



# Jahresbericht

des

Institutes für Elektrische Energietechnik

TU Clausthal

Bericht Nr. 7 (1996)

Dezember 1996

Prof. Beck



**Inhaltsverzeichnis**

<b>0 VORWORT .....</b>	<b>1</b>
<b>1 LEHRE.....</b>	<b>2</b>
1.1 VORLESUNGEN, NEUE STUDIENGÄNGE.....	2
1.2 ÜBUNGEN, PRAKTIKA.....	4
1.3 SEMINARVORTRÄGE .....	5
1.4 STUDIEN- UND DIPLOMARBEITEN .....	7
<b>2 VERÖFFENTLICHUNGEN, DISSERTATIONEN.....</b>	<b>13</b>
2.1 ZEITSCHRIFTEN- UND TAGUNGSAUFSÄTZE, PATENTE.....	13
2.2 VORTRÄGE / SEMINARE.....	14
2.3 GEFÖRDERTE FORSCHUNGSVORHABEN .....	15
2.4 VERANSTALTUNGEN, EXKURSIONEN, GASTAUFENTHALTE.....	16
<b>3 FORSCHUNGSARBEITEN.....</b>	<b>18</b>
3.1 AUSBAU DER INSTITUTSEINRICHTUNGEN .....	18
3.2 PROJEKTBLÄTTER .....	18
<b>4 PERSONELLE BESETZUNG.....</b>	<b>63</b>
4.1 HAUPTAMTLICHE MITARBEITER DES INSTITUTS (SIEHE AUCH ANLAGE 19A) ..	63
4.2 VON DER LEHRVERPFLICHTUNG BEFREITE HOCHSCHULLEHRER .....	64
4.3 NEBENAMTLICH TÄTIGE HOCHSCHULLEHRER BZW. LEHRBEAUFTRAGTE .....	64
4.4 WISSENSCHAFTLICHE HILFSKRÄFTE.....	65
4.5 MITGLIEDSCHAFTEN IN DEN SELBSTVERWALTUNGSGREMIEN DER UNIVERSITÄT.....	66
<b>5 ANLAGEN.....</b>	<b>67</b>

**IEE**

## **0 Vorwort**

Liebe Freunde, Förderer und Mitarbeiter-Innen des Instituts,

wieder ist ein arbeitsreiches Jahr vergangen, und wie in jedem Jahr berichten die Institutsmitglieder über ihre Arbeiten und Ergebnisse. Ein solcher Überblick gibt allen Beteiligten einen besseren Einblick in das Tagesgeschehen bezüglich Forschung und Lehre. Einerseits wird dadurch die Kommunikation gefördert und andererseits erhält jeder, der etwas zu sagen hat die Möglichkeit sich „bleibend“ zu äußern; dies gilt insbesondere für neue Mitarbeiter von denen es auch in diesem Jahr einige gibt.

Trotz meiner Dekanstätigkeit, die sich nun nach zweijähriger Amtszeit dem Ende neigt und einen nicht unbeträchtlichen Teil meiner Forschungs- und Betreuungszeit in Anspruch nahm, lief der Institutsbetrieb erfolgreich weiter, was auf eine hohe Motivation aller Beteiligten und ein gutes Institutsklima schließen läßt. Hierfür möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken. Dies gilt insbesondere für die vielen Beiträge zur Forschungs- und Lehrarbeit, worüber in diesem Heft berichtet wird.

Den Drittmittelgebern und Freunden unseres Institutes danke ich für Ihre finanzielle und nichtmaterielle Unterstützung, die wesentlich dazu beigetragen hat, die Lehr- und Forschungskapazität auch in Zeiten knapper werdender Landesmittel aufrecht zu erhalten. In Zeiten sinkender Erstsemesterzahlen heißt das für die Studierenden eine noch bessere Betreuung und Laborinfrastruktur. So konnte neben einem neuen Energiesystem-Simulator bestehend aus einem vierteiligen Parallelrechner ein neues Studien- und Diplomarbeiter-Labor ausgerüstet werden, in dem die „elektrische und elektronische Praxis“ der Studierenden durch „Begreifen“ der Bauelemente und Schaltungen gefördert wird. Es zeigt sich, daß gerade im Zeitalter der „Datenautobahnen“ die ingenieurgerechte praktische Labor- und Versuchsfeld-Ausbildung nicht zu kurz kommen darf.

Mit den besten Wünschen für ein gesundes neues Jahr 1997 grüßt

## 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	80
Beck	Elektrische Energietechnik (früher Elektrische Antriebe)	40
Beck	Regelung elektrischer Antriebe	8
Beck	Energieelektronik	15
Heldt	Sonderprobleme Elektrischer Maschinen	8
Diemar	Elektrowärme	5
Helmholz	Theorie der Wechselströme I/II	14
Wehrmann	Elektrische Energieerzeugung	8
Wehrmann	Energieverteilung in elektrischen Netzen	8
Sourkounis	Regenerative Elektrische Energietechnik	9
Beck / Mertig	Photovoltaik-Anwendungen	7
Wenzel	Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge	10
Salander	Elektrizitätswirtschaft	10
Rehkopf	Betriebsleittechnik in Energie- und Ver- kehrssystemen	11
Mühlbauer / Baake	Theorie Elektromagnetischer Felder	11

Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 336 Vor- und Hauptdiplomprüfungen von den prüfungsberechtigten Hochschullehrern bzw. Lehrbeauftragten des Institutes abgenommen.

Außer im Fach „Grundlagen der Elektrotechnik I/II“, in dem Vorexamensklausuren geschrieben wurden (148 Teilnehmer), fanden alle übrigen Haupt- (188 Teilnehmer) und Nachprüfungen mündlich statt.

Die geplante Einführung des neuen Studienganges Elektrotechnik wurde wegen derzeitiger Überkapazitäten im Lande Niedersachsen und den laufenden Einsparmaßnahmen zur Konsolidierung des Landeshaushalts zu Gunsten des neuen Studienganges „Energiesystemtechnik“ zurückgestellt.

Dieser neue Studiengang „Energiesystemtechnik“, der im WS 96/97 mit 16 eingeschriebenen Studierenden begann, ist eine Integration der Fachrichtungen Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Elektrotechnik, und bisher in dieser Form einmalig in der Bundesrepublik Deutschland. Neben den sieben technisch-naturwissenschaftlichen Semestern ist mindestens ein Semester mit nichttechnischen Inhalten (z. B. Recht und Wirtschaft) und eines für die Diplomarbeit vorgesehen.

Die erstellte Studien- und Diplomordnung (Auszüge in Anlage 1) zu diesem neuen Studiengang zeigt auch, daß mit 164 SWS, plus Studien-, Projekt- und Diplomarbeit, sowie einem 26-wöchigen Industriepraktikum, eine Regelstudienzeit von nur neun Semestern vorgesehen wurde, was den Empfehlungen der Niedersächsischen Landesregierung entspricht. Die Absolventen dieses Studienganges werden während des Studiums vorbereitet auf eine Tätigkeit im Energieerzeugungs- und -versorgungsbereich kleiner und großer öffentlicher und privater Unternehmen. Das integrierte Studium im Bereich der nichttechnischen Fachgebiete „Recht“ und „Wirtschaft“ befähigt darüber hinaus im besonderen auch zur Wahrnehmung von Führungsaufgaben in Klein- und mittelständischen Unternehmen (z.B. Stadtwerke, Energieagenturen, Unternehmensberater, etc.). Neben dieser Neustrukturierung eines Studienganges ist auch eine Überarbeitung der Studienrichtungen im Studiengang Maschinenbau mit dem Ziel geplant, die Spezialisierung in derzeit sechs Studienrichtungen aufzugeben. Nach der Reform wird es neben der Studienrichtung „Produktion, Fertigung und Betrieb“ nur noch die Richtung „Elektrotechnik Systemautomatisierung“ geben, die als solche in Deutschland auch nur an der TU Clausthal studiert werden kann.

## 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)	75
Tutorien	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	106
Tutorien	zur Klausurvorbereitung Vordiplom Elektrotechnik (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	127
Praktika	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Mendt, wissenschaftliche Mitarbeiter und Hilfskräfte)	203
Übung	zu Elektrische Energietechnik (Wolf)	8
Übung	zu Regelung elektrischer Antriebe (Goslar)	8
Übung	zu Energieelektronik (Wenske / Tavana-Nejad)	18
Praktikum	zu Energieelektronik (Wenske)	15
Übung	zu Elektrische Energieerzeugung (Mendt)	8
Übung	zu Energieverteilung in elektrischen Netzen (Mendt)	8
Praktikum	Elektrische Antriebe I (Turschner)	9
Grundpraktikum	im Hauptstudium (Pflichtversuch Elektrische Antriebe) (Mendt, Turschner)	95

Der in den letzten Jahren erfolgreich eingeführte Vorlesungs- und Übungsbetrieb mit Rechereinbindung 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 beschreiben, 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

Im Rahmen des Gemeinschaftsseminars des Institutes für Elektrische Energietechnik, des Institutes für Elektrische Informationstechnik und des Institutes für Prozeß- und Produktionsleittechnik zum Themenkomplex „Neue Technologien im Straßenverkehr“ wurden von den Teilnehmern die folgenden Seminarvorträge gehalten:

Hübner, A.	Überblick über Verkehrsleittechnik I
Knochen, S.	Überblick über Verkehrsleittechnik II
Heinrici, C.	Verkehrsleittechnik, Feldversuche in Europa
Jüngst, E.	Integrierte Verkehrsleitsysteme
Steulmann, G.	Funktionsprinzip und Aufbau heutiger Fahrzeugregelsysteme
Enk, S.	Neue Systeme zur Verbesserung der aktiven Sicherheit im Bereich der Querdynamik
Kielmann, Chr.	Übersicht „Elektroautos“
Schröder, M.	Hybridautos mit Brennstoffzellen
Schlüter, J.	Konzepte von Hybridautos
Krebs, J.	Antriebskonzept für ein Hybridauto
Lemogo, C.	Technik und Entwicklungspotentiale von Leicht-Elektromobil
Mayer, M.	Potentiale der Verkehrsleittechnik

Zu dem im Sommersemester 1996 durchgeführten Gemeinschaftsseminar der Institute für Elektrische Energietechnik und Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik zum Thema „Aktuelle Fragen der Energiesystemtechnik“ wurden von den teilnehmenden StudentInnen die folgenden Seminarvorträge gehalten:

Baum, K.	CO <sub>2</sub> Reduktion bei der Energieumwandlung
Schick Tanz, B.	Solar - Wasserstoff, Erzeugung und Anwendung
Müller, J.	Konzepte für Windenergiekonverteranlagen
Richter, J.	Das Für und Wider der Öko-Steuer
Schilling, S.	Energieeffizienz und menschliche Aktivität
Scholz, T.	Energieeffizienz und menschliche Aktivität
Diorinos, G.	Energiedatenbanken und ihre Nutzung
Schütz, M.	Konzepte zur modernen Gebäudeklimatisierung
Mititis, D.	Duales System Deutschland und wie es funktioniert
Pfingst, J.	Grundlastabdeckung durch Regenerative Energiequellen

## 1.4 Studien- und Diplomarbeiten

### Studienarbeiten

- Hohlweg, F.                      Implementierung und Untersuchung einer Regelung zur Nachbildung des Rad-Schiene-Kraftschlusses einer elektrischen Lokomotive an einem Prüfstand  
Betreuer: Alders
- Kielmann, C.                    Entwurf und Realisierung einer analogen Meßwertverarbeitung gemessener Drehstromgrößen und einer Leistungsregelung für ein Windkraftanlagen-Modell mit Asynchrongenerator und Drehstromsteller  
Betreuer: Kanakis
- Hörning, E.                      Erweiterung und Erprobung eines Simulationsmodelles für einen Bahnprüfstand  
Betreuer: Alders
- Steulmann, G. U.                Entwurf und Implementierung einer Zustandsregelung zur Dämpfung der Torsionsschwingungen in einem Dreimassenschwinger  
Betreuer: Engel
- Zhu, X. .                         Vergleich mehrerer Verfahren zur Wellenmomentregelung von Mehrmassenschwingern  
Betreuer: Engel

- Häring, M. Schwingungsdynamische Versuche mit dem Antriebsstrang von elektrischen Hochleistungslokomotiven  
Betreuer: Engel
- Boldt, K. Modellbildung und Untersuchung des Betriebsverhaltens eines geschalteten Reluktanzmotors mit neuartigen Stromrichter-Leistungsteilkonzepten mittels Simulation  
Betreuer: Tavana-Nejad
- Ropeter, C. Meßtechnische Untersuchungen des Betriebsverhaltens einer Windkraftanlage (WKA) mit Drehstromsteller, insbesondere Betrachtungen der Netzurückwirkungen  
Betreuer: Kanakis
- Arbeiten der Gruppe Regenerative Elektrische Energietechnik (REET)
- Oltmanns, A. Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Windparks in Zusammenhang mit den Investitionskosten, laufenden Kosten und der technischen Verfügbarkeit  
Betreuer: Sourkounis
- Karakaidos, A. Untersuchung des Betriebsverhaltens eines drehzahlvariablen Windenergiekonverters am leistungsschwachen Netz mittels Simulation  
Betreuer: Sourkounis
- Schlütter, J. Optimierung und Erprobung von Leistungsregelverfahren für drehzahlvariable Windenergiekonverter  
Betreuer: Sourkounis



Tschierschke, M.                      Theoretische Untersuchung des dynamischen Verhaltens von  
Windenergieanlagen mit Asynchrongenerator im Netzbetrieb  
Betreuer: Kanakis

Im Rahmen der Projektarbeit „Windenergiekonverter für Einzelverbraucher“ wurden von den Teilnehmern folgende Studienarbeiten verfaßt:

Petmecky, A.                              Konzept und Auslegung des Windrotors für eine Windkraftanlage  
im Leistungsbereich von 5 bis 7 kW  
Betreuer: Sourkounis

Meyer, T.                                      Konzept und Auslegung des Turms für eine Windkraftanlage im  
Leistungsbereich von 5 bis 7 kW  
Betreuer: Sourkounis

Klaffke, S.                                      Konzept und Auslegung der Betriebsführung und des Energie-  
managements für eine Windkraftanlage im Leistungsbereich von  
5 bis 7 kW  
Betreuer: Sourkounis

Brauns, B.                                      Konzept und Auslegung des mechanisch-elektrischen Energie-  
wandlers für eine Windkraftanlage im Leistungsbereich von 5 bis  
7 kW  
Betreuer: Wenske

Lüer, M.                                        Konzept und Auslegung eines Energiespeichers für eine Wind-  
kraftanlage im Leistungsbereich von 5 bis 7 kW  
Betreuer: Wenske

Im Rahmen der Projektarbeit „Netzeinbindung des IEE-Photovoltaik-Generators“ wurden von den Teilnehmern folgende Studienarbeiten verfaßt:

- Schröder, M.                      Entwurf und Realisierung einer Betriebsführung für den Netzparallelbetrieb der institutseigenen Photovoltaikanlage  
Betreuer: Wenske
- Böning, T.                         Entwurf und Realisierung eines Anlagenkonzeptes für den Netzparallelbetrieb der institutseigenen Photovoltaikanlage  
Betreuer: Wenske
- Petersen, J.                        Entwurf und Realisierung einer Leistungsregelung für den Netzparallelbetrieb der institutseigenen Photovoltaikanlage  
Betreuer: Wenske

### **Diplomarbeiten**

- Vollmer, D.                        Modellierung der Schalthandlung eines Hochspannungsschaltgerätes  
Betreuer: Wehrmann
- Beuthel, Regina                   Entwurf eines Elektrohybridautos mit Wankelmotor  
Betreuer: Beck
- Tulbure, A. A.                     Entwicklung eines Beobachters für das Wellenmoment einer umrichter gespeisten Asynchronmaschine  
Betreuer: Turschner
- Schell, A.                         Entwicklung eines Verfahrens zur Impedanzbestimmung von Hochenergie-Akkumulatoren  
Betreuer: Wehrmann /Berger (DB) /Walter (DB)

Auge, Chr.

Einsatz von Kleinst-BHKW in einem mittelständischen Produktionsbetrieb unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte

Betreuer: Jischa / Beck

Diplomarbeiten der Gruppe „Regenerative Elektrische Energietechnik“ (REET)

Karakaidos, A.

Entwurf eines Konzeptes zur Anbindung der Windenergie in Inselnetzen mit Pumpspeicheranlagen

Betreuer: Sourkounis

Lemogo Kana, C. H.

Entwurf und Realisierung einer Betriebsführung für Windenergiekonverter mit Asynchrongenerator und Drehstromsteller mittels Mikrokontroller-Steuerung

Betreuer: Kanakis

## 2 Veröffentlichungen, Dissertationen

### 2.1 Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente

#### Zeitschriften- und Tagungsaufsätze

Siehe hierzu auch die Anlagen 4-7.

- Beck / Goslar                      Optimizing the Control of High-Powered Electric Drives.  
Proceeding of the Fourth IASTED International Conference  
„Robotics and Manufacturing“, 19.-22. August 1996, Honolulu,  
U.S.A., S. 329-332
- Beck / Engel                      First Experimental Results of the new Mechatronic Traction  
Control  
Report Meeting 26. - 28. Februar 1996, Neapel, Italien
- Beck / Zenner / Sourkounis / Harste      Life Time Extensions of grinding Mill Power Train Components  
by applied Fuzzy-Control  
Third International Conference in association with AEA Tech-  
nology plc, 24. - 26. September, Cambridge, Großbritannien
- Beck / Engel                      Traction drive control with PI state controller and Kalman filter  
- First Experimental Results  
13th World Congress of IFAC, 30. Juni - 5. Juli 1996, San  
Francisco, U. S. A., S. 343 - 348
- Beck / Zenner / Sourkounis / Harste      Drehzahlelastische Antriebe zur Lastminimierung in Shredder-  
Anlagen, VDI-Schwingungstagung '96, „Schwingungen in Ma-  
schinen, Fahrzeugen und Anlagen“, 10.-11. Oktober 1996.  
Veitshöchheim, VDI-Berichte 1285, S. 51 - 66.

