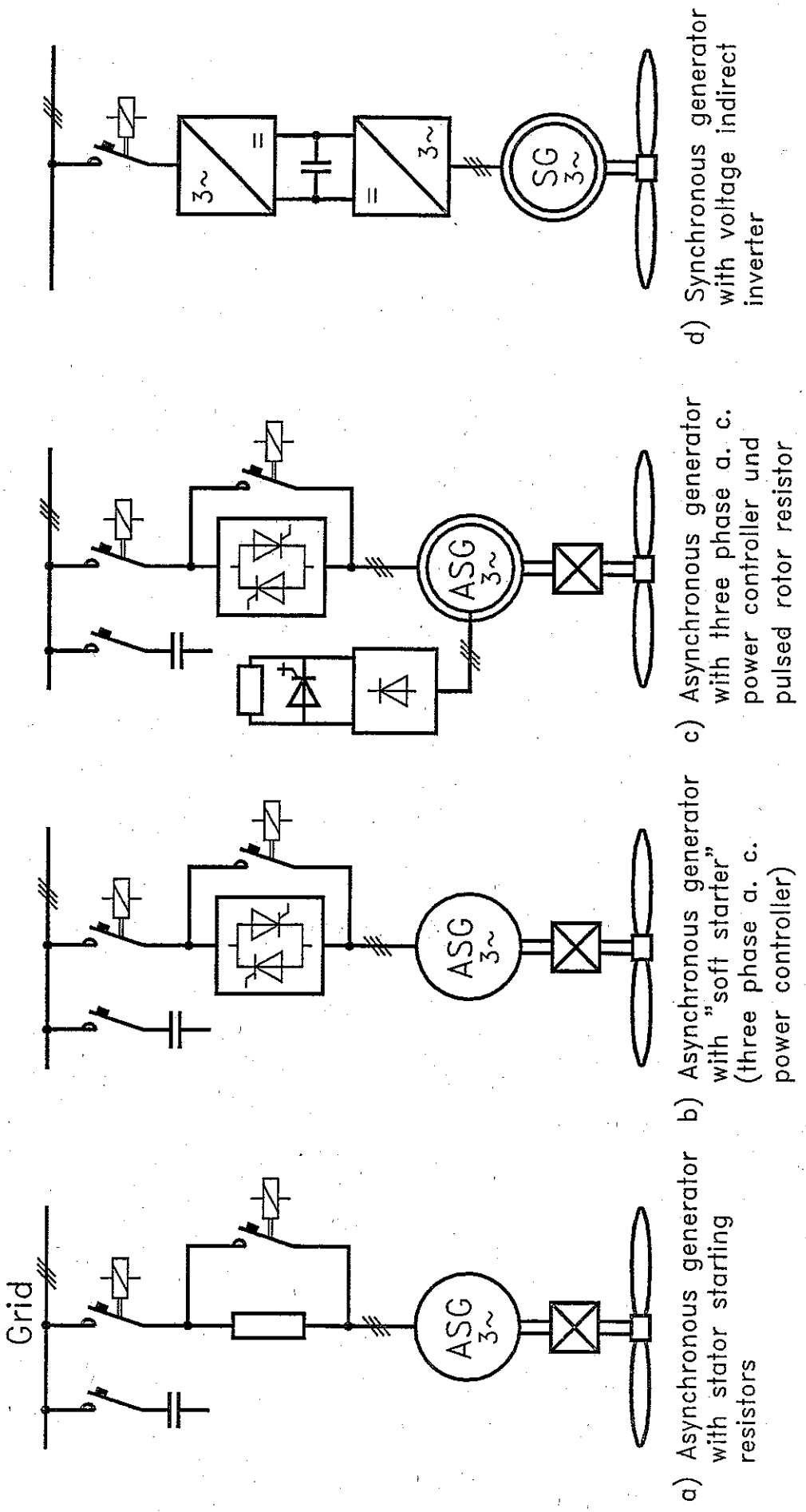


Fig. 1: Single line of comercial WEC

They distinguish themselfs technicaly with a relative simple converter without frequency variation and a robust asynchronous generator with a squirrel-cage rotor, whereby the converter, which is implemented today as a three-phase a.c. converter is short-circuited in the generator mode. In order to adapt the rotor setting-angle a blade adjustment is necessary. This leads to an extra overhead in mechanical parts.

Nr.	WEC - Manufacturer	Manufacturer (Generater)	Type	Power output	Voltage [V]
1	AN Bonus 1 MW/54 21%	ABB	asynchronous	Thyristors	690
2	Autoflug A1200	Loher	asynchronous	Thyristors	690
3	Enercon E 66 40%	Enercon	synchronous	Power inverter	400
4	HSW 1000	Loher	asynchronous	Thyristors	690
5	MBB Aeolus	ABB	asynchronous	Power inverter	660
6	Micon M2300-1000/250kW	Elin	asynchronous	Thyristors	690
7	NedWind NW 55	ABB	asynchronous	Thyristors	400
8	Nordex N54 10 %	Loher	asynchronous	Thyristors	690
9	Nordic 1000	ABB	asynchronous	Thyristor	690
10	Nordtank 1500/60	2x Siemens	asynchronous	Thyristor	690
11	Tacke TW 1.5	AEG	asynchronous	Power inverter	500
12	Vestas V 63-1,5 MW 20%	Weier	asynchronous	Thyr./opt. Slip	690
13	West Gamma 2	?	synchronous	Power inverter	660

Windtest

Fig. 2: WEC generator systems (market share)

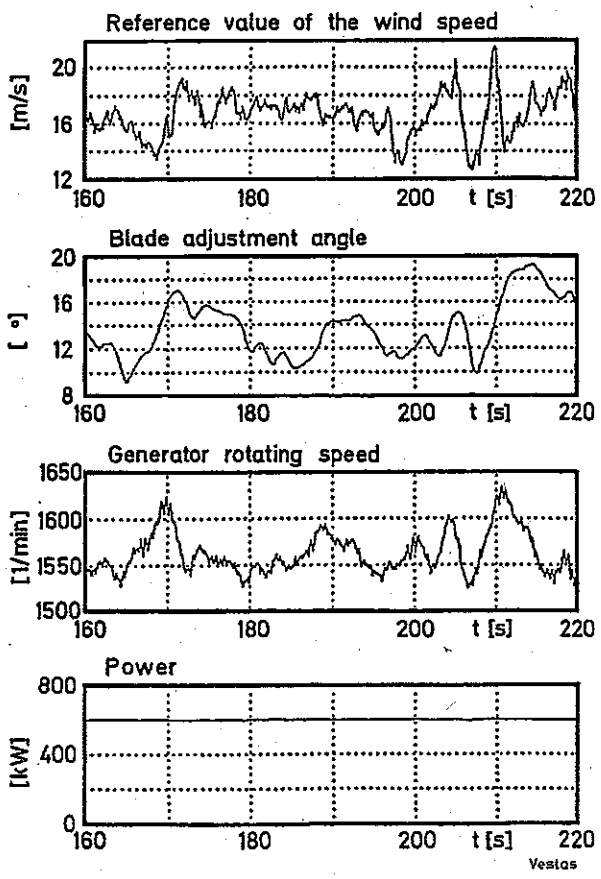


Fig. 3: Control method of a WEC with a "rotating pulsed resistor".