## Dissertationen:

- Engel, B. Verschleißmindernde Kraftschlußregelung mit Zustandsregler für elektrische Traktionsantriebe
- Alders, J. Nachbildung des Antriebsstranges einer elektrischen Lokomotive und des Rad-Schiene-Kraftschlusses mit umrichtergespeisten Drehfeldmaschinen für einen Bahnprüfstand
- Kayser, H. (in Vorbereitung) Antriebsschutzregelung mit unscharfer Logik zur Lebensdauer-Verlängerung von Antriebskomponenten
- Kanakis, A. (in Vorbereitung) Leistungsregelung mittels Drehstromsteller für Windenergiekonverter mit Asynchrongenerator und hoher Energieausbeute

## **2.2 Vorträge / Seminare**

- Beck Life Time Extensions of grinding Mill Power Train Components by applied Fuzzy-Control  
Third International Conference in association with AEA Technology plc, 24. - 26. September, Cambridge, Großbritannien
- Goslar Optimizing the Control of High-Powered Electric Drives.  
Proceeding of the Fourth IASTED International Conference „Robotics and Manufacturing“, 19.-22. August 1996, Honolulu, U.S.A.
- Beck / Sourkounis Lastminimierte energiesparende Shredder-Antriebe  
Kolloquium des Sonderforschungsbereichs 180, 15. Februar 1996, Clausthal-Zellerfeld (Anlage 16)
- Beck 1. Kolloquium Erdgasversorgungstechnik, Mitarbeit beim Institut für Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung, 5. - 6. Dezember 1996, Clausthal-Zellerfeld

Beck

Seminar Repräsentationstechnik (in Zusammenarbeit mit der  
Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit, H. MA Brinkmann)

### **2.3 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-Verbundantrag zusammen mit dem Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Be-  
triebsfestigkeit der TU Clausthal und dem Institut für Elektrotechnik der BA Freiberg

„Minimierung von Lastkollektiven bei Bahnantrieben durch eine Kraftschlußregelung mit akti-  
ver Torsionsschwingungsunterdrückung“, Kennwort „Lastkollektivminimierte Bahnantriebe“  
(Be 1496 / 1-2)

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Engel

DFG-Antrag

"Lastkollektivminimierung im Antriebsstrang von elektr. Hochleistungsantrieben durch Einsatz  
unscharfer Logik“

(Be 1496 / 2-3)

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 122

Eine analytische Betrachtung der Methode der gezielten Eigenwertvorgabe am 2-Massenschwinger

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Math. Goslar

VFWH-Forschungsantrag AW 126

Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Math. Goslar

## **2.4 Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte**

### **Exkursionen:**

Im Rahmen der Berlin-Exkursion des **IEE** wurden die folgenden Firmen besichtigt:

- ADTranz, Besichtigung des Bereiches Schienenfahrzeuge
- Siemens, Besichtigung des Siemens Schaltwerkes
- BEWAG, Besichtigung eines Blockheizkraftwerkes

SS 96 (Teilnehmer 25 Personen)

Im Rahmen der Vorlesungen „Geschichte der Energietechnik II“ und „Elektrizitätswirtschaft“ wurde eine ganztägige Exkursion durchgeführt:

- Kopfstation des Baltic Cable“, Lübeck
- Kohlekraftwerk Tiefstack, Hamburg

SS 96(Teilnehmer 30 Studenten)

**Gastaufenthalte:**

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

Prof. Dr. Meng, Volksrepublik China

Dipl.-Ing. Winterling, TU Delft, Niederlande

Dipl.-Ing. Tulbure, TU Bukarest, Rumänien

## **3 Forschungsarbeiten**

### **3.1 Ausbau der Institutseinrichtungen**

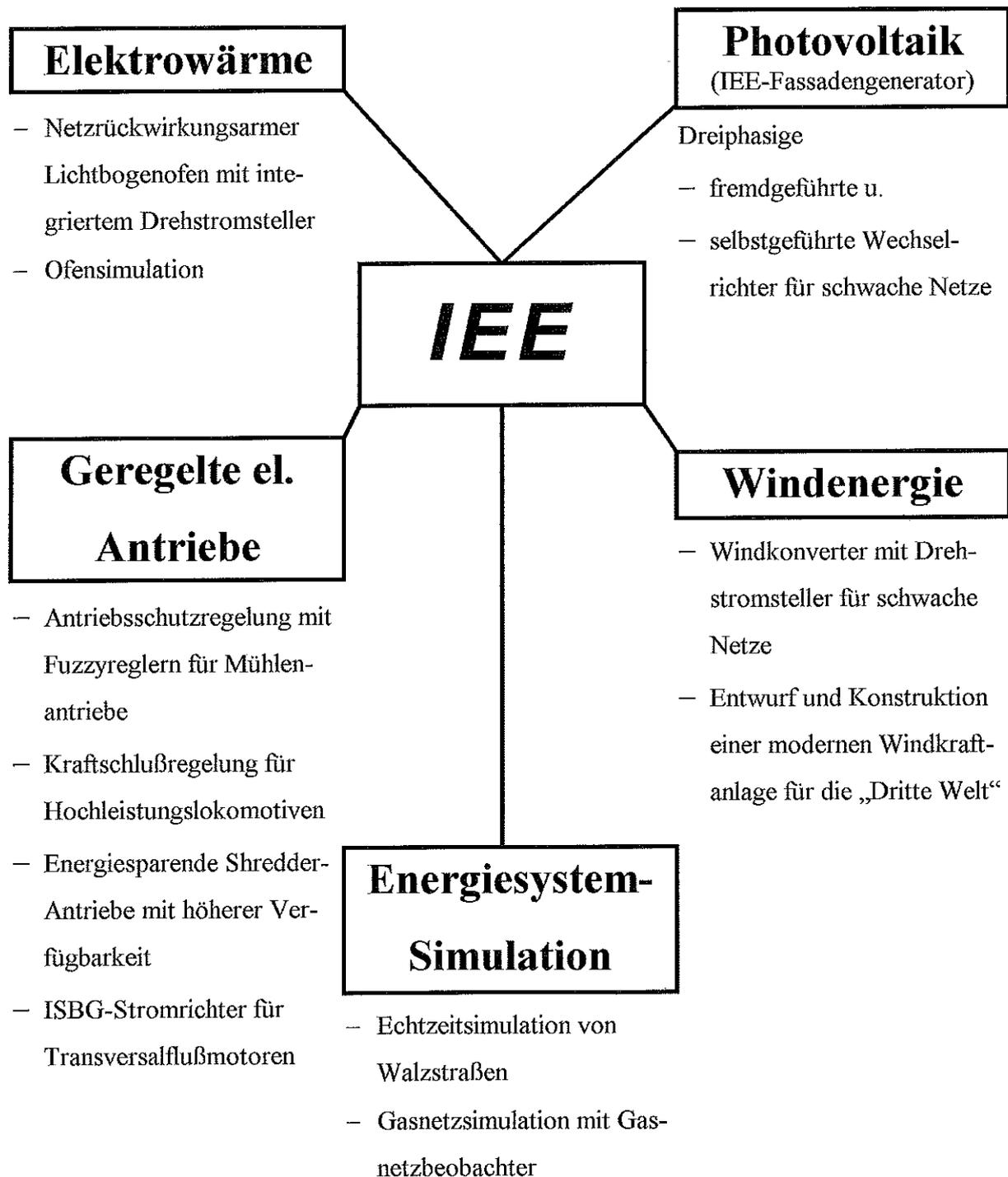
Zur weiteren Komplettierung der Institutseinrichtungen wurden folgende Neuanschaffungen getätigt:

- 2,5 kW-Photovoltaik-Generator in Fassadenkonstruktion mit selbstgeführtem und fremdgeführten 3-Phasen Wechselrichter
- Parallel-Rechner CAD-Pool (Anlage)
- Hochdynamische Drehstromumrichter ( $t_m=3\text{ms}$ , 37 kVA)
- digitale Signalprozessoreinheit TMS 320C31
- Programmsystem SABER für Netzwerk-, Stromrichter-, Pneumatik-, Mechanik- und Hydrauliksimulation
- Programmsystem GANESI zwecks Gasnetzsimulation
- Vier weitere Personalcomputer
- ISBG-Wechselrichter (30 kW) mit hochdynamischer feldorientierter Regelung (VECON-Chip, AEG-CEGELEG)
- Aufbau eines Elektroniklabors für Studien- und Diplomarbeiter (3 Arbeitsplätze) und für einen weiteren (3.) Auszubildenden (Praktikum Energiesystemtechnik)
- Anschaffung einer Wind-, Globalstrahlungs-, Temperatur-Meßstation auf 10m Mast für Versuchszwecke (Praktikum Energiesystemtechnik)

### **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.

# Forschungsschwerpunkte des Instituts für Elektrische Energietechnik







**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:** siehe Bericht 1995

**Lösungsweg :** siehe Bericht 1995

**Ergebnisse:**

- Betriebsmessung an verschiedenen großtechnisch ausgeführten Shredder-Anlagen, ergänzt durch analytische Untersuchungen und Simulationen sowie Untersuchung des Einflusses von Anlagenparametern auf das Betriebsverhalten.
- Betriebsverhalten des Antriebsstranges vom Modellshredder anhand der Erkenntnisse aus den Untersuchungen an reale Anlagen angepaßt.
- Betriebsmessungen am Modellshredder vor und nach der Modifizierung des Antriebsstranges.
- Neue Antriebskonzepte mit Hilfe der Simulation vergleichend zu bestehenden Konzepten untersucht (s. Abb. 1 und Abb. 2).



**Dokumentation:**

Beck, H.P.; Sourkounis, C. und Wenske, J.

Torsionsschwingungen in Antriebssträngen mit hydrodynamischer  
Kupplung

Antriebstechnik Heft 5/95

Sourkounis, C.; Beck, H.P.

Shredder- Energiesparende, Lastminimierte Shredder-Antriebe

Kolloquium des DFG-Sonderforschungsbereichs 180, Clausthal, 1996

Sourkounis, C.; Beck, H.-P.; Zenner, H.; Peter, F.

Drehzahlelastische Antriebe zur Lastminimierung bei Shredder-  
Anlagen

VDI-Schwingungstagung, Veitshöchheim, 1996

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

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

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

Datum: November 26, 1996

---

**Projekt: Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von  
Shredder-Anlagen; Sonderforschungsbereich 180/A18**

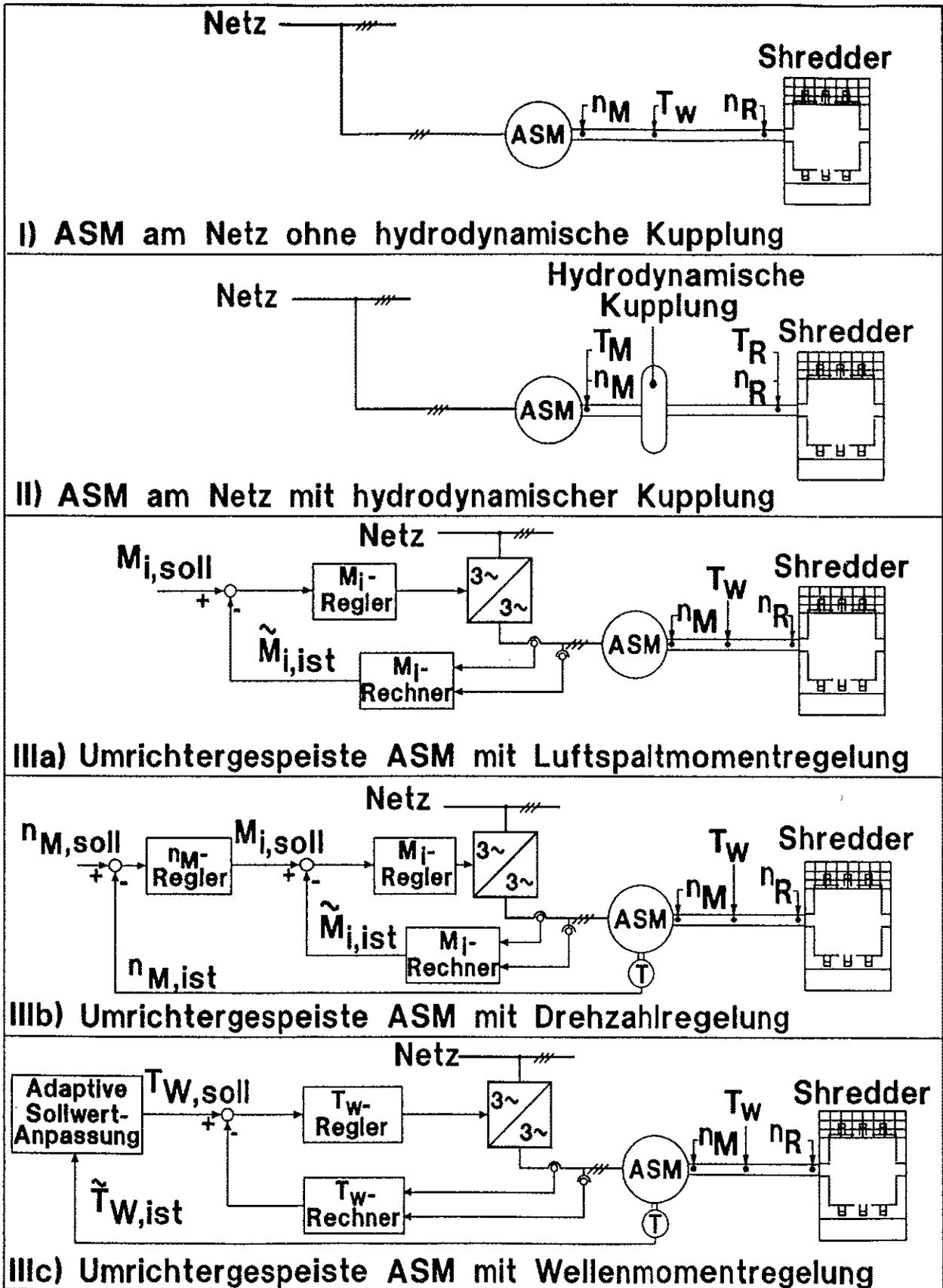


Abb. 1: Untersuchte Antriebskonzepte

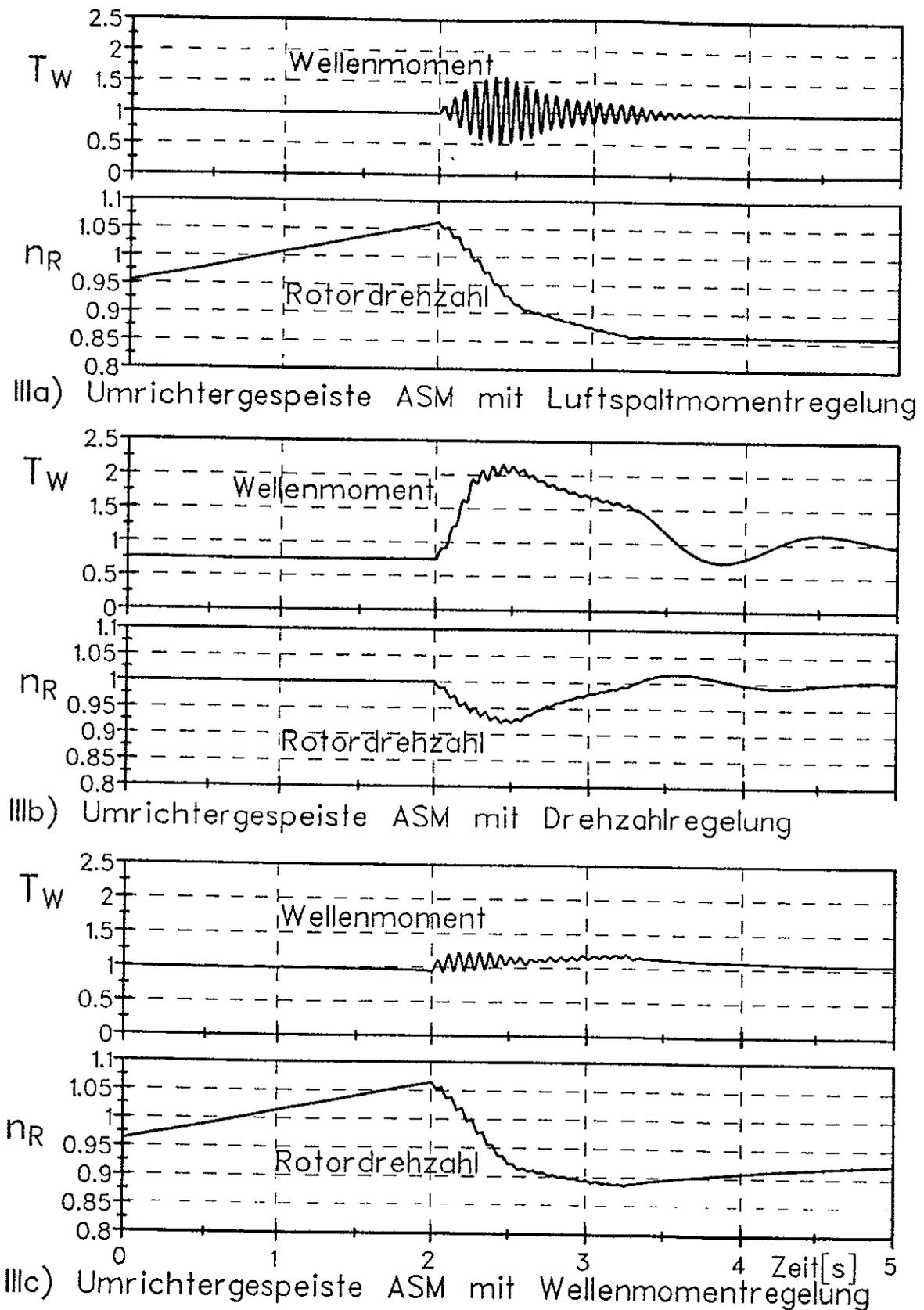
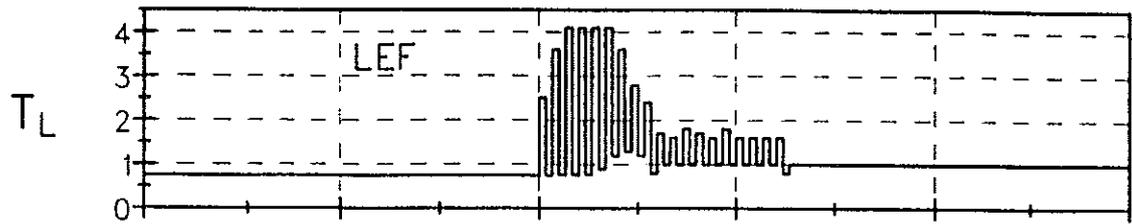
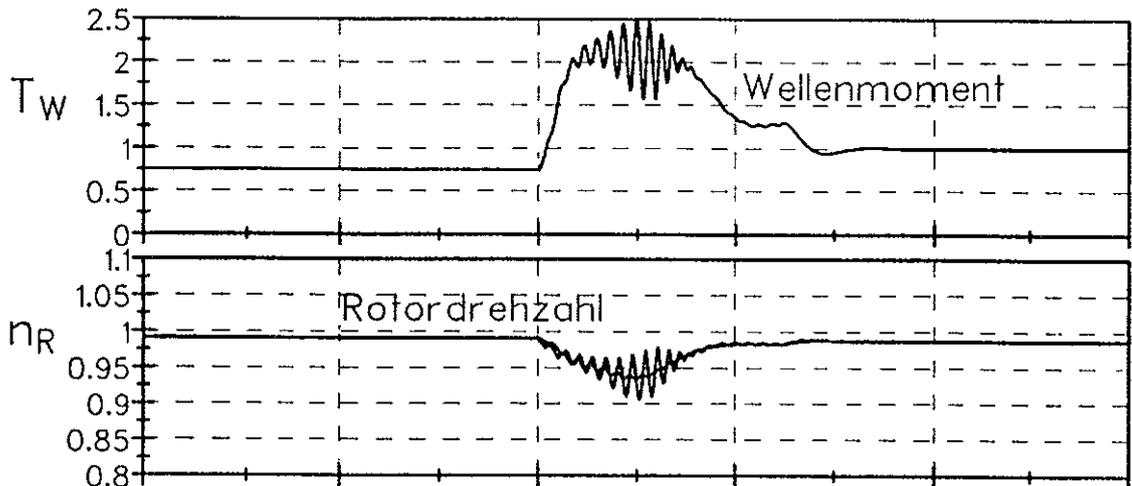


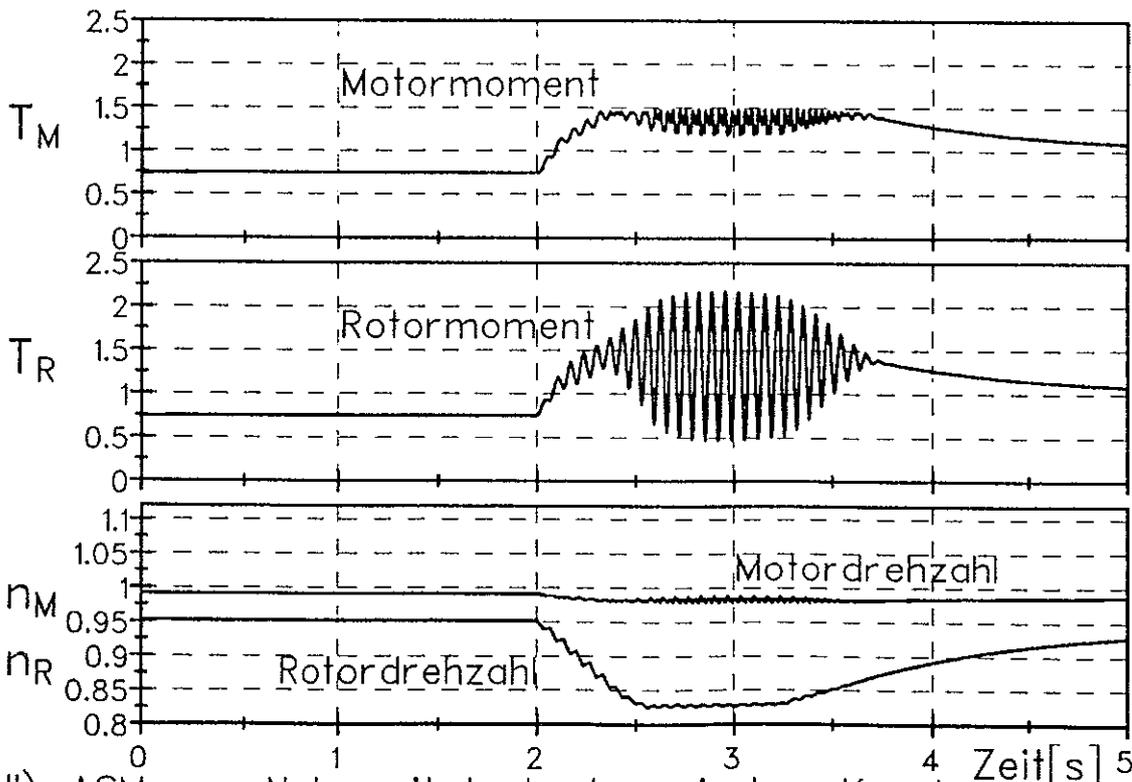
Abb. 2b: Simulationsergebnisse



Lasteingangsfunktion



I) ASM am Netz ohne hydrodynamische Kupplung



II) ASM am Netz mit hydrodynamischer Kupplung

Abb. 2a: Simulationsergebnisse





**Problem:** Die Nutzung der Windenergie mit den heutigen Windenergiekonvertern setzt hohe Anforderungen an die Infrastruktur des Standortes, wie z.B. elektrisches Netz mit ausreichender Kurzschlußleistung, voraus. Dies ist in abgelegenen Standorten meist nicht der Fall.

**Ziel:** Entwicklung eines Windenergiekonverters zur Nutzung der Windenergie in Standorten mit gering entwickelter Infrastruktur.

**Lösungsweg:**

- Der Einsatz marktgängiger Komponenten sowie ein robuster und einfacher Aufbau sollen den Wartungsbedarf und die Investitionskosten auf ein Minimum reduzieren.
- Ein modularer Aufbau soll sowohl den Transport in abgelegene Standorte als auch das Errichten und die Wartung vor Ort mit einfachen Hilfsmitteln ermöglichen.
- Das Konzept des mechanisch-elektrischen Energiewandlers soll die Energiebereitstellung auch im Alleinbetrieb gewährleisten (s. Abb. 1)
- Durch eine intelligente Betriebsführung soll die Netzqualität den Einsatz marktgängiger Verbraucher erlauben.

**Dokumentation:**

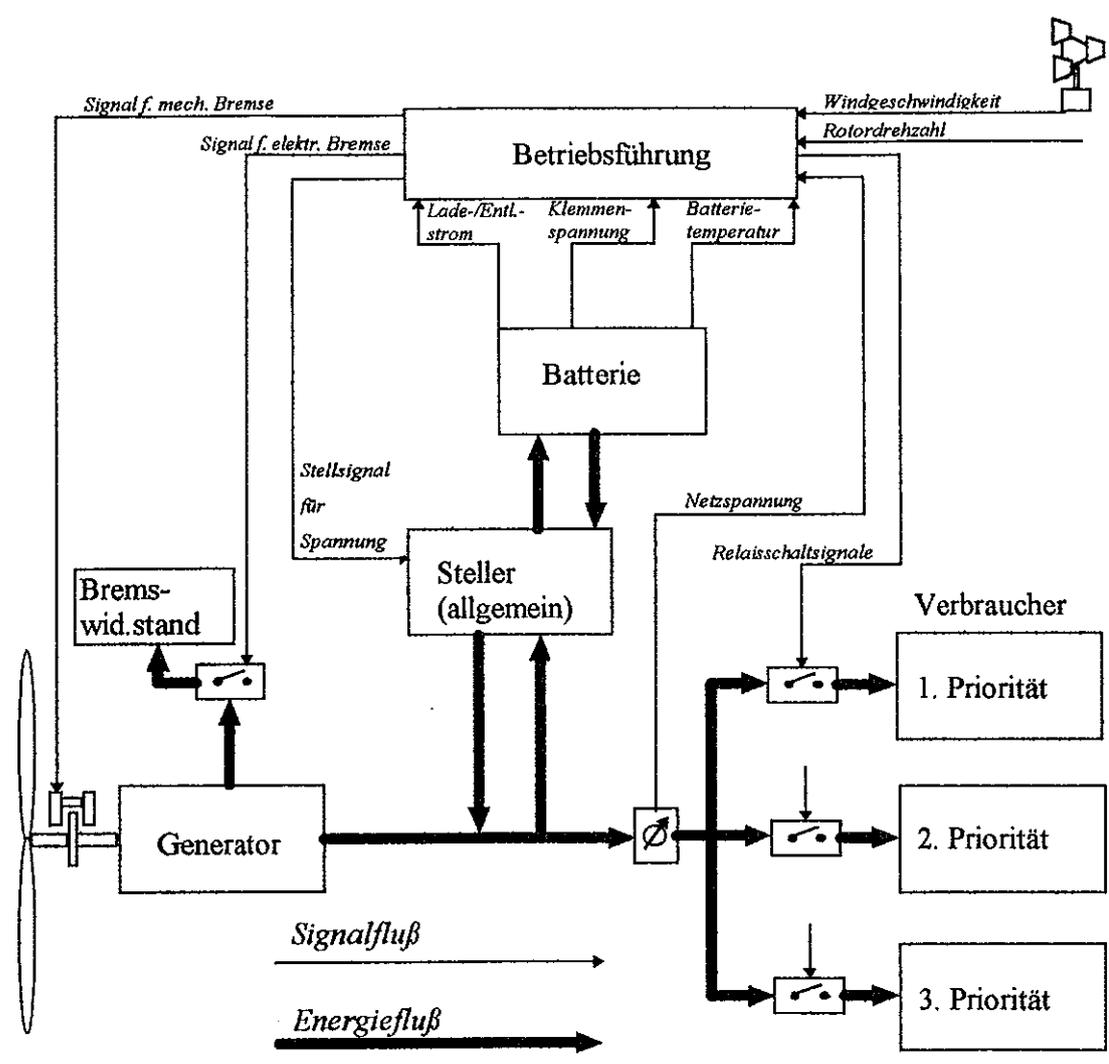
Brauns, B.; Klafkte, S.; Luer, M.; Meyer, T.; Petmecky, A.  
Windkraftanlage für Einzelverbraucher  
Projektarbeit  
IEE, Clausthal 1996

**Projektleiter:** Dr.-Ing. C. Sourkounis (Tel.: 05323/72-2594)  
Dipl.-Ing. J. Wenske (Tel.: 05323/72-3702)

Datum: November 26, 1996

---

**Projekt:** Windenergiekonverter für Einzelverbraucher  
**Gruppe:** Regenerative Elektrische Energietechnik (REET)





- 
- Problem:** Untersuchung der möglichen Einsatzbereiche der Echtzeit-Simulation verschiedener Antriebssysteme am Beispiel einer realen technischen Anlage
- Stand der Technik:**
- ♦ Zur Zeit werden Simulationen hauptsächlich in Teilgebieten eingesetzt, z. B. zur Optimierung von Regelkreisen oder zur Bestimmung des dynamischen Verhaltens von Feder-Masse-Systemen, dabei werden fast ausnahmslos Offline-Simulationen durchgeführt
  - ♦ "Prozeßbegleitende" Echtzeit-Simulation wird selten bei komplexen Systemen eingesetzt, i. allg. wegen zu geringer Rechengeschwindigkeiten
- Arbeitsschritte:**
- ♦ Offline-Simulation einer realen Anlage zur Abschätzung der erforderlichen Rechenleistungen ✓
  - ♦ Validierung der Simulationsergebnisse durch Vergleich mit Meßdaten des realen Systems ✓
  - ♦ Erarbeiten eines ausbaufähigen Konzeptes für die Soft- und Hardware-Investitionen zur Echtzeit-Simulation ✓
  - ♦ Realisierung des Soft- und Hardware-Konzeptes zur Echtzeit-Simulation ✓
  - ♦ Entwicklung und Erprobung verschiedener Parallelisierungsstrategien (automatische Compiler-Parallelisierung, strukturelle Parallelisierung, 'Load-Balancing', etc.)
  - ♦ Entwicklung und Untersuchung von Konzepten zur Anwendbarkeit des Echtzeit-Simulators
  - ♦ Erprobung der Konzepte im Online-Betrieb
- Ziel:** Einsatz von Echtzeit-Simulation im Online-Betrieb zur Prozeßüberwachung und Prozeßsteuerung durch die Einbindung von Diagnose- und Prognoseverfahren aufgrund von Ereignissen im Prozeß. Eine besondere Berücksichtigung soll hierbei zum einen die Verwendung standardisierter Software und 'low cost'-Hardware finden, zum anderen soll eine durchgängige Linie von der Modellerstellung bis hin zum parallelisierten lauffähigen C-Programm erkennbar sein.
- bisherige Ergebnisse, laufende Arbeiten:**
- ♦ Nach umfangreichen Simulationen zur Abschätzung über die, für die Echtzeit-Simulation erforderlichen Rechenzeitverkürzungen wird versucht diese durch Parallelisierung zu erreichen.
  - ♦ Für die Aufgabe steht ein Workstation-Pool von sechs Workstations mit insgesamt 15 Prozessoren unter dem Betriebssystem Solaris 2.5 zur Verfügung.
  - ♦ Die laufenden Arbeiten befassen sich mit den verschiedenen verfügbaren Synchronisationsmechanismen auf Multiprozessor-Workstations.
-

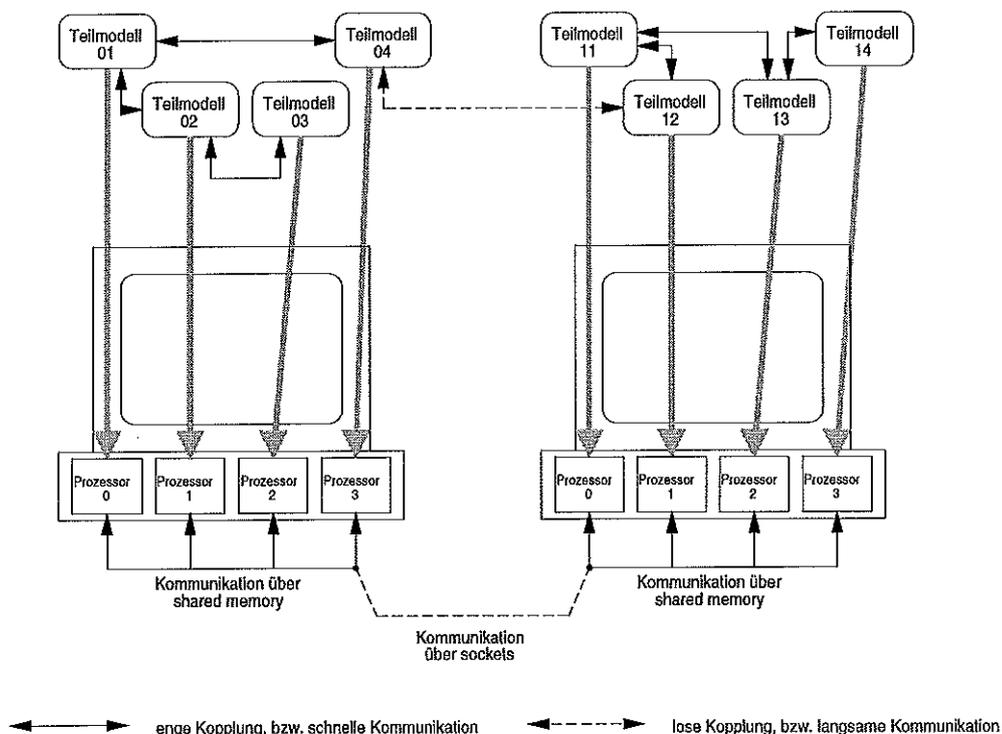
- Die verschiedenen Synchronisationsmechanismen bedingen unterschiedliche Prozeß-Kommunikationszeiten. In Abhängigkeit von diesen Kommunikationszeiten müssen die Simulationsmodelle nach eng und lose gekoppelten (evtl. ungekoppelten) Teilmodellen untersucht werden und entsprechend parallelisiert werden. (siehe Bild 1).