In this variant, wind-speed fluctuations cause power and torque fluctuations respectively in the net and the power-drive train. This means a higher load for all components and must be considered while designing the system parts to ensure the necessary availability of the whole system.

In case that the power supply company does not allow any short-time power fluctuations because of system perturbation a WEC according to fig. 1c can be of help. Through a rotating pulsed rotor-resistor and dynamic slip adaptation in combination with pitch control, the effective power of the network can be maintained constant at 600 kW at adequate wind speed conditions (v_1>10 m/s), fig. 3. This system type has today a market share of 20 %. The remaining 10 % are distributed to other manufacturers. System types with asynchronous generator, gear and three-phase a.c. converter and higher power output own a market share of 50 %. WEC's that are started-up over stator starting-resistors have high ammounts of energy losses or high overcurrents in case that smaller starting resistors are implemented. Overcurrents cause voltage dips and torque peaks which redu-

ce the life time of the mechanical components, therefore WEC's of this type are meaningfull only for low nominal power (<100 kW).

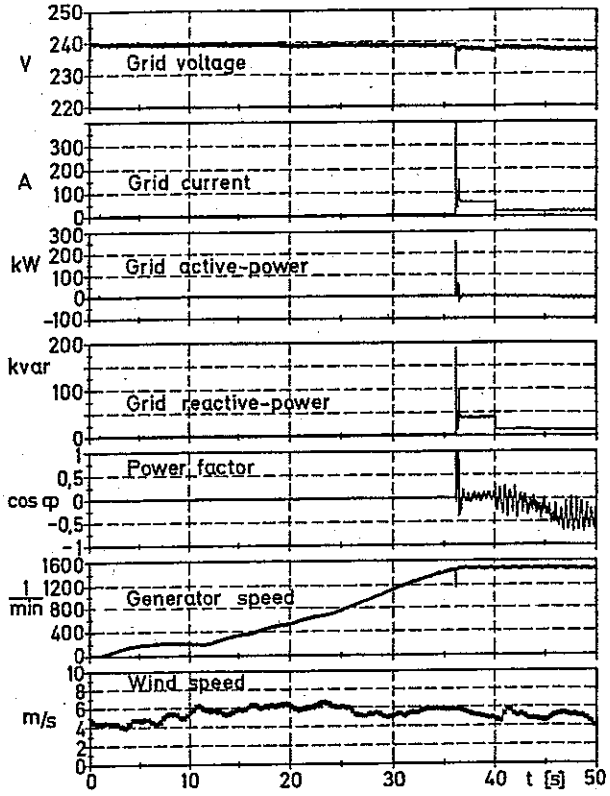


Fig. 4: Measurement result from the start-up sequence of a WEC

3. THREE-PHASE A.C. POWER CONTROLLER FOR SOFT START-UP

In the literature references /7, 11, 12/ can be found further informations for a more precise examination of the electrical start-up behaviour of asynchronous machines in the motor mode. Depending on the starting conditions the air-gap torque can be a multiple of the nominal torque (the theoretical limit is 20x). By switching in the third phase with a delay of 90°el related to the other /7, 12/ the air-gap torque can be reduced dramatically. This is valid for switching on an idle machine. On the basis of the linear mathematical model of the asynchronous machine with a coupled two-mass oscillator own examinations have shown, that the machine behaviour while in starting up from the idle state is equivalent to that of a

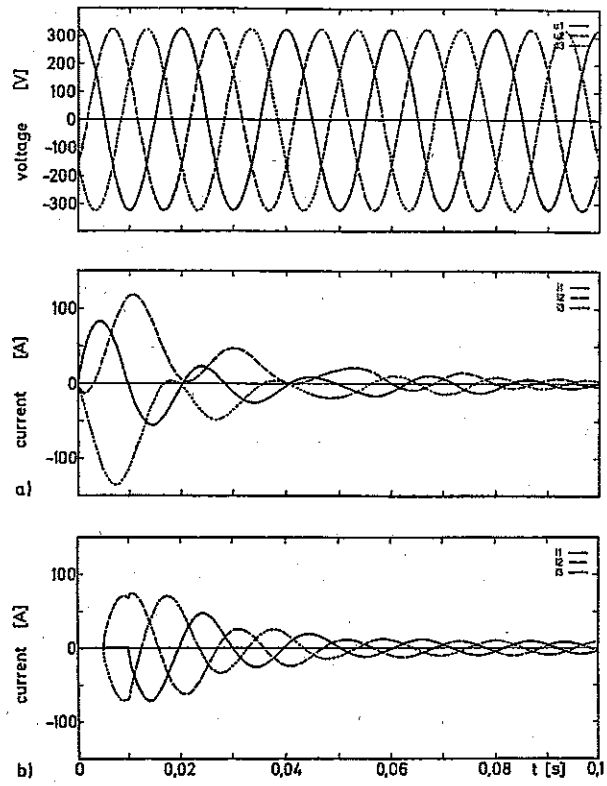


Fig. 5: Simulated current and voltage time curves at start-up

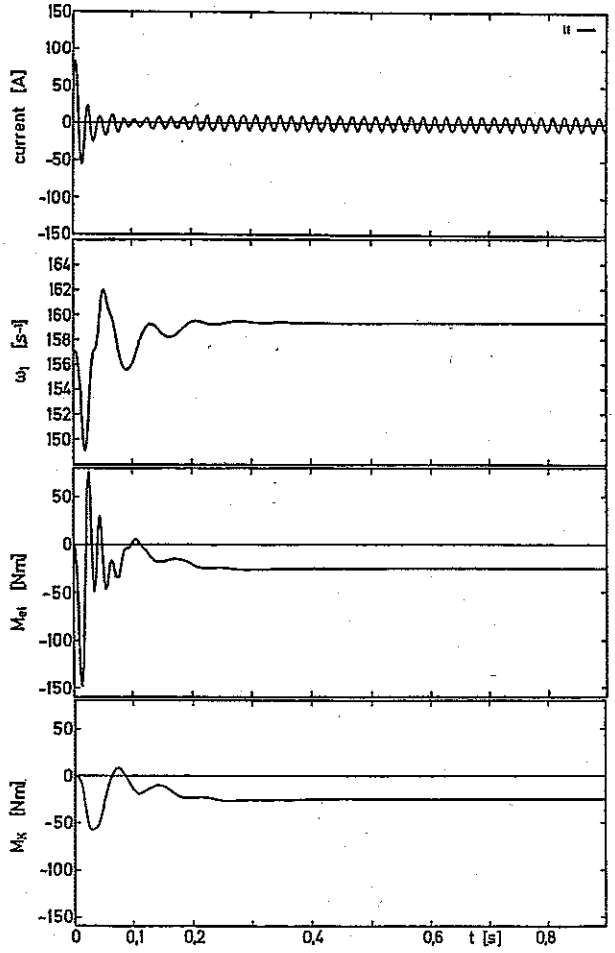


Fig. 6a: Simulated time curves of the mechanical quantities unter certain conditions, as in fig.5a