Dokumente: "Mögliche Anwendungsgebiete für den Einsatz eines Echtzeitsimulators im Bereich des Walzstraßenbetriebs", Technische Notiz, IEE intern, W. Mendt, 5/93  
 "Untersuchungen zur Validierung eines Walzspaltmodells", Technische Notiz, IEE intern, W. Mendt, 9/94  
 "Vergleich der Simulationsergebnisse von Netasim und MatrixX mit denen des durch AutoCode generierten C-Programms", Technische Notiz, IEE intern, W. Mendt, 1/96

Bearbeitungszeitraum: voraussichtlich bis März 1997

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Wolfram Mendt (Tel. 0 53 23 / 72 29 38)

Datum: 26. November 1996



**Bild 1: Abbildung einer beispielhaften Modellstruktur auf die Rechnerhardware**



- Ziel:** Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln. Die Gezielte Eigenwertvorgabe ist ein heuristisches Verfahren zur Synthese eines Zustandsreglers. Als Weiterentwicklung der Methode der Gezielten Eigenwertvorgabe wurde die bisherige Heuristik des Syntheseverfahrens um eine analytische Betrachtung erweitert. Dazu wurden Formeln zur Einstellung der Regler- und Beobachterparameter abgeleitet. Als Spezialfall der Methode der Gezielten Eigenwertvorgabe konnten zusätzlich Faustformeln für die Regler- und Beobachterparameter angegeben werden, die eine schnelle, einfache und übersichtliche Synthese von Zustandsreglern für elektrische Antriebe ermöglichen.
- Probleme:** Zum Abschluß der bisherigen Untersuchungen ist es nun erforderlich, die entwickelten Zustandsreglersyntheseverfahren experimentell zu erproben, um deren praktische Eignung nachzuweisen. Ferner ist eine analytische Robustheitsuntersuchung erforderlich, um die Auswirkung von Modellungenauigkeiten auf die Regelgüte und die Stabilität zu untersuchen.
- Lösungsweg:**
- Untersuchungen am 2- bzw. 3-Massenschwinger mit Kupplung bzw. Kupplung und Getriebe:
    - Modellbildung und Regler- bzw. Beobachtersynthese
    - Simulation
    - Robustheitsuntersuchung
    - Inbetriebnahme des Prüfstands
    - Experimentelle Untersuchung und Vergleich mit der Theorie
- Dokumentation:**
- Beck, H.-P.; Goslar, M.: Optimizing the Control of High-Powered Electric Drives. Proceedings of the Fourth IASTED International Conference „Robotics and Manufacturing“, 19.-22. August 1996 - Honolulu, U.S.A., S. 329-332.
  - Beck, H.-P.; Goslar, M.: Eine analytische Betrachtung der Methode der Gezielten Eigenwertvorgabe am 2-Massenschwinger. Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW122, Dezember 1996

**Vorträge:**

- 15. Mai 1996: „Erprobung der Methode der Gezielten Eigenwertvorgabe an einem Antriebssystem mit hoher Getriebeübersetzung“, Kolloquium zum DFG-Schwerpunktprogramm „Systemintegration elektrischer Antriebe“, 14./15. Mai 1996, Kaiserslautern.
- 20. August 1996: „Optimizing the Control of High-Powered Electric Drives“. Fourth IASTED International Conference „Robotics and Manufacturing“, 19.-22. August 1996, Honolulu/U.S.A.
- 24. Oktober 1996: Bericht zum Stand des Forschungsvorhabens VFWH-AW122 und Präsentation eines Forschungsantrags, Mitgliederversammlung VFWH, Düsseldorf.

**Bearbeiter:** Dipl.-Math. M. Goslar  
Tel. 72-3702

**Datum:** 21. November 1996

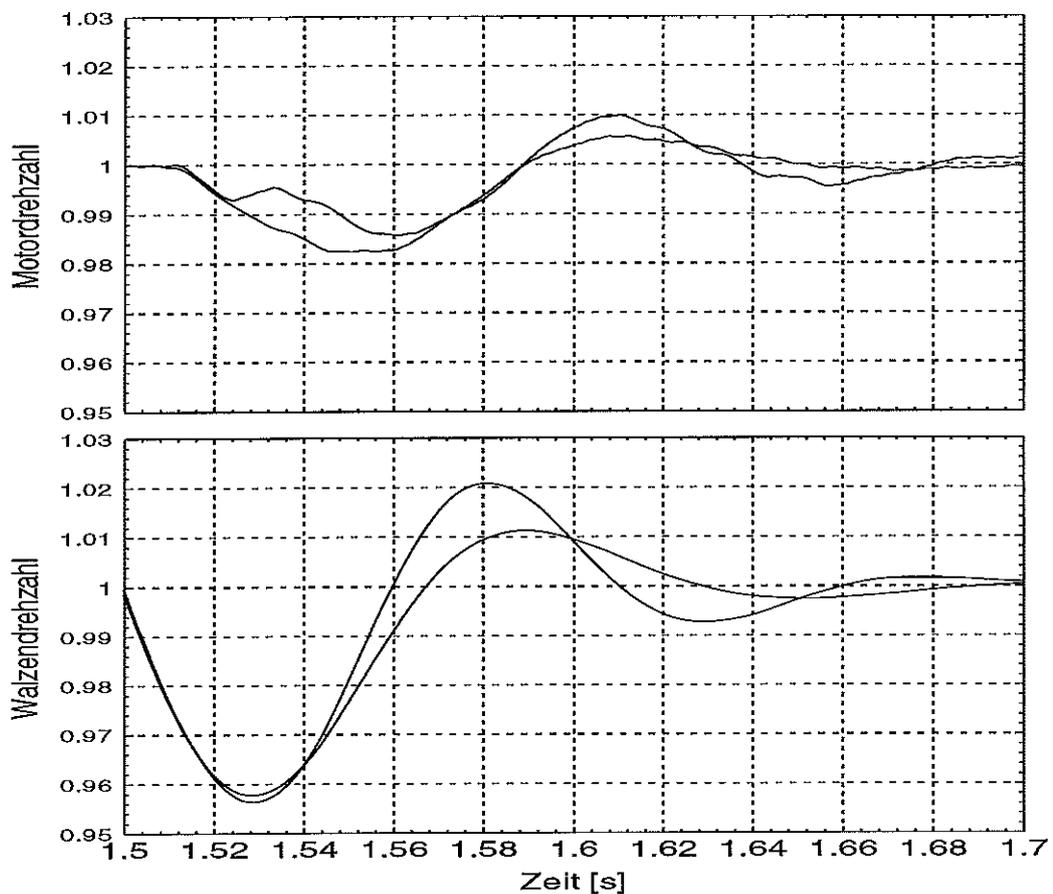


Bild 1: Vergleich des Störverhaltens (Nennlastsprung) bei der Zustandsregelung mittels Faustformeln bzw. nach der Gezielten Eigenwertvorgabe.

---

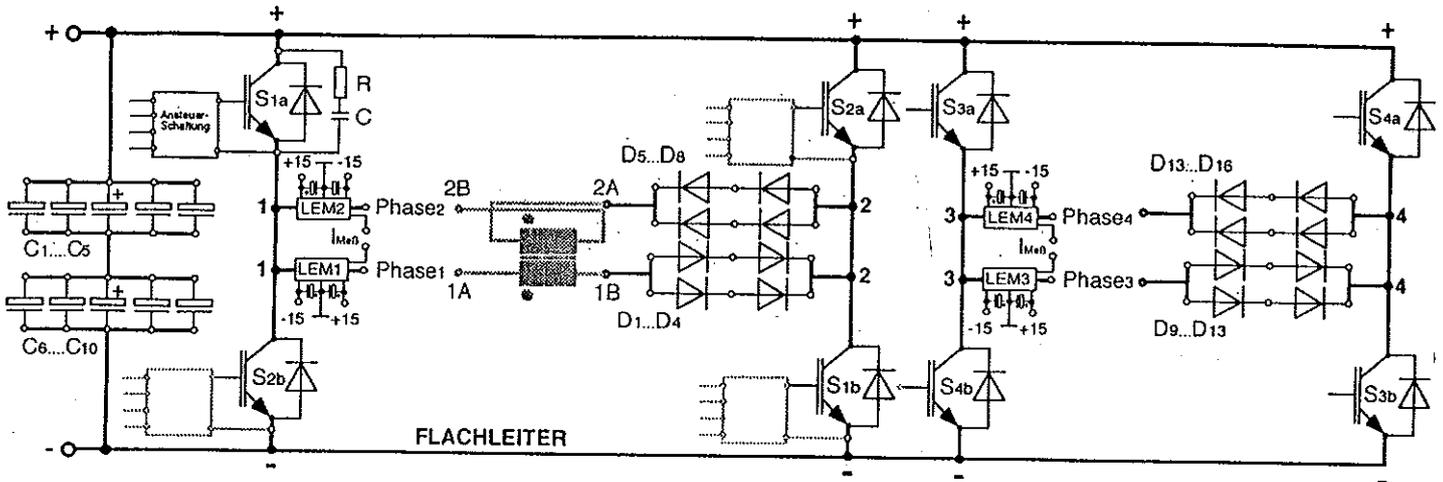
**Projekt:** Optimierung der Regelung von Drehstromantrieben in der Hüttenindustrie



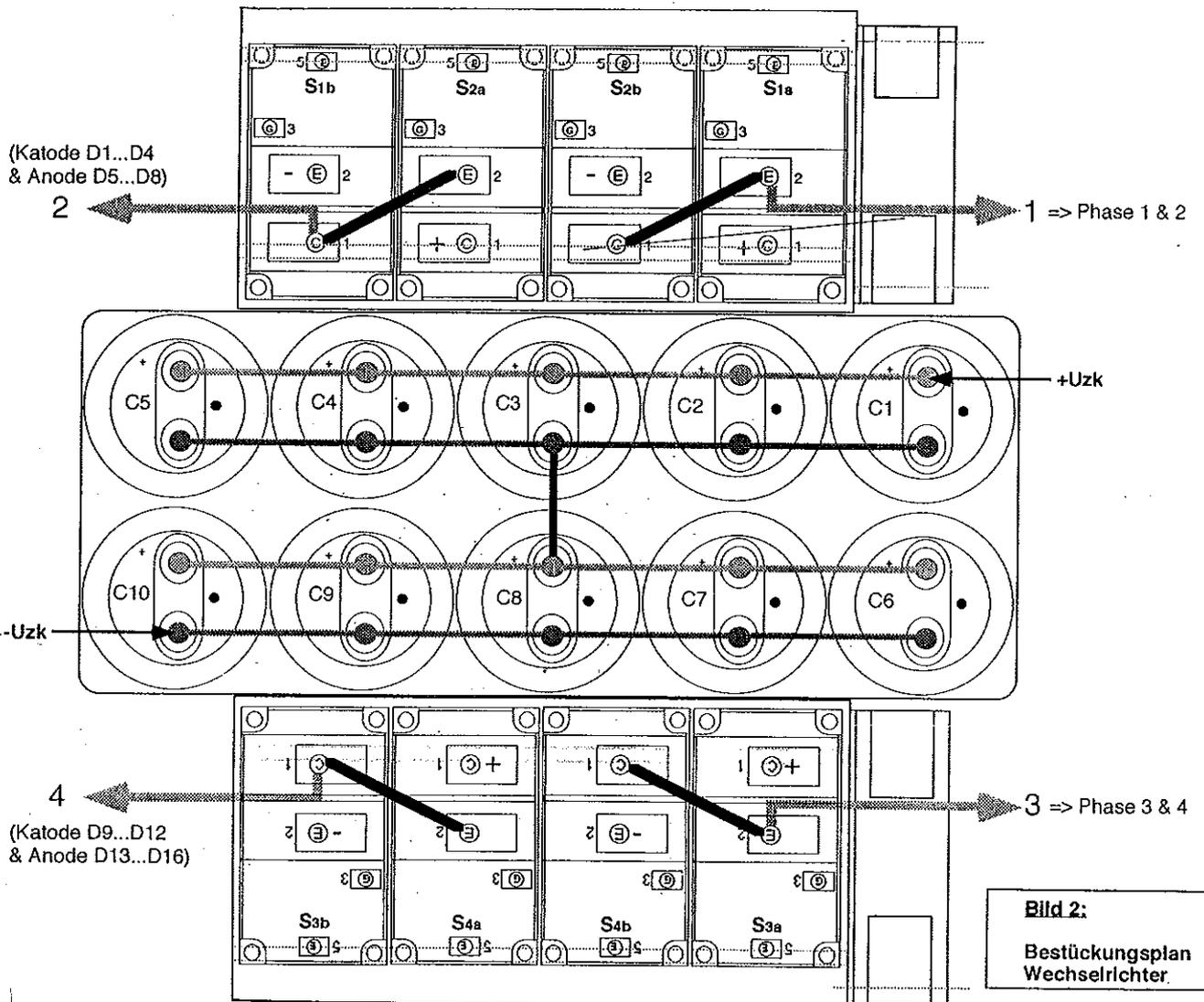
- Aufgabe:** - Projektierung eines Kommutierungskonverters (n. Bild 1) als Leistungsteil einer vierphasigen Reluktanzmaschine
- Anforderungen:** - Kompakte Bauweise  
- Induktivitätsarme Flachleiteranordnung
- Ziel:** - Weiche Kommutierung => Verringerung der Schaltverluste  
- Reduzierung des Blindleistungsbedarfs => Verbesserung des Leistungsfaktors
- Lösungsweg:** - Symmetrischer Aufbau des Stromrichter-Leistungsteils mit IGBTs  
- Integration eines Kommutierungstransformators in die Maschinenstränge zur Symmetrierung der Stranginduktivitäten und Stromverläufe
- Prüfstands-  
vorhaben:** - Implementierung und hardwaremäßige Realisierung des neuen Wechselrichters (n. Bild 2) in der Ausführungsphase  
=> Ersetzen des bisherigen Zweiquadrantenstellers durch den neuen Kommutierungskonverter zur Untersuchung des Betriebsverhaltens des vierphasigen Prototyps der Reluktanzmaschine
- Stand der  
Untersuchungen:** - Simulationsergebnisse bzgl. der neuen Schaltungsvariante "Parallelschaltung der Maschinenstränge verbunden mit dem Symmetrierungstransformator haben bereits die reduzierte Schalzhäufigkeit und weiche Kommutierung (s. Dokumentation) bestätigt. Darüberhinaus kann der Blindleistungsbedarf mit einer optimal eingestellten Vorzündung reduziert werden. Zur Bestätigung dieser Erkenntnisse am Prüfstand stehen nach der Realisierung des neuen Leistungsteils praktische Untersuchungen bevor.
- Dokumentation:** - IEE-Technische Notizen (siehe IEE-Jahresberichte Nr.5 -`94 und Nr.6 -`95)  
- Studienarbeit : Modellbildung und Untersuchung des Betriebsverhaltens eines geschalteten Reluktanzmotors mit neuartigen Stromrichter-Leistungsteilkonzepten mittels Simulation (Boldt 3/96)  
- Technischer Bericht: Kommutierungskonverter mit und ohne Symmetrier-Transformator und Kommutierungsbeschleuniger (Tavana-N. 5/96)  
- Projektierungsnotiz (Tavana-N. 8/96)
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Pascha Tavana-Nejad (Tel: 72-3821)

**Datum:** 27.11.96

**Projekt:** Stromrichterspeisung neuartiger Reluktanzmotoren mit doppelseitiger Polausprägung



**Bild 1:**  
Schaltplan des Wechselrichters



**Bild 2:**  
Bestückungsplan Wechselrichter.

- 
- Problem, Ziel:** Konstruktion einer Metall-Inertgas (MIG)-Engspaltschweißanlage zum Verschweißen von Gußwerkstoffen bis 150mm Dicke. Variables Schweißen mit Gleich- und Impulsstrom bei weitem Einstellbereich der Schweißparameter für eine Spaltbreite von 12 mm.
- Stand der Technik:** Siehe Jahresbericht 1994
- Lösungsweg:** Siehe Jahresbericht 1995
- Stand der Untersuchungen:** Auslegung der Blindleistungskompensationsanlage bzw. des Filters für den Leistungsteil beim Gleichstrom- und Impulslichtbogenschweißen ( Bild 1 ). Aufgrund der Anschnittsteuerung der Ventile treten Netzstrom Oberschwingungen sowohl beim Gleichstrom- als auch beim Impulslichtbogenschweißen auf.  
Der Leistungsfaktor wird von  $\text{Cos } \varphi = 0,5$  auf  $\text{Cos } \varphi = 0,95$  erhöht.  
Beim Gleichstromschweißen wird der Filter mit der vorgegebenen Resonanzfrequenz von 250 Hz mit dem Schalter  $S_2$  eingeschaltet ( s. Bild 1 und Bild 2 ). Netzstrom bei 250 Hz wird abgesaugt ( s. Bild 3 ).  
Beim Impulslichtbogenschweißen wird dazu noch ein weiterer Filter mit der vorgegebenen Resonanzfrequenz von 100 Hz mit dem Schalter  $S_1$  eingeschaltet ( s. Bild 1 und Bild 8 ). Netzstrom bei 100 Hz wird abgesaugt ( s. Bild 9 ).  
Dabei können die Oberschwingungen um 30 bis 50 % reduziert werden ( s. Bilder 4 bis 7 bzw. 10 bis 13 ).
- Dokumentation:** Vorbereitung der Dissertation
- Projektbeginn:** Juli 1994
- Vorraussichtliches Ende:** Dezember 1997
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. M. Thamodaran (Tel: 72-2939)

**Datum:** 27.11.1996

---

**Projekt:** Engspaltschweißen von Stahl- und Eisenguß nach dem MIG-Verfahren

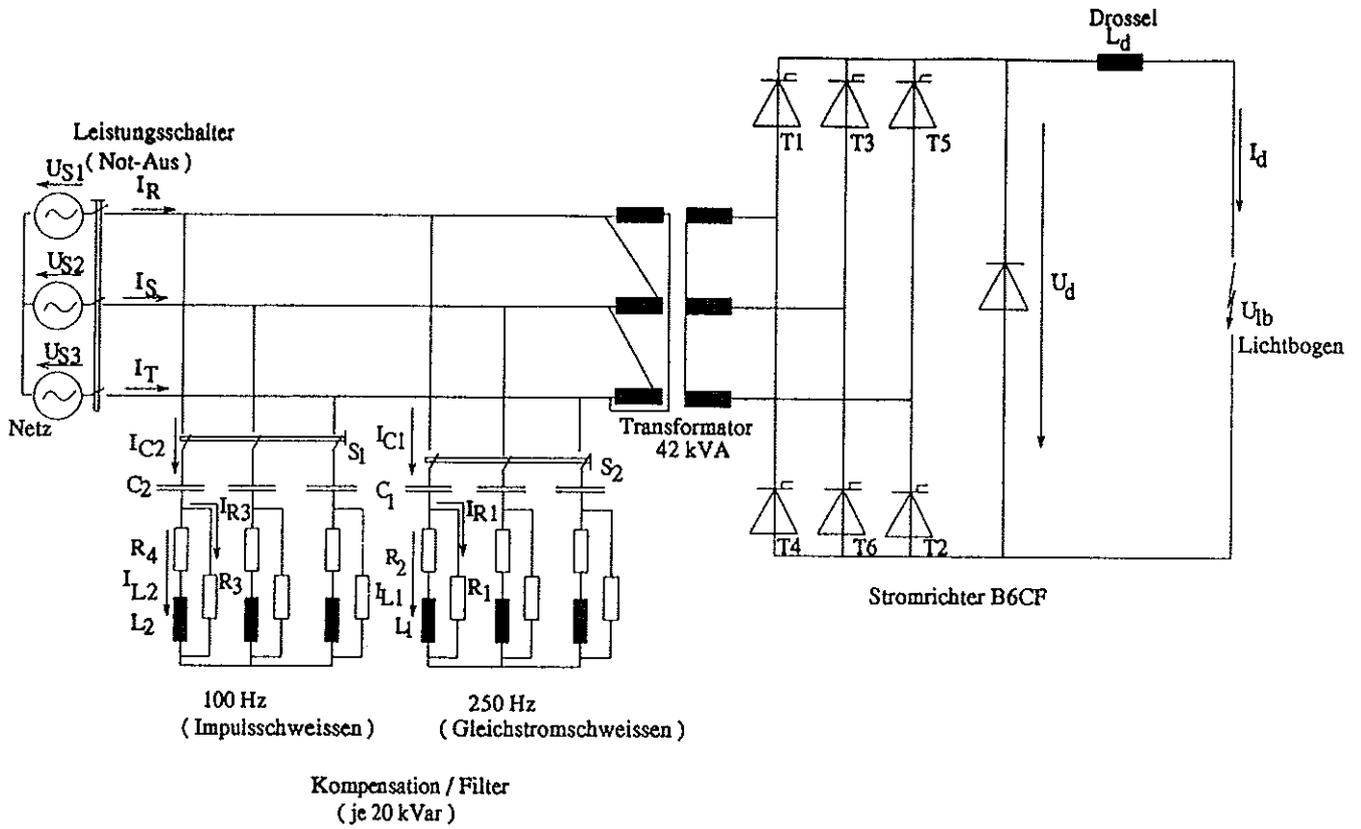


Bild 1: Schaltbild des Leistungsteils des Engspaltschweißens

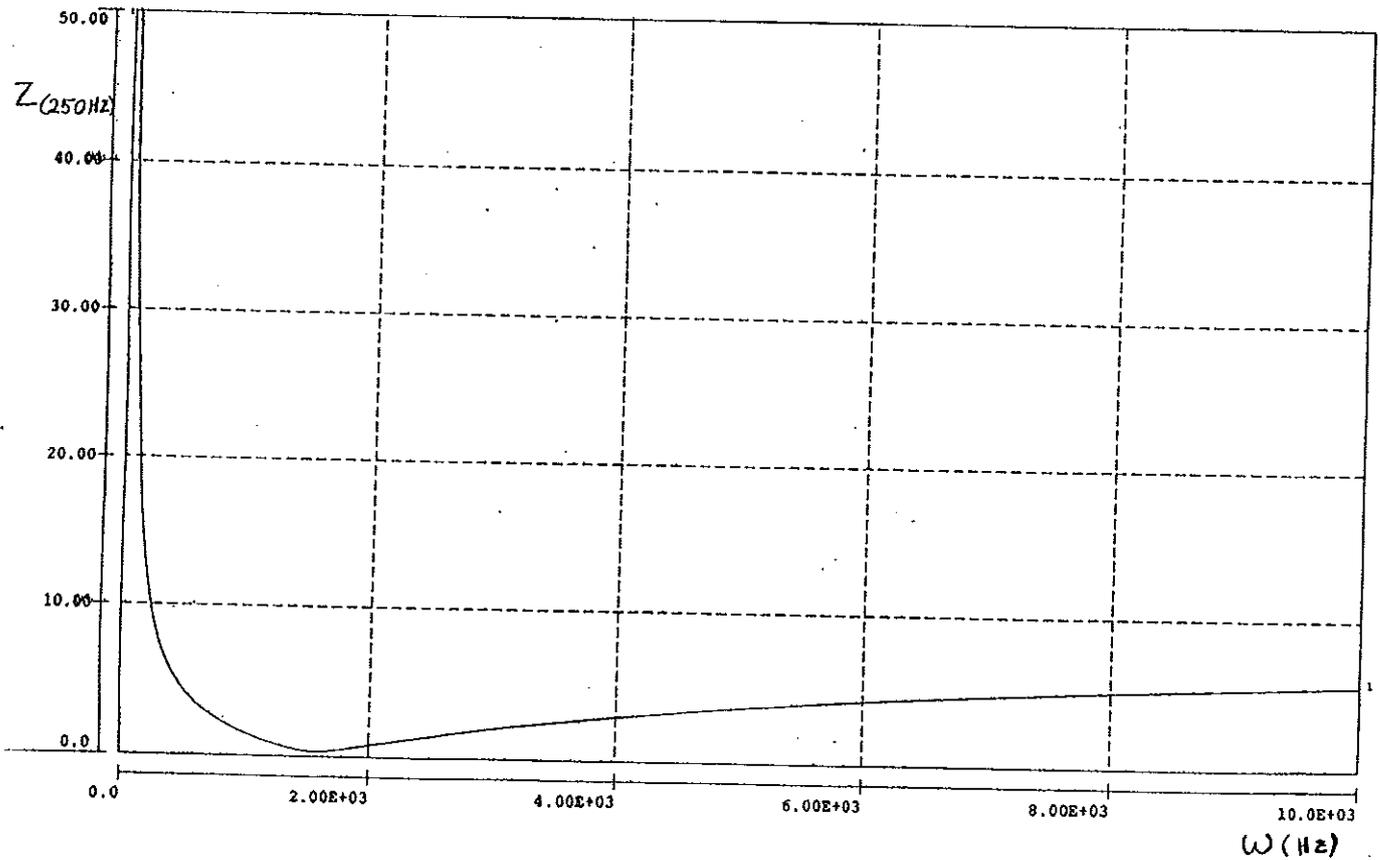


Bild 2: Resonanzkurve des Filters bei vorgegebener Resonanzfrequenz  $f_r = 250$  Hz

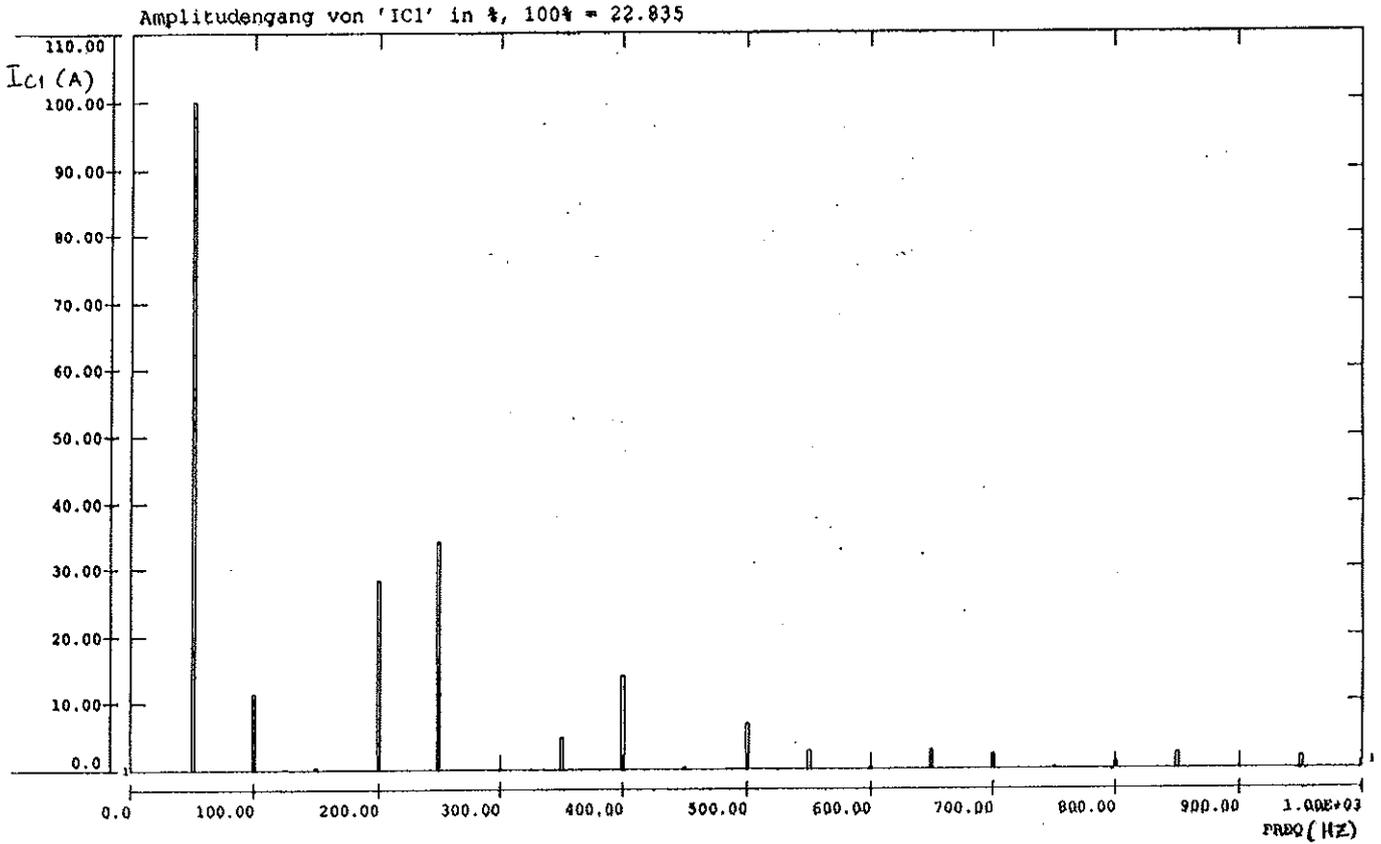


Bild 3: Amplitudenspektrum des Stroms  $I_{C1}$  durch den Filter mit der Resonanzfrequenz  $f_R = 250$  Hz

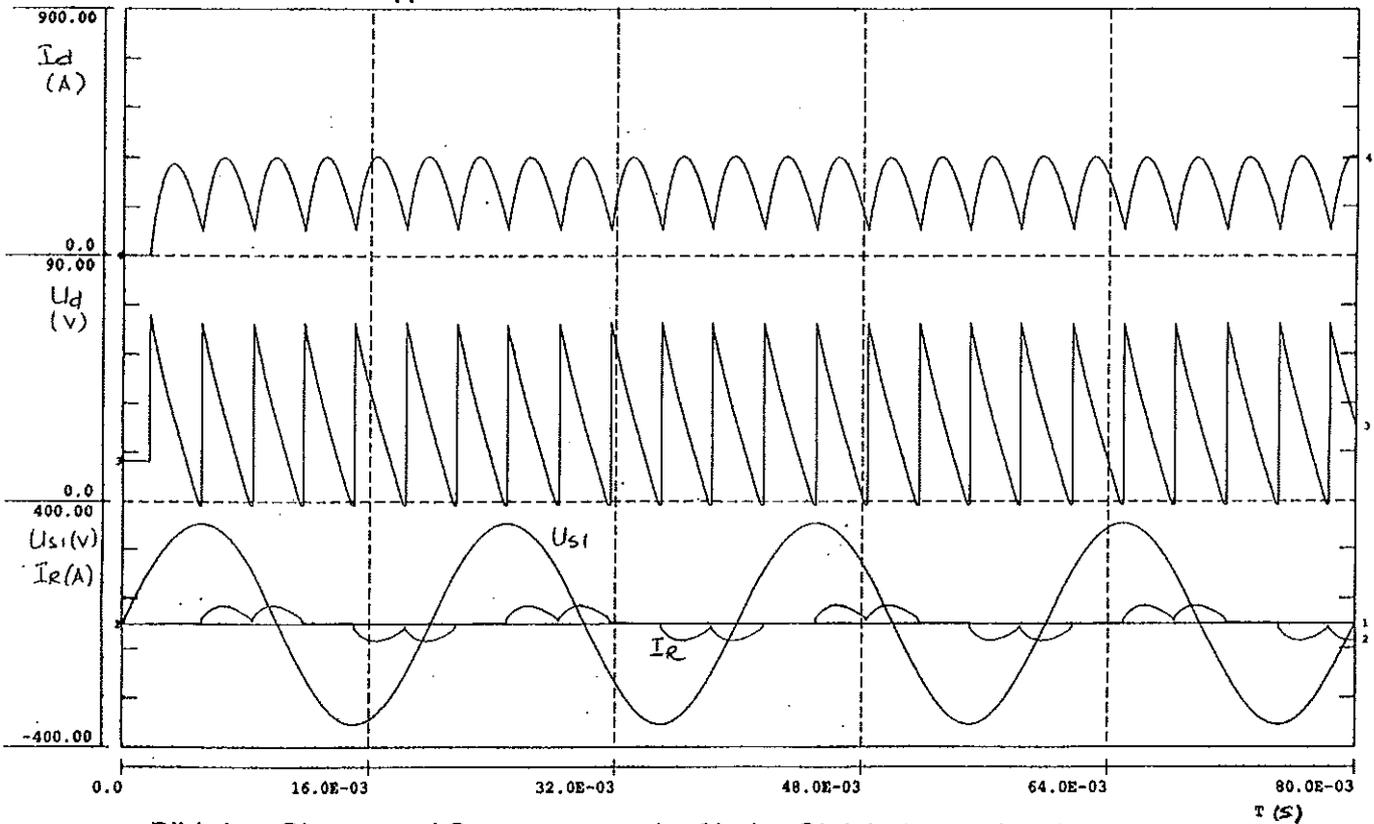


Bild 4: Strom- und Spannungsverlauf beim Gleichstromschweißen beim Steuerwinkel  $\alpha = 60^\circ$  ( ohne Filter )

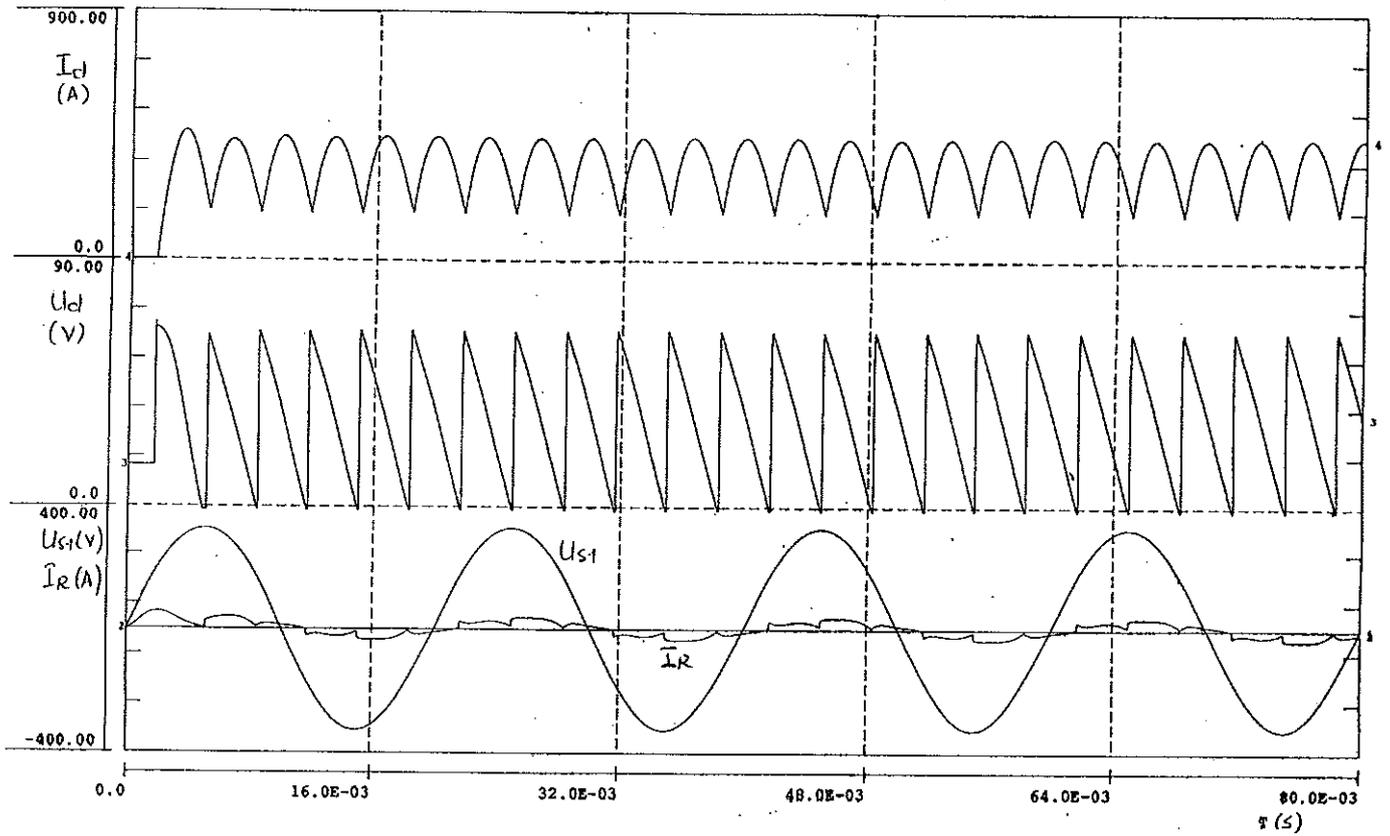


Bild 5: Strom- und Spannungsverlauf beim Gleichstromschweißen beim Steuerwinkel  $\alpha = 60^\circ$  ( mit Filter )