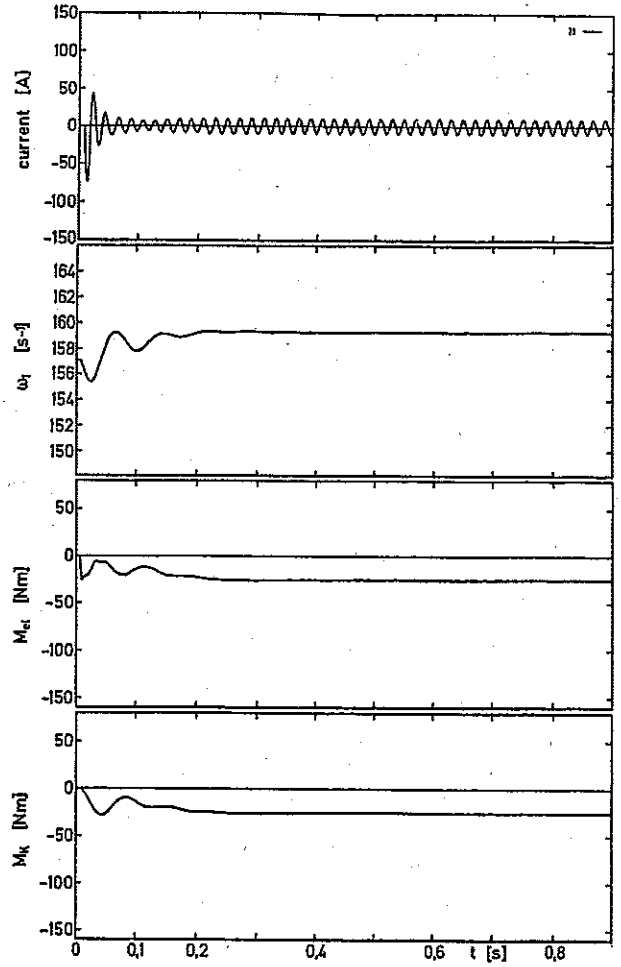


Fig. 6b: Simulated time-curves of the mechanical quantities under certain conditions, as in fig.5b.

machine with a rotor rotating at synchronous speed. As the simulation results show, the overshooting of the air-gap torque, caused by switching in all three phases simultaniously (overwings amplitude ammounts 3x the nominal torque) can be completely eliminated, by switching the third phase with a 90° el delay, fig 6b. The starting currents are hereby halved, fig. 5b. The curve shape of the coupling torque M_k shows that the switch-on inrush of the air-gap torque is weakend in dependance to the mass-inertia rate (here 1:2, fig. 6a), which is very desirable in order to keep the load in the power-drive train low.

By implementing a soft starter /2/ with a staring current control the current respective the torque overshooting can be avoided, fig. 7. Harmonics in the network current while start-up are disantvantageous and their amplitudes vary in a wide range, fig. 8. At the three-phase a.c. controller the maximal amplitude value is owned by the 5th harmonic and ammounts 15% of the nominal current. In case that harmonics in the net disturb, they can be reduced with conventional measures like increasing the phase number from 3 to 6 or implementing filters. Active filters are meanwhile also available /15/.

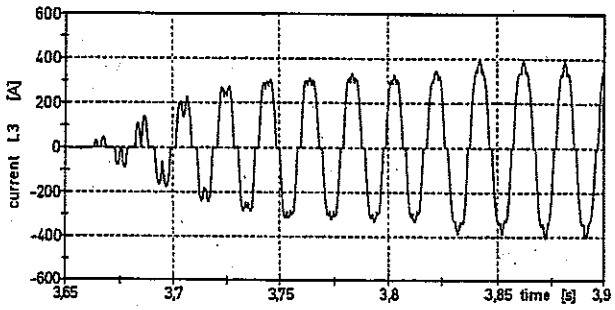


Fig. 7: Measured stator current time-curve of a WEC with soft starter

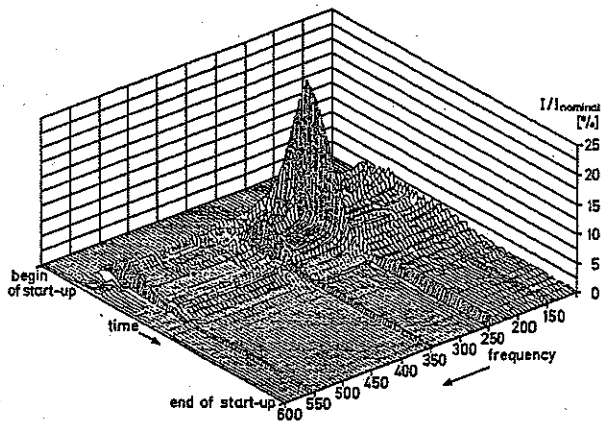


Fig. 8: Harmonics amplitude of the stator current at power-up

At higher nominal power the 6-phase variant according to fig. 9 is of interest as long as the three-phase a.c. controller is used also for the power control as described in the following text. In present systems the three-phase a.c. controllers are short-circuited while in generator mode (fig.1) with the effect, that the harmonics appear only for a short time at generator start-up (fig.8).

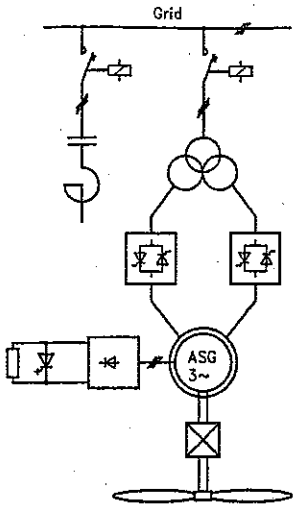


Fig. 9: WEC with 6-phase a. c. power controller

4. THREE-PHASE A.C. CONTROLLER FOR THE POWER CONTROL

In case that the three-phase a.c. controller, which is principaly suitable for the generator operation mode, is not short-circuited while the WEC is in operation especially at weak and average wind conditions, but used for the power control, a additional degree of freedom results for the system management. The adjustment of the stator voltage of an asynchronous machine allows an influence on the stall torque whereby the slip can be varied in a certain range dependent on the machine load. Fig.10 shows an example, where the stall torque is halved at a 30% stator-voltage drop. In generator mode the slip can increase up to 20% (operation point 4). At wind speed below 10 m/s this can lead to a higher wind energy efficiency through a finer adaptation of the generator characteristic curve to the wind rotor characteristics field. These wind conditions depend on the geographic positon and are in more than 50% of the time the case. At wind speed above 10 m/s a voltage drop is not meaningfull, since the whole stall torque is needed. Undesired power peaks under these operation conditions can be suppressed through a slip increase by increasing the rotor resistors (fig.3, /3/).