Amplitudengang von 'IR' in %, 100% = 32.7322

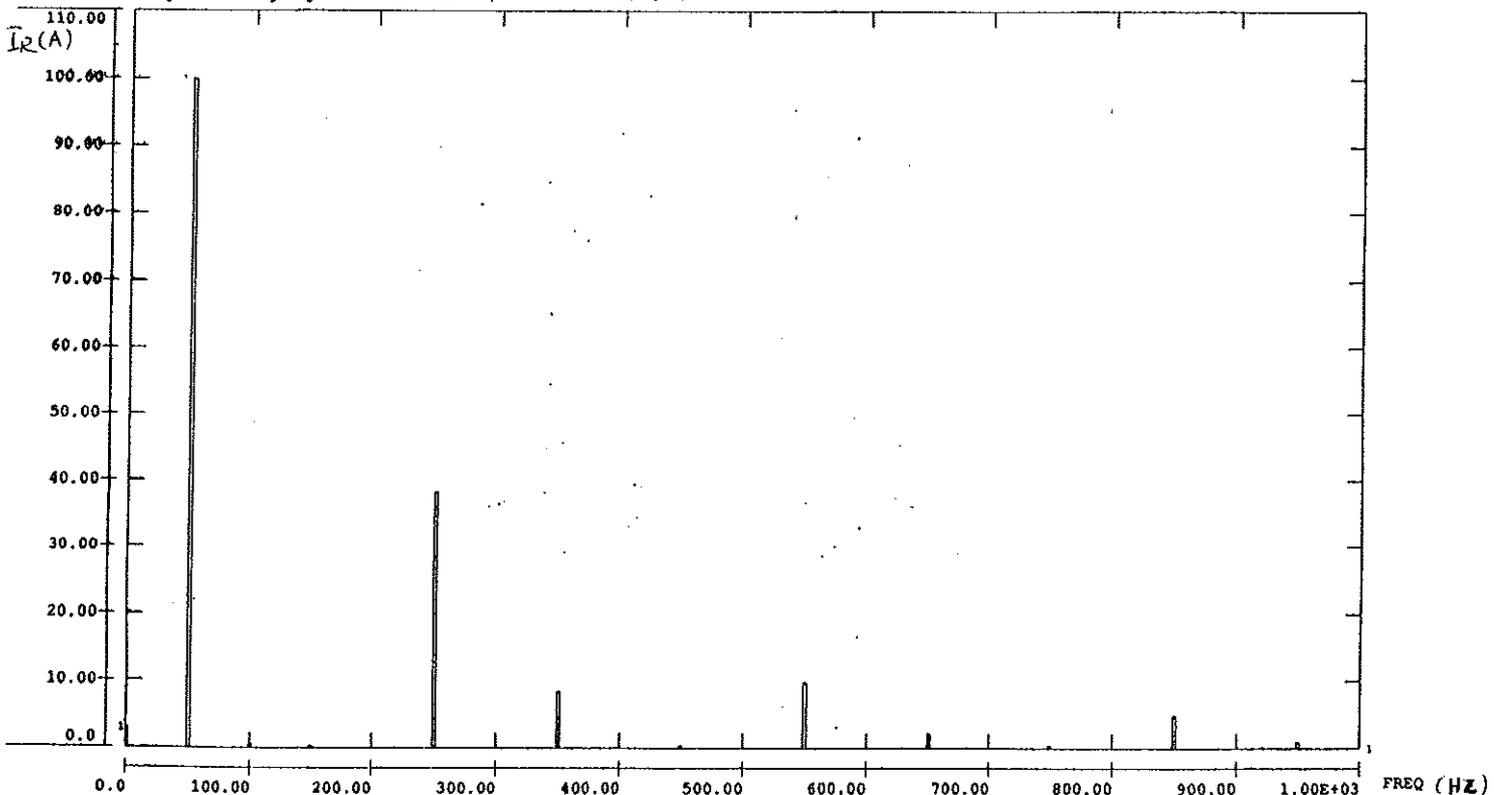


Bild 6: Amplitudenspektrum des Netzstroms  $I_R$  beim Gleichstromschweißen beim Steuerwinkel  $\alpha = 60^\circ$  ( ohne Filter )

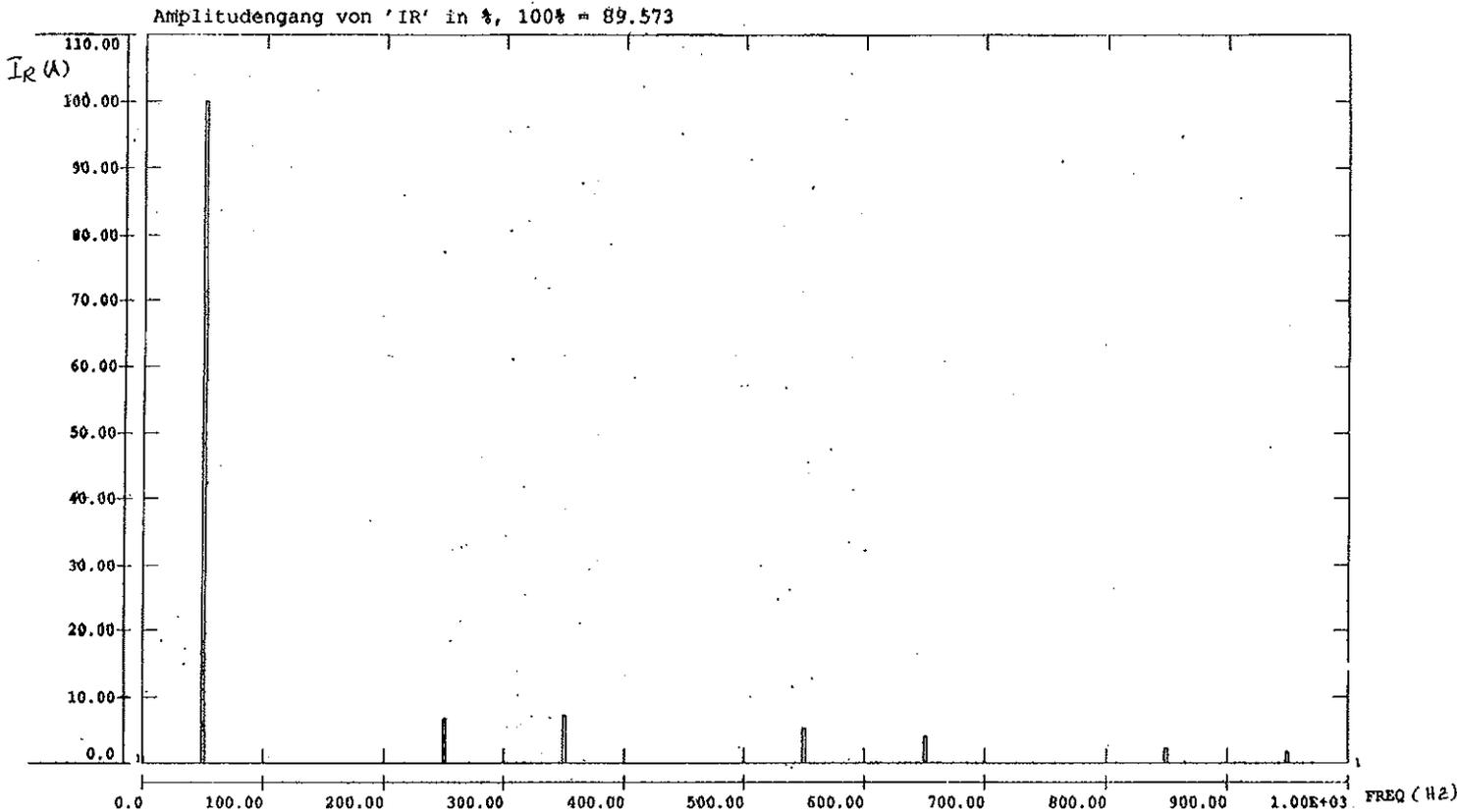


Bild 7: Amplitudenspektrum des Netzstroms  $I_R$  beim Gleichstromschweißen beim Steuerwinkel  $\alpha = 60^\circ$  ( mit Filter )

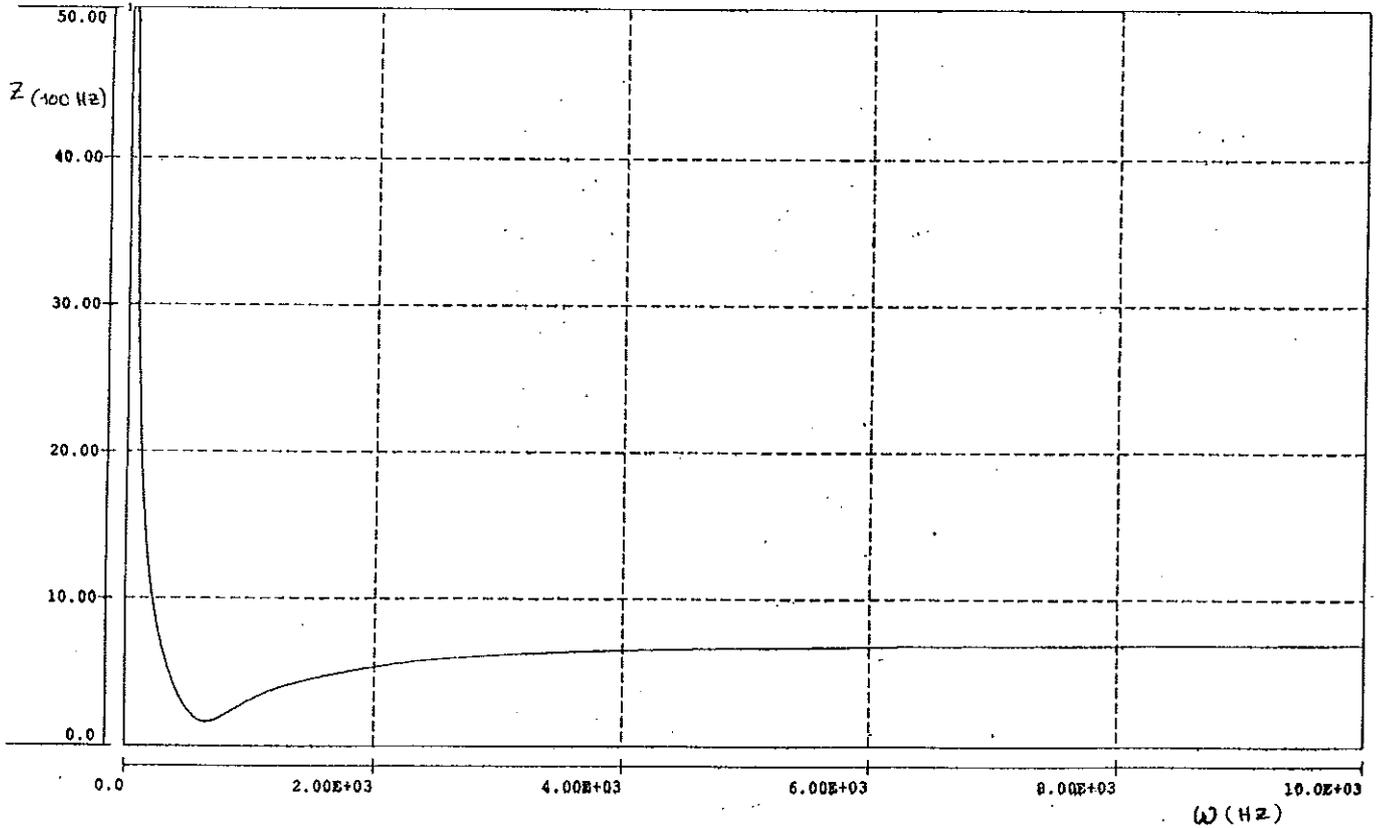


Bild 8: Resonanzkurve des Filters bei vorgegebener Resonanzfrequenz  $f_r = 100$  Hz

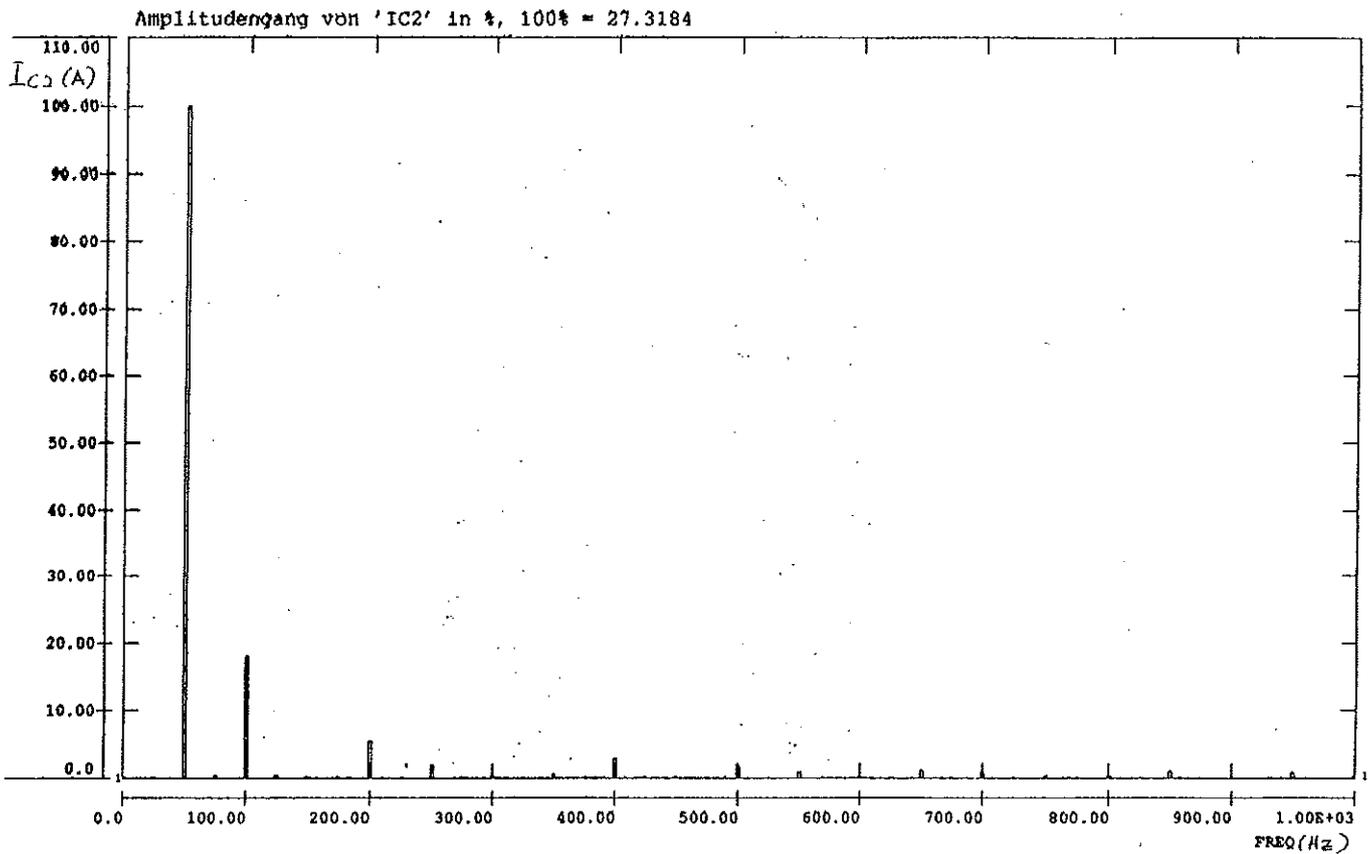


Bild 9: Amplitudenspektrum des Stroms  $I_{C2}$  durch den Filter mit der Resonanzfrequenz  $f_R = 100 \text{ Hz}$

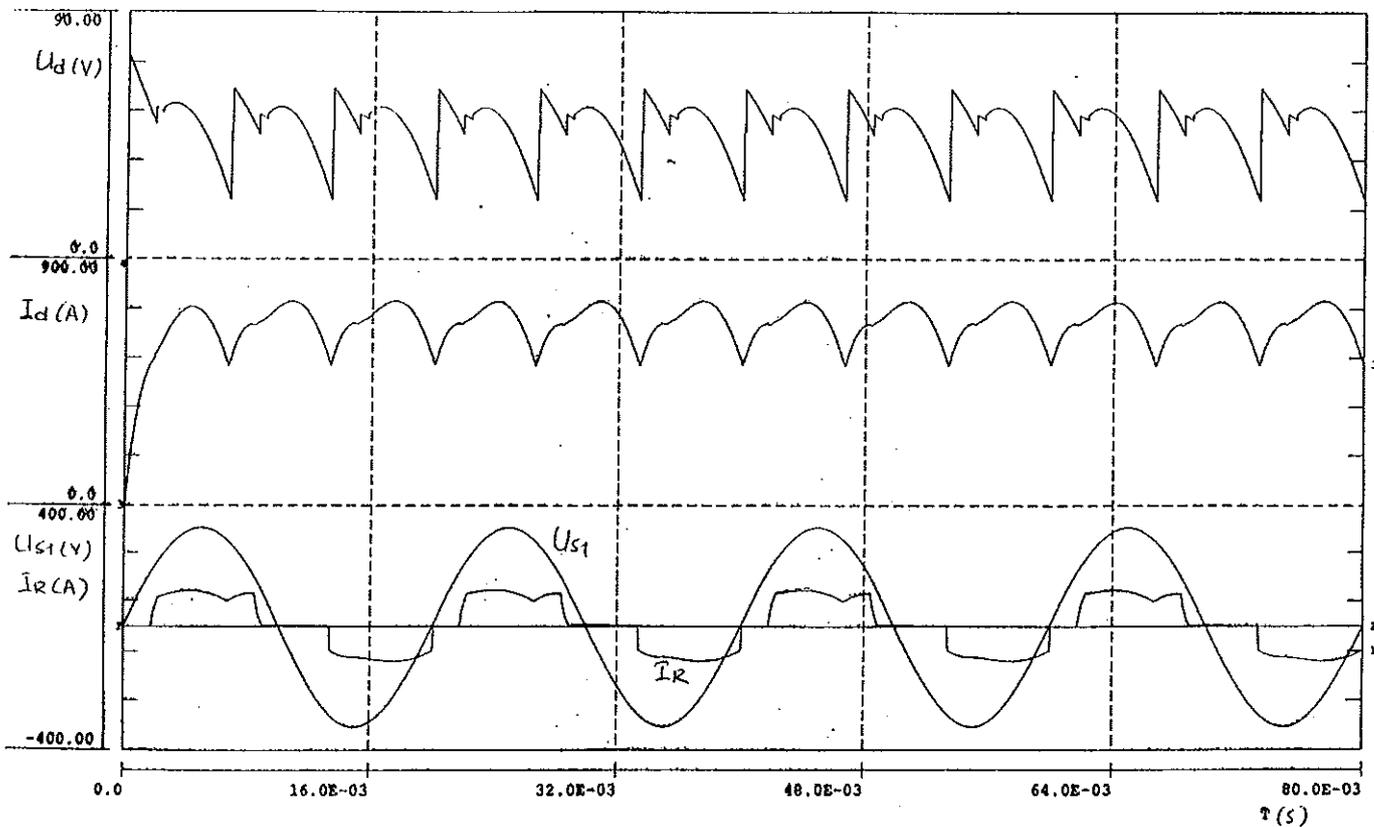


Bild 10: Strom- und Spannungsverlauf beim Impulslichtbogenschweißen ( Impulsfrequenz  $f_p = 150 \text{ Hz}$ , Impulsdauer  $t_T = 3,3 \text{ ms}$  ) ( ohne Filter )

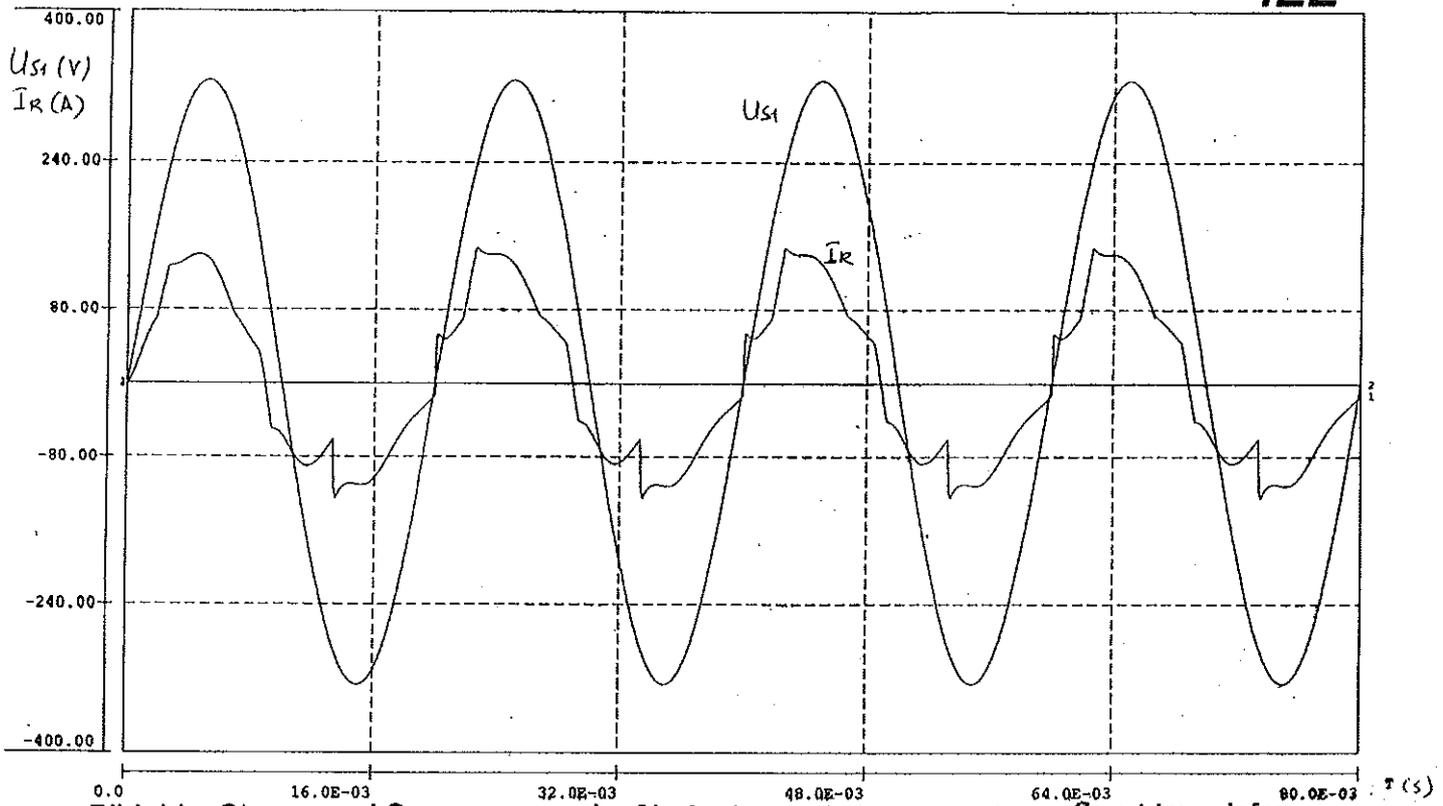


Bild 11: Strom- und Spannungsverlauf beim Impulslichtbogenschweißen ( Impulsfrequenz  $f_p = 150$  Hz, Impulsdauer  $f_T = 3,3$  ms ) ( mit Filter )

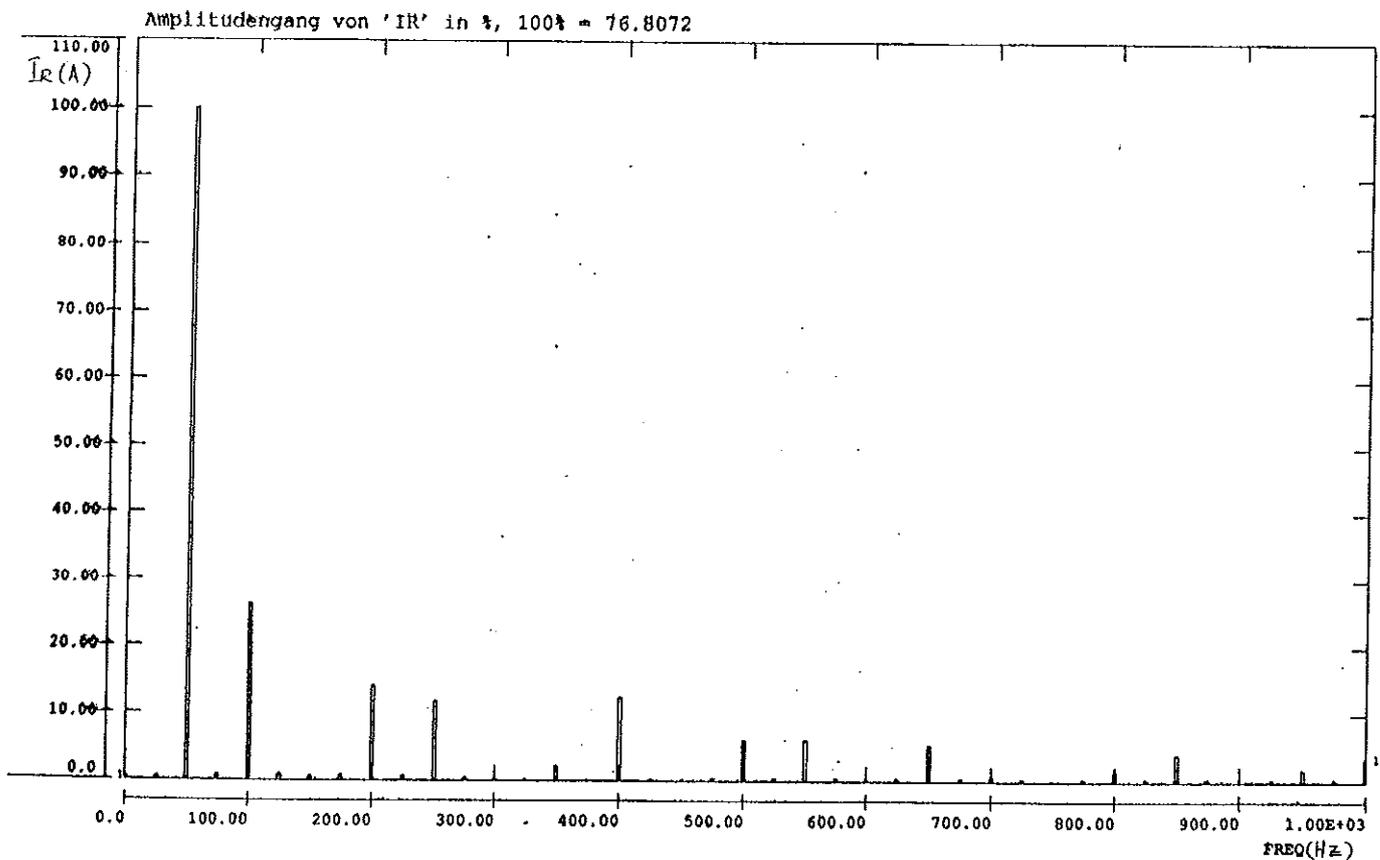


Bild 12: Amplitudenspektrum des Netzstroms  $I_R$  beim Impulslichtbogenschweißen beim ( Impulsfrequenz  $f_p = 150$  Hz, Impulsdauer  $f_T = 3,3$  ms ) ( ohne Filter )

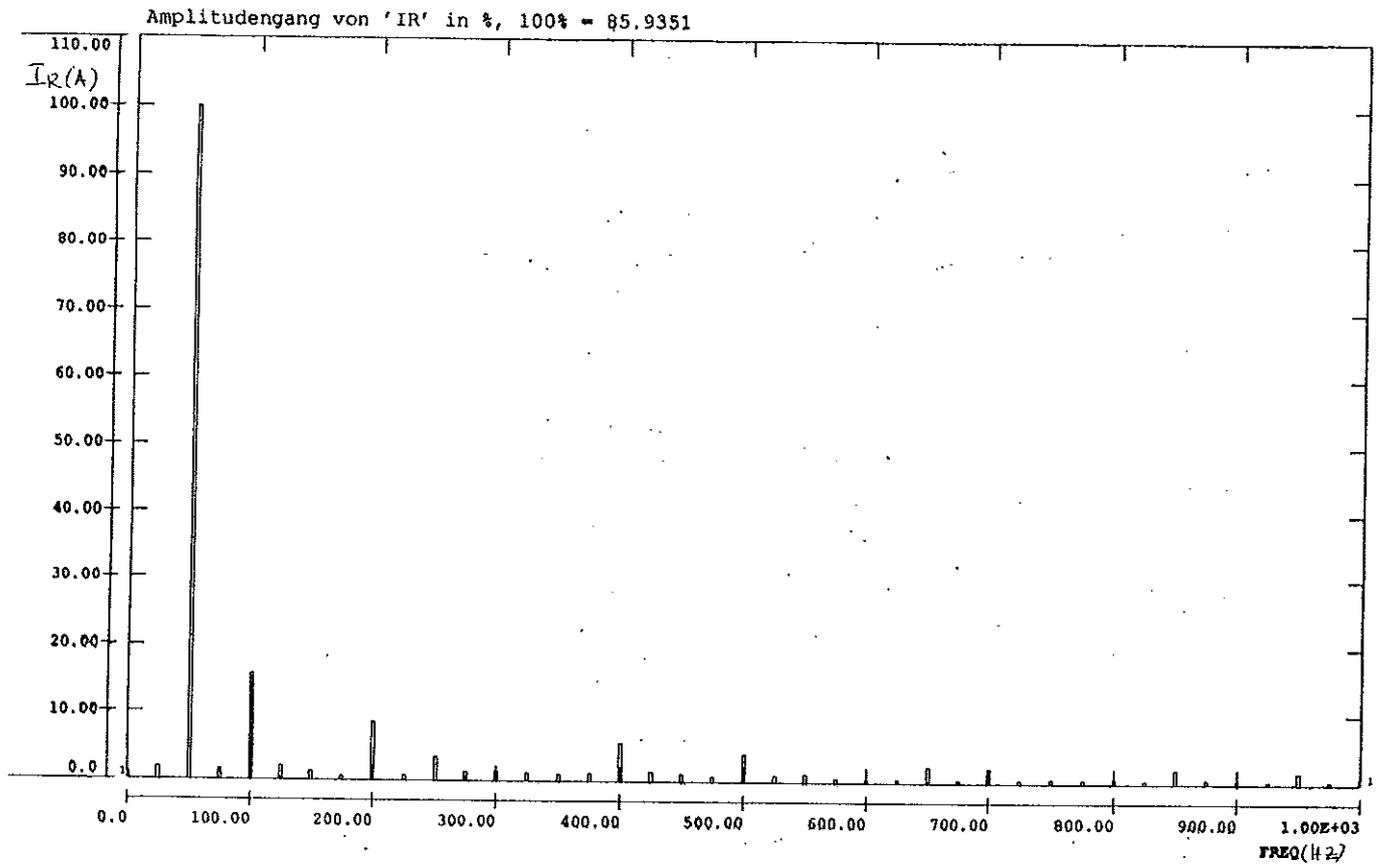


Bild 13: Amplitudenspektrum des Netzstroms  $I_R$  beim Impulslichtbogenschweißen beim ( Impulsfrequenz  $f_p = 150$  Hz, Impulsdauer  $f_T = 3,3$  ms )( mit Filter )

**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 Komponenten.

**Ziel:** Aktive Schwingungsbedämpfung in den Antriebssträngen und damit Minimierung der Lastkollektive mit Hilfe von Neuro-Fuzzy.

**Arbeitsschritte:**

- Umrüsten eines vorhandenen Prüfstandes von Gleichstrom auf Drehstrom. Hierbei Inbetriebnahme und Programmierung eines Prototypumrichters. Implementierung einer feldorientierten Regelung mit eingepprägten Ständerspannungen für die Asynchronmaschine.
- Realisierung eines Online-Diagnosesystems zur Bewertung der aktiven Schwingungsbedämpfung als Gütekriterium für den adaptiven Fuzzy-Regler am Prüfstand.
- Realisierung und Vergleich verschiedener Neuro-Fuzzy-Algorithmen ("Back Propagation"-Netz, Genetischer Algorithmus).
- Parallel zur Realisierung am Prüfstand, Simulation des elektromechanischen Antriebssystems mit Hilfe der Simulationssoftware MatrixX.