5. THREE-PHASE A.C. CONTROLLERS FOR MINIMIZING THE GRID-VOLTAGE FLUCTUATION

While switching the WEC on or off a voltage variation may occur at the connection point. This variation must not exceed 2%. Therewith the maximal nominal power S_{rG} of a generator is defined through the short-circuit power at the connection point S_{kV} and the start-up current ratio $k=I_k/I_r$ /1/.

$$S_{rG} \leq 0{,}02 \frac{S_{kV}}{k}$$

The factor k represents the ratio of the maximal start-up current I_k to the nominal current I_r of the WEC. k ranges between k=1 (fig. 1d, power inverter operation mode) and k=8 at asynchronous generators, that are

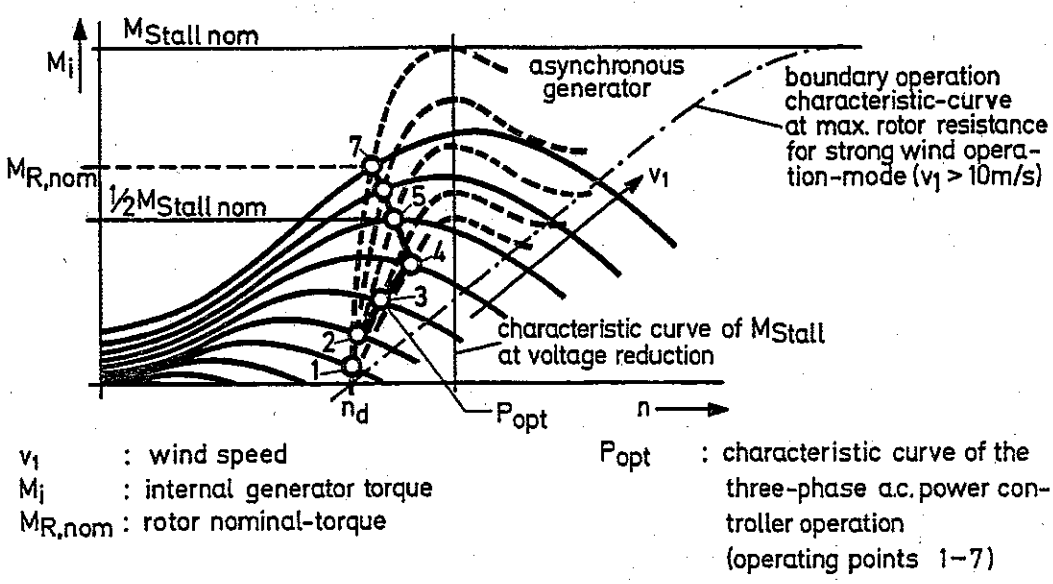


Fig. 10: Characteristic curve of three-phase a.c. power controller operation (generator operation mode) at weak and middle wind speed

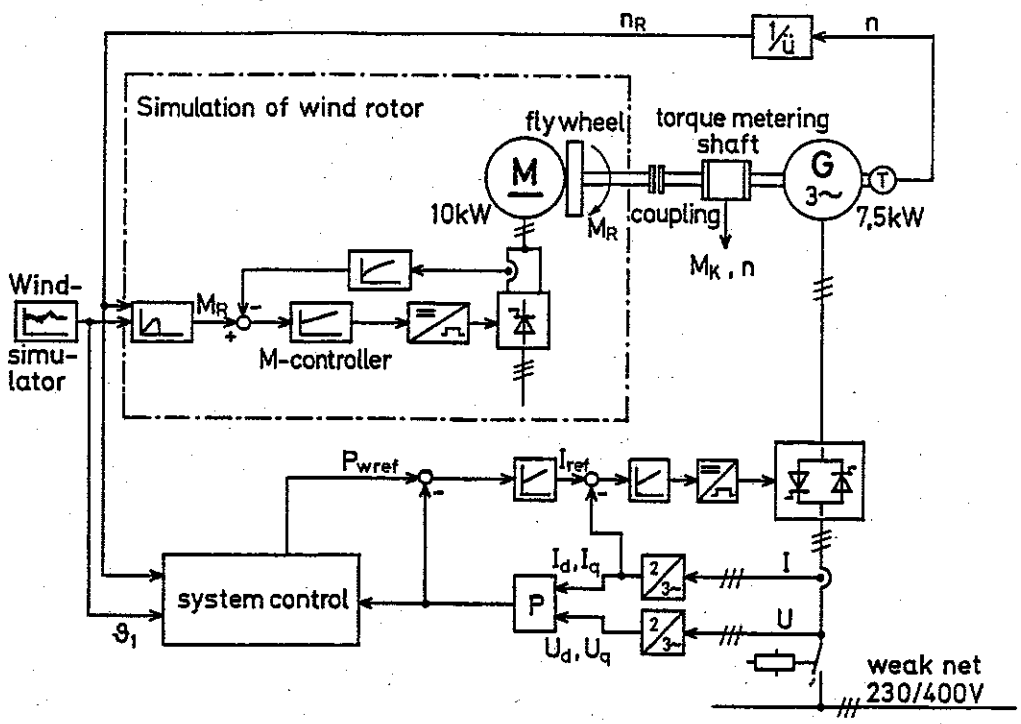


Fig. 11: Scheme of the test-bed (IEE)

directly powered up from the network. If the three-phase a.c. controller operates under weak or average wind conditions (fig. 11) as a power controller, which is possible by using a soft starter with modified control unit and appropriate nominal current, the factor k can be reduced from k=8 to k=1. This leads to swit ching conditions are valid only for the power inverter operation mode. Fig. 12 illustrates measuring results from a WEC test-bed installed in the Institute for Electrical Power Engineering (IEE), TU Clausthal. The 7.5 kW asynchronous generator is accelerated up to synchronous speed n=1500 1/min (fig. 12, bottom) with the help of a 10 kW d.c. drive equipped with a power converter and wind simulator /6/, simulating the wind rotor (fig. 11). After switching on the network protection with the three-phase a.c. controller disabled, no stator current I_S flows jet. After aprox. 0,1 s the stator current is controlled to its reference value. As fig. 12 illustrates all electrical and mechanical quantities rise to their stationary values. Especially the network current does not show any overshots (k=1). An exception is the power factor, whose value does not have any relevance at t=0.1, since a division with zero takes place. Whenafter the stationary operation has settled in after 0.5 s, the three-phase a.c. controller, whose thyristor voltage-drop is near zero, could be disabled (operation without power control), or a dynamic characteristic-curve adaptation could take place (fig. 10) if the wind speed allows it in order to increase the energy efficiency.

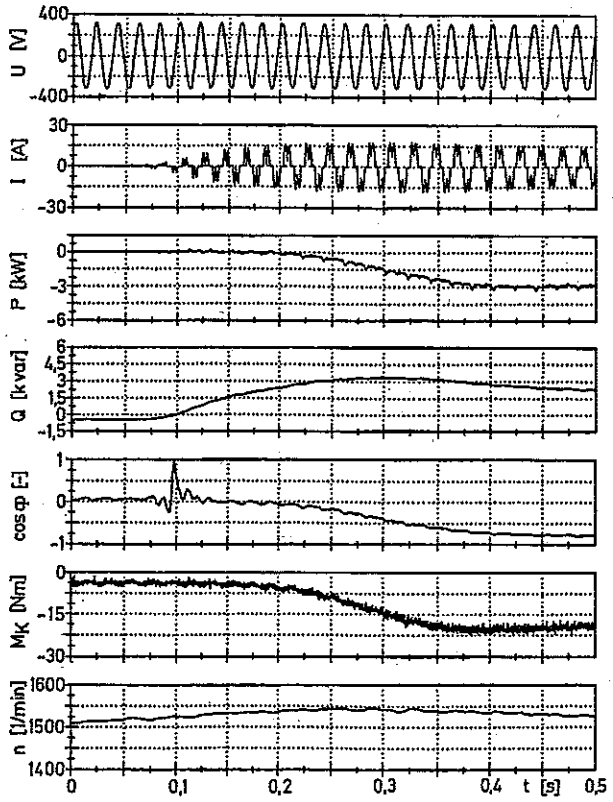


Fig. 12: Measured time-curves of the electrical and mechanical quantities at the current controlled start-up in generator mode

6. OUTLOOK

The first results about the three-phase a.c. controller in generator operation mode open the path to do further theoretical and experimental research with the aim to optimize the operational characteristics of asynchronous machine with soft starter in the generator operation mode. Besides the increasement of the energy efficiency at weak and average wind conditions and the demonstrated optimizing of the switch-on conditions are also meaningfull:

a) Reducing of flicker effects through power control.
b) active oscillation attenuation and fail-protection against network short-circuits and short time interruptions to extend life time of the mechanical components.
c) reducing of the generator supply in the case of network short-circuits (no increase of network short-circuit-power through parallel operating asynchronous generators)
d) automated operation of the three-phase a.c. controllers for their integration in the WEC housing
e) three-phase respectively 6-phase a.c. controller arrangement with integrated active filter, reducing of harmonics.

About the results of these future efforts there will be made announcements in appropriate time.

7. REFERENCES

1. Alt, H.: *Netzanschlußmöglichkeiten und energiewirtschaftliche Bewertung von Windkraftanlagen (Connection possibilities and power economics of wind energy converters).*
Elektrizitätswirtschaft, 1995, H. 19, S. 1224ff

2. Arsenius, M.: *Sanftanlasser für Drehstromkäfigläufermotoren (Soft starters for squirel-cage motors).*
ABB Technik 2/93, S. 29ff

3. Anonym (anonymous): *"Opti-Slip"- Funktion bei Vestas-Windkraftanlagen ("Opti-slip"-function in Vestas wind-energy-converters).*
Technische Beschreibung
Vestas Deutschland, 3/95

4. Köhne, V.: *Vermessung von Winenergieanlagen nach der Netzrichtlinie (Measurements at wind energy converters complying to the network guide lines).*
Vortrag, Haus der Technik, Essen, 11/96

5. Frank, K., Möller J.: *Beispiele zur Ermittlung der erforderlichen Netzkurzschlußleistung für den Anschluß von Windenergieanlagen anhand eines standardisierten Prüf (Examples for the calculation of the necessary network short-circuit power with the help of standardized .....).*
Fa. Windtest, Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 1996.

6. Sourkounis, C.: *Windenergiekonverter mit maximaler Energieausbeute am leistungsschwachen Netz (Wind energy converters with maximum energy efficiency in low power networks).*
Dissertation, T.U. Clausthal, 1994

7. Beck, H.P., Kanakis A.: *Ausgleichsschwingungsfreies Schalten von Asynchronmaschinen (Transient oscillations-free start-up of asynchronous machines)*
ETZ, H.6-7/95

8. Eilers, E.: *Windkraftstatistik (Wind power statistics) 1996/97*
Neue Energie Nr.5, 5/97, S. 36ff

9. Langriß, O., Nitsch, J.: *Arbeitsplätze durch Windkraft (Employment chances through wind power).*
Neue Energie Nr.5, 5/97, S. 17ff

10. Heumann, K.: *Grundlagen der Leistungselektronik (Basics in power electronics)*
Teubner Verlag

11. Seifert, O., Strempmüller, T.: *Stoßmoment und Stoßstrom der Asynchronmaschine (Impulse torque and impulse current in the asynchronous machine).*
Az-Archiv, 1989, H.9, S. 283ff

12. Wütherich, W.: *Übersicht über die Einschaltmomente bei Asynchronmaschinen im Still-*

stand (Overview about the start-up torques of asynchronous machines in idle state).
ETZ-A, 1967, H.22, S.555ff

13. Heumann, K.: *Thyristoren (Tyristors)*
Teubner Verlag 1968

14. Anonym (anonymous): *Wind drückt Ergebnis, Gesetz belastet*
Handelsblatt Nr. 91 5/1997, S.24

15. Aredes; M., Heumann, K., Häfner, J. :
A three-phase four-wire shunt active filter employing a conventional three-leg converter
EPE Jounal, Vol. 6, December 1996

Prof. Hans-Peter Beck (49)
is director of the Institute for Electrical Power Engineering at T.U. Clausthal. M.Sc. Degree in Electrical Engineering at the T.U. Berlin. Ph.D. degree at T.U. Berlin after research work in the Research Institute Berlin of AEG. Since 1989 Professor at T.U. Clausthal.

Mailing address:
Institute for Electrical Power Engineering
Technical University Clausthal
Leibnitzstr. 28
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Germany
phone:+49 (0)5323 722299, fax: +49 (0)5323 722104
E-Mail: beck@iee.tu-clausthal.de

Dipl.-Ing. Antonios Kanakis (34)
is since 1991 researcher in the Institute for Electrical Power Engineering at T.U. Clausthal. He works in the research area of autonomous modular energy supply systems. He received his M.Sc. degree in Electrical Engineering at T.U. Clausthal.

Dr.-Ing. Constantinos Sourkounis (35)
is since 1989 researcher at the Institute for Electrical Power Engineering at T.U. Clausthal. He directs the research group "autonomous modular energy systems" and works in parallel in the area of controlling of converter-fed drives. He received his M.Sc. degree in Electrical Engineering and Ph.D. degree at the Institute for Electrical Power Engineering at T.U. Clausthal.

Mailing address:
Institute for Electrical Power Engineering
Technical University Clausthal
Leibnitzstr. 28
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Germany
phone:+49 (0)5323 722594, fax: +49 (0)5323 722104
E-Mail:sourkoun@iee.tu-clausthal.de

IDENTIFICATION OF LOW FREQUENCY OSCILLATIONS IN A HIGH-POWER DRIVE FOR IMPLEMENTATION OF MODERN MECHATRONIC TRACTION CONTROL SYSTEMS AND STRESS ANALYSIS OF DRIVE COMPONENTS

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, cand.-Ing. Carsten Söffker
Institut für Elektrische Energietechnik, Technische Universität Clausthal
Leibnizstr. 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Telefon: 05323/72-2299 Fax: 05323/72-2104

Prof. Dr.-Ing. Werner Deleroi, Ir. Max Winterling
Power Electronics and Electrical Machines Group, Delft University of Technology
Mekelweg 4, NL-2628 CD Delft, Niederlande
Phone: -31/15/2786259 Fax: -31/15/2782968

STICHWÖRTER: Kraftschlußregelung, Beanspruchungsanalyse,
Mechatronische Modellbildung und Verifizierung

THEMA

Durch den zeitvarianten Rad-Schiene-Kontakt, Erregung durch den Stromrichter und Fehler treten in schwach gedämpften Antriebssträngen von elektrischen Hochleistungslokomotiven Torsionsschwingungen auf. Diese reduzieren die Lebensdauer mechanischer Komponenten. Modellbildung und Simulation ist ein Hilfsmittel sowohl für den Entwurf von Regelungssystemen als auch für die Berechnung von Beanspruchungen, um die Antriebskomponenten zu dimensionieren. Für die Entwicklung nützlicher Modelle ist deren Überprüfung grundsätzlich erforderlich; eine Technik hierzu wird vorgestellt, womit man aufgrund von Meßdaten Modelle abschätzt. Jene erhält man durch Messungen am Antrieb unter Betriebsbedingungen, wobei man Signalfolgen einspeist, die den Antrieb in einem breiten Frequenzspektrum anregen.

Hochdynamische Momentenregelung und einzelngespeiste Antriebsmotoren ermöglichen ein neues Regelungskonzept, das auf einem Zustandsregler aufbaut und dabei das mechanische System berücksichtigt. Es verschiebt die Pole von beiden Eigenfrequenzen in Richtung der negativen reellen Achse und verstärkt die Dämpfung. Da es nicht mehr Sensoren als der konventionelle geschwindigkeitsgeregelte Wechselstromantrieb benötigen sollte, müssen die fehlenden Zustände rekonstruiert werden, also braucht man ein entsprechendes Modell.

Das Ziel der Kooperation mit Ansaldo Trasporti innerhalb des EU Forschungsprogramms ist es, dieses neue Regelungskonzept auf einer Hochleistungslok in Neapel zu testen. Aber zuerst muß die spezielle elektromechanische Struktur der neuen FS-Lok E 402 B untersucht werden, um den Regler abzustimmen, bevor das System installiert werden kann.

Für die Berechnung von Beanspruchungen auf die Antriebskomponenten, wie z.B. Kupplungen und Aufhängungen, müssen sowohl die Ordnung des Modells, das die Dynamik beschreibt, als auch die Parameter dieser elastischen Kupplungen und Aufhängungen festgelegt werden. Während man nun Schwingungserreger an die Modelle koppelt, müssen Momente und Kräfte auf Bauteile exakt errechnet werden.

Anlage 13

Ein neues Konzept für einen stromrichtergespeisten Drehstrom-Lichtbogenofen mit hoher Regeldynamik

Hans-Peter Beck und Albrecht Wolf

Zielsetzung. Der Anschluß von Drehstrom-Lichtbogenöfen an bestehende elektrische Netze erfordert insbesondere bei nicht genügender Kurzschlußleistung des Netzes einen hohen Aufwand zur Kompensation der Netzrückwirkungen. Diese können mit einer Regelung des (Blind-)Leistungseintrags deutlich reduziert werden.

Zusammenfassung. Drehstrom-Lichtbogenöfen verursachen im speisenden Drehstromnetz häufig unerwünscht große Netzrückwirkungen, was sich besonders störend in Form von Spannungsschwankungen (Flicker) am Netzanschlußpunkt bemerkbar macht. Diese Spannungsschwankungen werden in der Hauptsache durch die stark fluktuierende Blindleistungsaufnahme des Ofens hervorgerufen.
Der Beitrag stellt einen elektronisch regelbaren Ofentransformator vor, mit dem die Blindleistungsaufnahme des Ofens auf einen festen Wert eingestellt werden kann. Die prinzipielle Funktionsweise der Schaltung wird anhand eines einphasigen Modells näher untersucht.

Drehstrom-Lichtbogenöfen stellen für das speisende Netz eine ungewöhnlich hohe Belastung durch einen Einzelverbraucher dar, dessen Rückwirkungen im allgemeinen einen großen Aufwand zur Kompensation erforderlich machen. Die unerwünschten Netzrückwirkungen haben im Prinzip folgende Ursachen [1]:

- *Drehstrom-Lichtbogenöfen sind unsymmetrische Drehstromverbraucher.* Die Ursache der Unsymmetrie liegt vorzugsweise in der Geometrie der Hochstrombahnen auf der Ofenseite und der für jede Elektrode unterschiedlichen Lichtbogenlänge während des Betriebs.
- *Der Lichtbogen ist ein nichtlinearer, nahezu ohmscher Widerstand.* Die nichtlineare Strom-Spannungskennlinie des Lichtbogens verursacht Oberschwingungen im Belastungsstrom des Netzes.
- *Der Lichtbogen steht nicht stabil mit konstanter Länge zwischen Elektrode und Bad.* Vielmehr wird seine Lage durch elektromagnetische Kräfte und Badbewegungen dauernd verändert. Die durch Bahnverlagerungen des Lichtbogens hervorgerufenen Längenänderungen führen zu schnellen Blindleistungsänderungen mit den bekannten Flickererscheinungen im Netz.

Trotz eventueller Schwierigkeiten beim Anschluß von Lichtbogenöfen und der vergleichsweise hohen Kosten für elektrische Energie wird, wegen des Einsatzes von Stahlschrott als Rohstoff, der Anteil des Elektrostahls an der Gesamtstahlproduktion in Deutschland weiter steigen [2].

In den letzten Jahren kommen bei neuen Anlagen zunehmend Gleichstrom-Lichtbogenöfen zum Einsatz. Ausschlaggebend hierfür sind geringere Netzrückwirkungen und eine gute Regelbarkeit. Durch einen elektronisch regelbaren Ofentransformator, der im folgenden näher beschrieben werden soll, können diese Vorteile auch beim Drehstrom-Lichtbogenofen genutzt werden, ohne daß die robuste und ausgereifte Technik aufgegeben werden muß. Außerdem könnten auch bestehende Anlagen modernisiert und in ihrem Netz- und Regelverhalten wesentlich verbessert werden.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, Direktor; *Dipl.-Ing. Albrecht Wolf*, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.

Prinzip des Ofentransformators

Transformatoren dienen stets als Anpassungsglied zwischen Erzeuger und Verbraucher elektrischer Energie. Ofentransformatoren für Drehstrom-Lichtbogenöfen stellen besondere Problemlösungen dar, die in ihrem Aufbau und ihrer Auslegung – bedingt durch sehr hohe Ströme bei niedrigen Spannungen auf der Sekundärseite – von den üblichen Transformatoren abweichen. Wegen ihrer großen Leistungsaufnahme werden Lichtbogenöfen im allgemeinen direkt an das Hochspannungsnetz angeschlossen. Der Anschluß kann über eine Blockschaltung von Vortransformatoren und Ofentransformator oder durch den Direktanschluß des Ofentransformators an das Hochspannungsnetz erfolgen. Für die zweite Variante stellt der Ofentransformator mit Zwischenkreis eine bewährte Lösung dar. **Bild 1** zeigt den Aufbau eines Zwischenkreistransformators [1]. Er besteht aus einem Haupttransformator und einem magnetisch davon entkoppelten Zusatztransformator. Der Zusatztransformator ist auf die Hälfte der Nennscheinleistung ausgelegt, die Zwischenkreisspannung U_{zw} liegt auf Mittelspannungsniveau. Alle Betriebsschaltungen werden mit dem Mittelspannungsschalter a1 durchgeführt, so daß nur 50 % der Ofenleistung zu schalten sind [2]. Die Kondensatorbatterie zur Grundschwingungs- und Verzerrungsblindleistungskompensation kann im Zwischenkreis angeschlossen werden, Bild 1. Der Netzanschluß über den Hochspannungs-Leistungsschalter a0 an das Hochspannungsnetz U_1 und der Ofenstromkreis mit der Lastspannung U_2 sind angedeutet.

Dieser im *Zwischenkreis schaltbare* Ofentransformator ermöglicht nicht nur den Direktanschluß an das Hochspannungsnetz, ohne daß der für den Transformator erforderliche Hochspannungsschalter als Ofenschalter eingesetzt

95 Lis ?
99

Anlage 14

ANSALDO

Consorzio Ricerche Innovative per il Sud

2nd TECHNICAL SCIENTIFIC REPORT

of the Project

Hosting and Training of Researchers on the Study and Testing of Components and Systems for Urban and Rail Electrical Transport

funded by the

Human Capital and Mobility

Access to Large-Scale Facilities

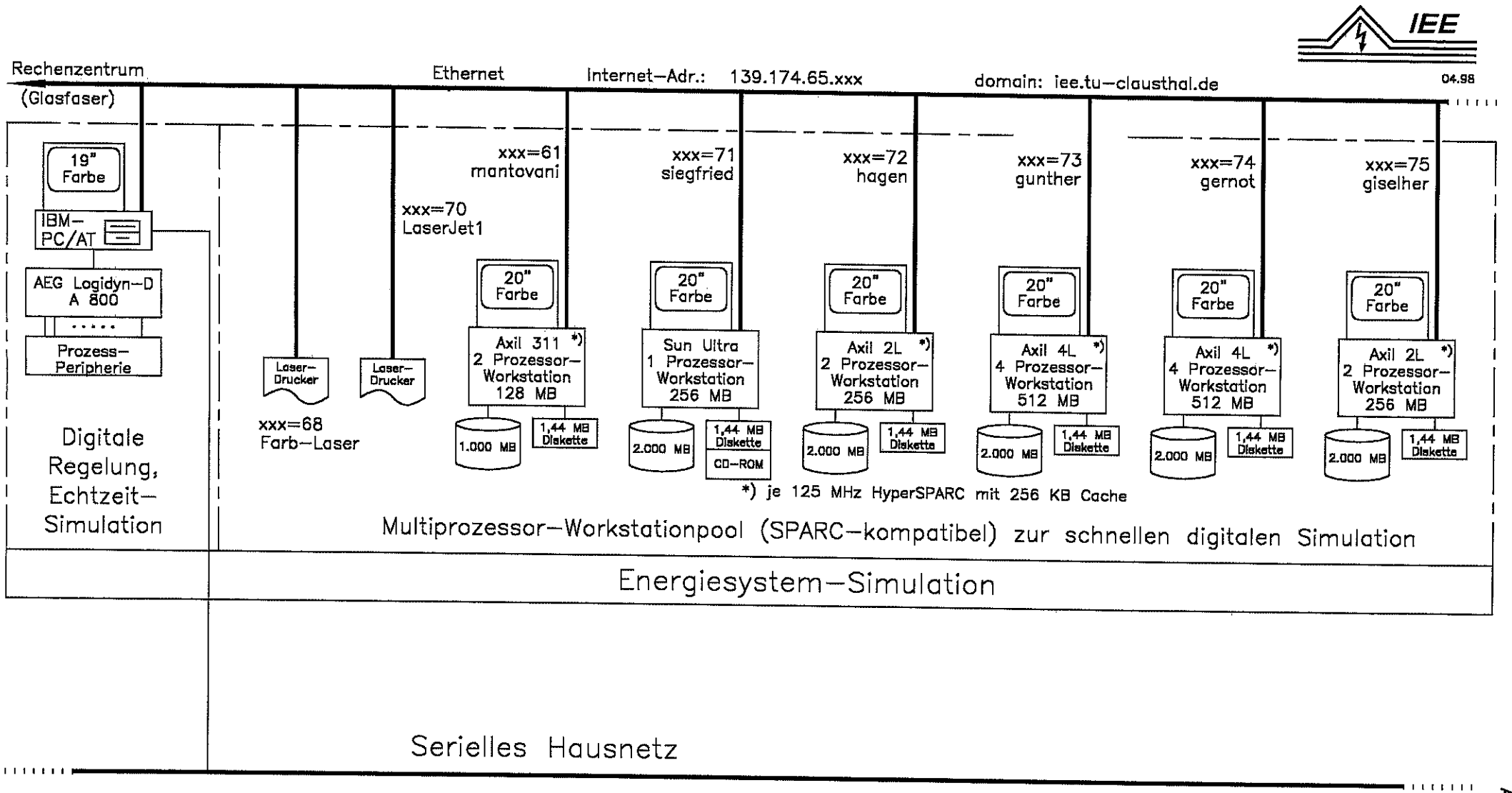
Programme of European Union

CONTENTS

Institut für Elektrische Energietechnik

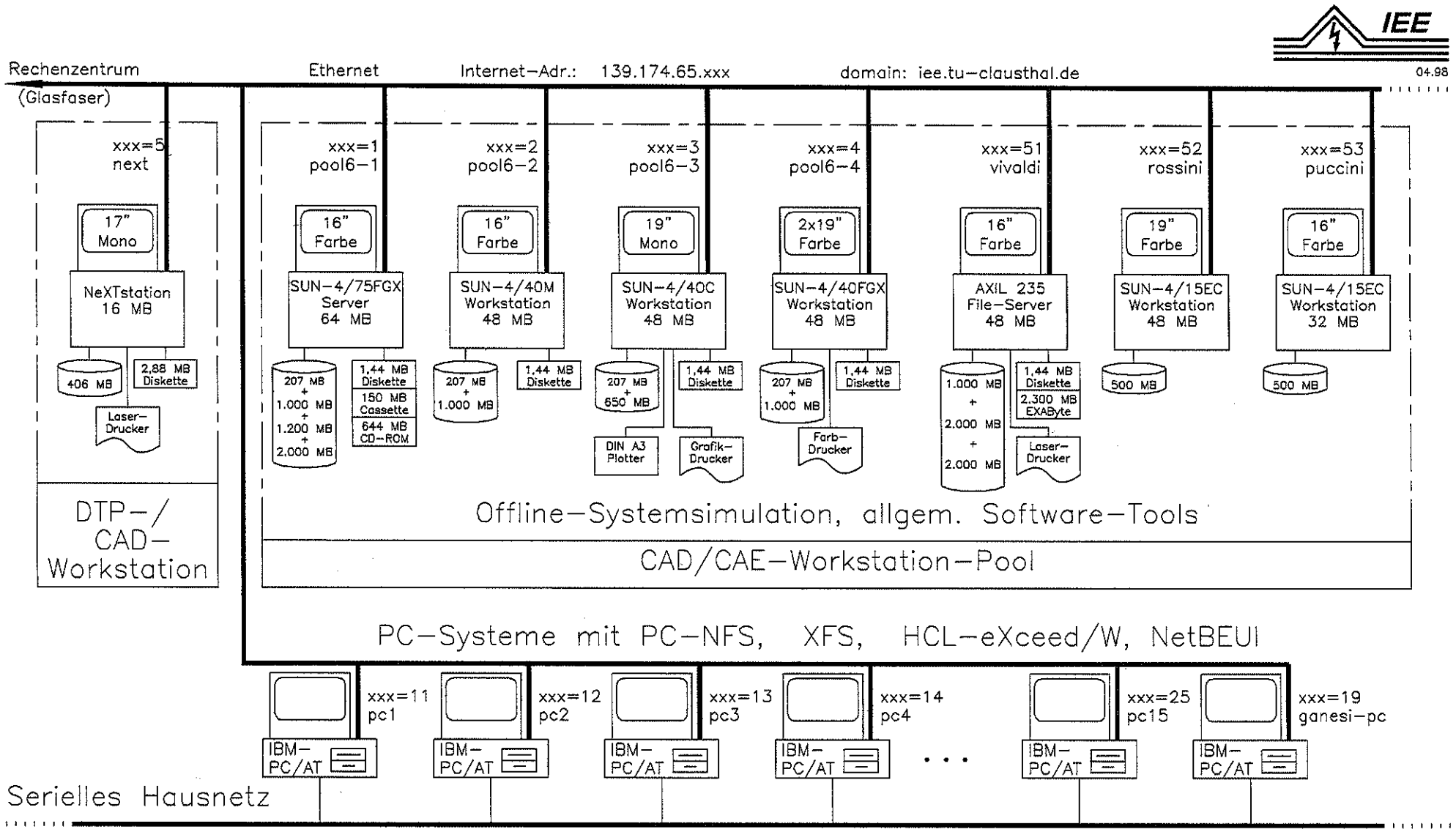
* Verfügbare Gebäudefläche	1620 m²
(Leibnizstraße 28)	
– Bürofläche	826 m²
(einschl. verliehener Fläche)	200 m²
– Labor-/Prüffeldfläche	794 m²
* Mitarbeiter	
– wissenschaftliches Personal	14
– techn.-/Verwaltungsangestellte	11
– Lehrbeauftragte / Gastwissenschaftler	9 / 3
– Wissenschaftliche Hilfskräfte	26
– externe Doktoranden	3
	Σ 66

* Prüffeld mit
  - Maschinen-/Antriebslabor
  - Energieelektroniklabor
  - Hochspannungs-/Energieanlagenlabor
  - Meßdatenverarbeitungslabor (HP1000/PC)
  - Prüfstände für Walzwerks- und Bahnantriebe mit I/U/D-Umrichtern, Umkehrstromrichtern
* Mechanik-/Elektrotechnik-/Elektronikwerkstatt
* Prozeßrechner-/Simulationstechniklabor (Parallelrechner)
* NETASIM, $MATRIX_X$, Saber für Workstationanwendung und PC-Anwendung

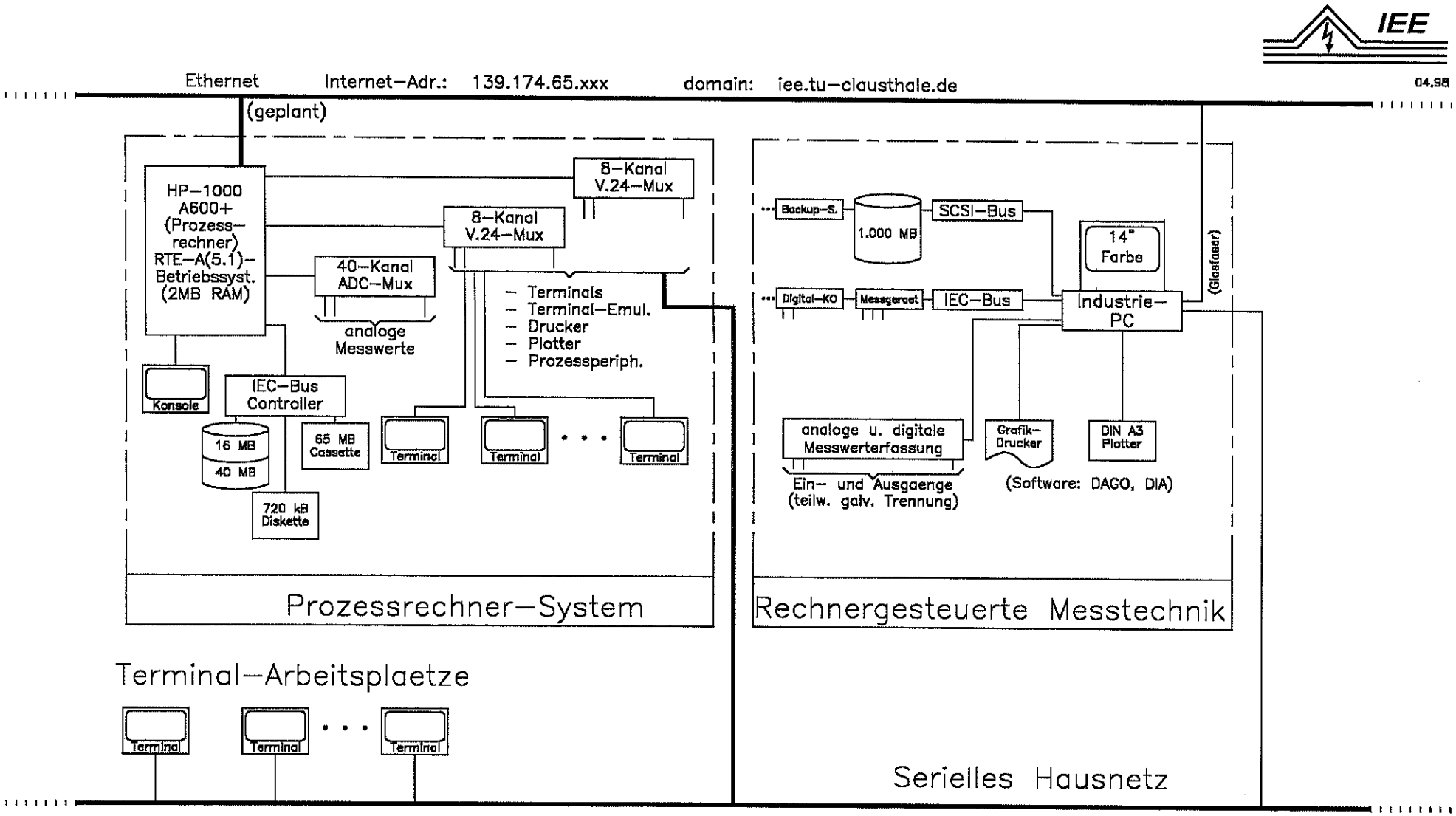


Rechnerausstattung zur Simulation von Energiesystemen

Anlage 15c



UNIX-Workstations zur Offline-Simulation und Dokumentation



Rechnerausstattung zur Messtechnik im Prueffeld