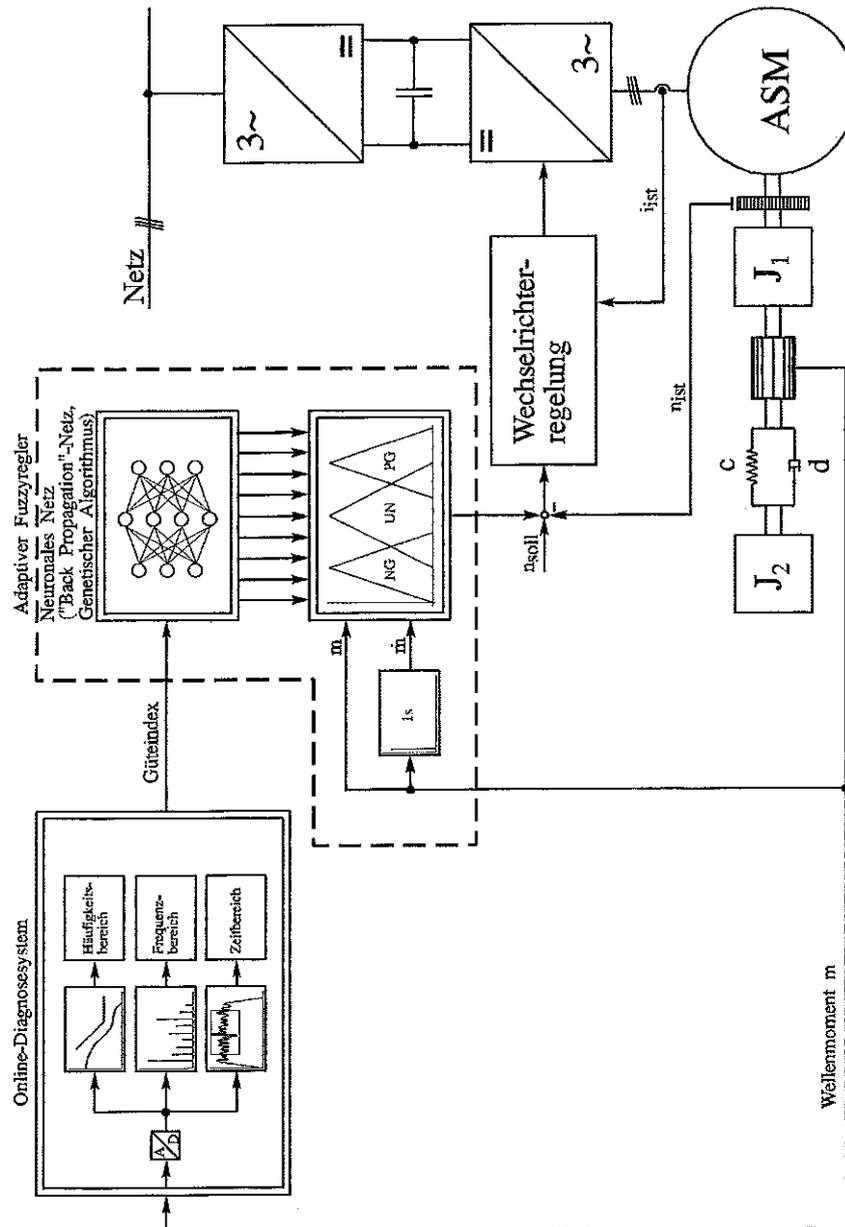
**Stand der Untersuchung und laufende Arbeiten:** Inbetriebnahme und Optimierung des Drehstromumrichters am Prüfstand.

Studienarbeit zu dieser Teilaufgabe:

Dokumentation und Inbetriebnahme der feldorientierten Regelung einer Asynchronmaschine am Prüfstand. Zusätzlich Entwurf und Realisierung einer Entkopplung der Ständerspannungen, sowie Implementierung eines Flußreglers. (Schlüter, voraussichtlich abgeschlossen 2/97)

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

**Projekt: Fuzzy-Antriebsschutzregler**



**Abbildung 1:** Konzept zur Realisierung eines adaptiven Fuzzy-Reglers auf Basis neuronaler Netze.

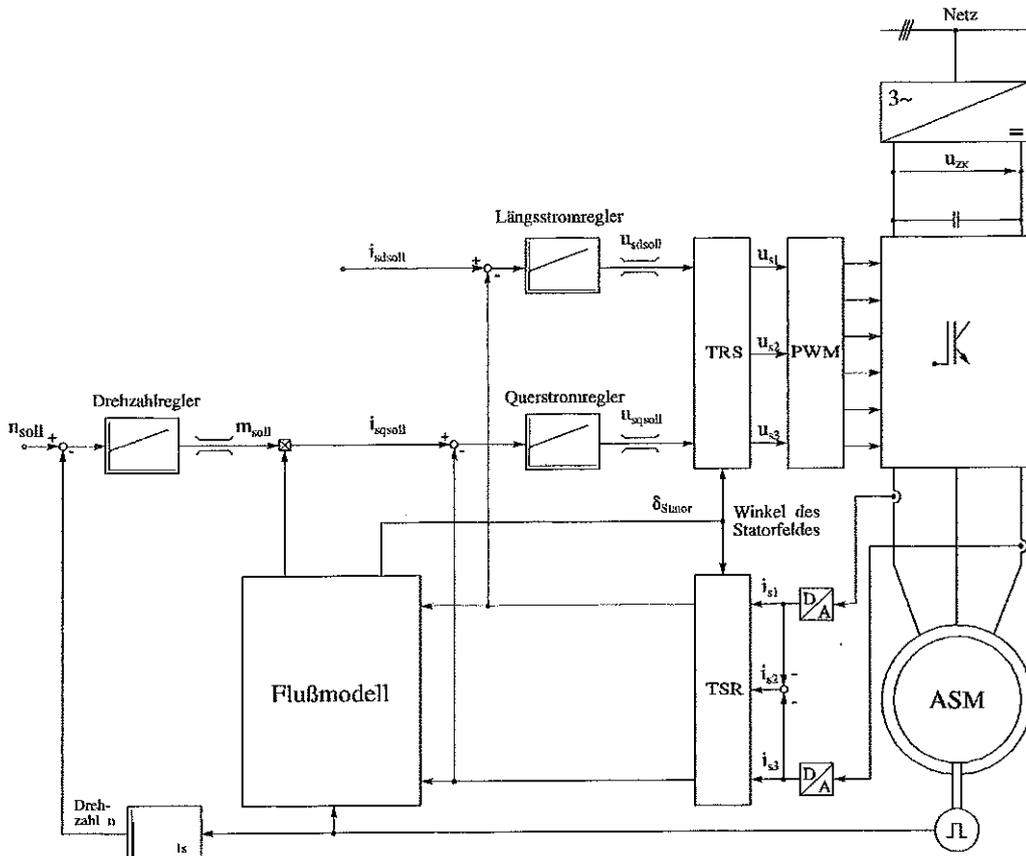


Abbildung 2: Feldorientierte Regelung der ASM mit eingepägten Ständerspannungen im Grunddrehzahlbereich

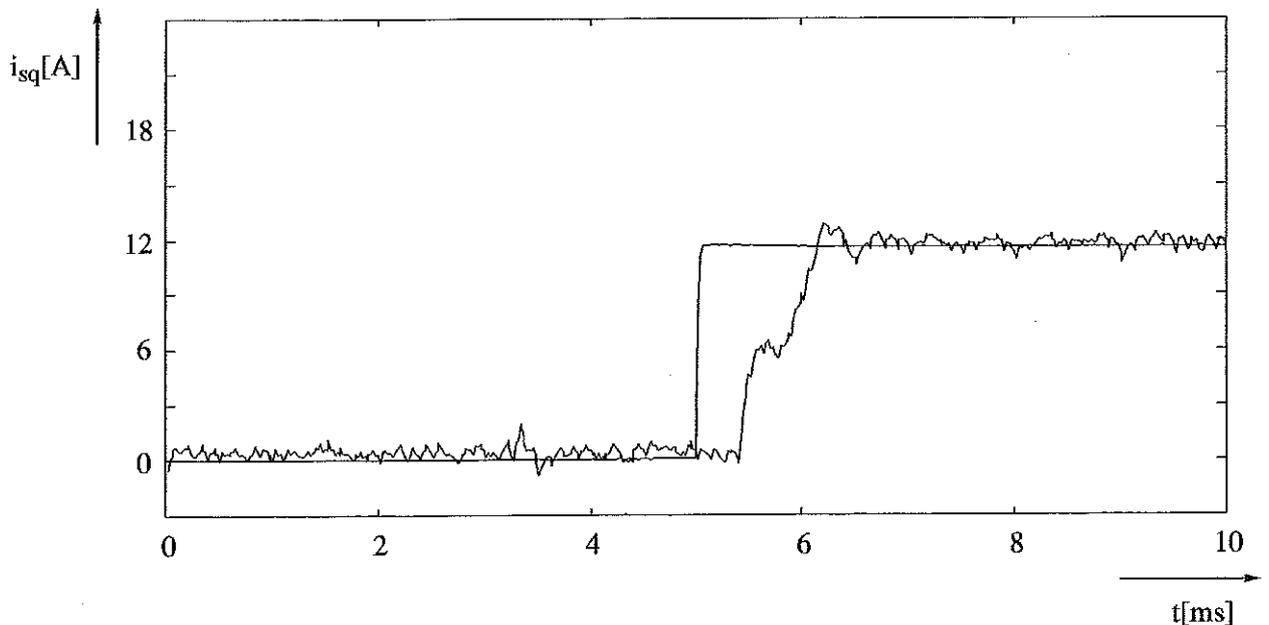


Abbildung 3: Sprungantwort des momentenbildenden Querstromes bei analoger Sollwertvorgabe



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

**Probleme:** Die Notwendigkeit zur Optimierung des Gasbezugs ergibt sich einerseits aus den von der Übertragungsleistung abhängigen Investitionskosten, andererseits aus der Zusammensetzung heutiger Erdgasbezugsverträge aus einem arbeits- und einem leistungsabhängigen Anteil. Als Konsequenz folgt für Versorgungsunternehmen die Forderung nach einem möglichst gleichmäßigen Gasbezug vom Vorlieferanten. Dieser Forderung wird vom Versorgungsunternehmen durch unterschiedliche Spitzendeckungsmaßnahmen (Speicher, Abschaltkunden) Rechnung getragen.

Der Einsatz von Echtzeit-Simulationssystemen zur Führung und Überwachung von Gasnetzen ist heute bei Versorgungsunternehmen der Ferngasebene Stand der Technik. Die Simulationsfunktion ist teilweise sogar in das Prozeßleitsysteme integriert. Der Einsatzbereich der Simulation reicht bis hin zur eichamtlich zugelassenen Gasbeschaffheitsverfolgung und Wärmemengenberechnung.

Auf der reinen Gasverteilenebene mit weitverzweigter Gasnetztopologie (d.h. Versorgung bis zum Hausanschluß) ist bisher kein Fall bekannt, in dem eine Echtzeit-Gasnetzsimulation zum Einsatz kommt.

Das vorliegende Verteilnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH (GVT) zeichnet sich, teils in der Eigenschaft „Verteilnetz“, teils auch historisch begründet, durch eine ausgesprochen ungünstige Meßsituation aus (d.h. nur ein geringer Prozentsatz der abgegebenen Gasmenge wird prozeßbegleitend meßtechnisch erfaßt; gleiches gilt für Drücke).

Damit stehen nur unvollständige und aufgrund von immer vorhandenen Meßfehlern nichtkonsistente Prozeßdaten (im Wesentlichen Drücke und Flüsse) zur Verfügung. Ein konsistenter, den Prozeß-Istzustand möglichst genau beschreibender Datensatz ist jedoch Grundvoraussetzung für eine Bezugsoptimierung und Prognose des zu erwartenden Gasabsatzes.

**Lösungsweg:**

- Vorstudie: Erprobung des verwendeten Simulationssystems GANESI
- Sensitivitätsanalyse des vorliegenden Netzes beginnend mit repräsentativem Teilnetzen; Erarbeitung eines geeigneten Modells für die Gasnetzsimulation und -beobachtung.
- Untersuchungen zur Verbesserung und Erweiterung der vorhande-

nen Meßinfrastruktur.

- Einsatz eines Zustandsbeobachters zur Schätzung der nicht gemessenen Zustandsgrößen und Abgabemengen.
- Untersuchungen zur Genauigkeit der geschätzten Größen.
- Einsatz eines kommerziell erhältlichen Moduls zur Kurzfristoptimierung (< 48 h).
- Integration eines vorhandenen Untergrundspeichers.

**Stand der Untersuchungen:**

- Sensitivitätsuntersuchungen des vorliegenden komplexen Netzes im Hinblick auf Erstellung eines reduzierten, jedoch hinreichend aussagefähigen Simulationsmodells.
- Überlegungen zur Eignung eines Zustandbeobachters zur Lösung der Meßproblematik.

**Dokumentation:**

- „Anforderungskatalog für die GVT-Gasnetzsimulation und gutachterliche Stellungnahme zu handelsüblichen Softwaresystemen“, April 1996
- Vortrag „Gasnetzsimulation mit dem Programmsystem GANESI“ auf „Seminar Technik“ der GVT, Oktober 1996
- Vortrag „Bezugsoptimierung mit dem Programmsystem GANESI“ bei GVT, Oktober 1996

**Bearbeiter:**

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

Dieses Forschungsvorhaben wird in enger Zusammenarbeit mit einem regionalen Gasversorgungsunternehmen (Gasversorgung Thüringen GmbH, Erfurt (GVT)) durchgeführt.

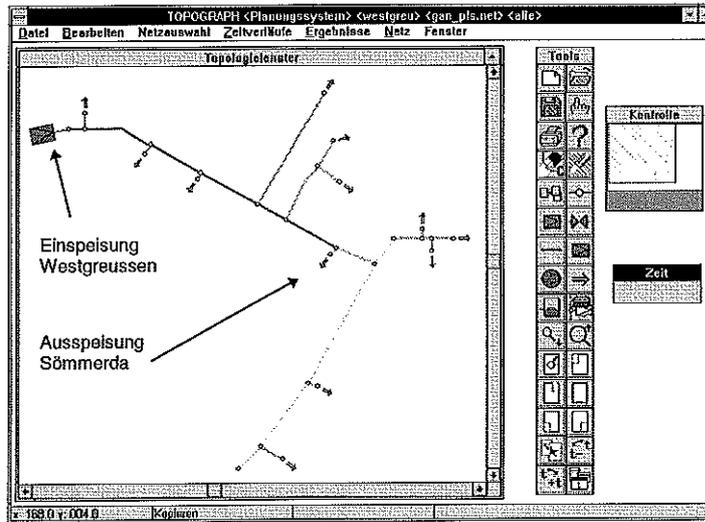


Abb. 1: Modellgenerierung mit dem Simulationssystem On-Line-GANESI

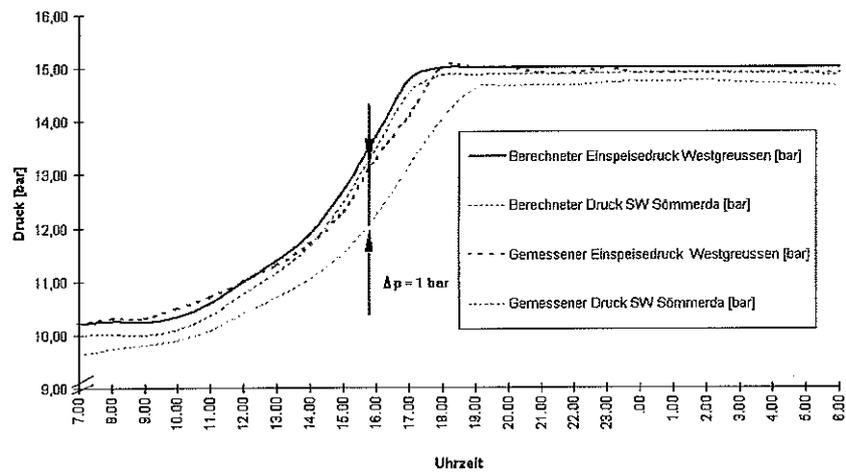


Abb. 2: Gegenüberstellung gemessener und berechneter Drücke

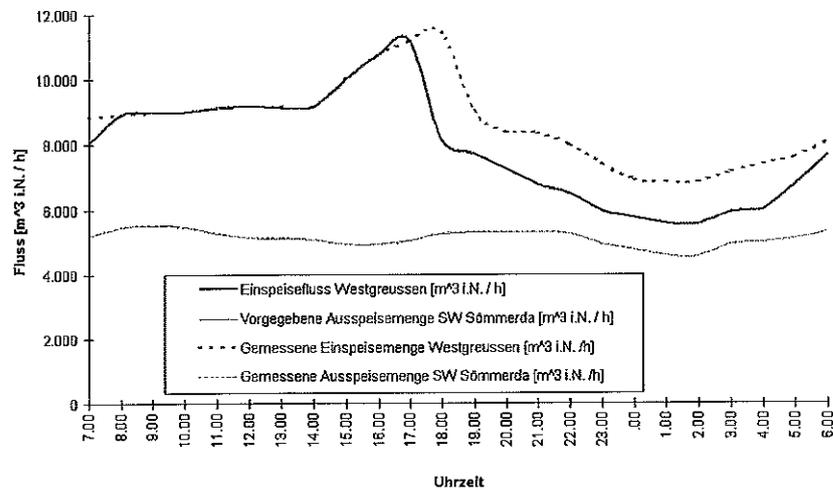


Abb. 3: Gegenüberstellung gemessener und berechneter Flüsse





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

**Lösungsweg:** siehe Jahresbericht 1994

**Prüfstand:** - Pulswechselrichter (PWR) zur Netzführung im Testbetrieb  
(3. Bauabschnitt AMOEVES)

**Stand der**

**Untersuchungen:** - Entwurf und Teilrealisierung einer digitalen Regelung zur Netzstützung über Raumzeigergrößen für einen autonomen Inselnetzbetrieb mit Hilfe eines GTO-PWR

Zu dieser Projekt durchgeführte Studien- und Diplomarbeiten:

- 1) Entwurf und Realisierung einer digitalen Meßwertverarbeitung mit Mikroprozessorkern für eine batteriegespeiste Netzstützeinrichtung  
(Martin Lürer, voraussichtlich abgeschlossen 4/97)
- 2) Entwurf und Realisierung einer digitalen Meßwertverarbeitung mit Signalprozessorkern zur Transformation von Drehstromnetzgrößen in ihre Raumzeigerdarstellung  
(Klaus Hoeck, abgeschlossen 5/96)
- 3) Entwurf und Realisierung einer digitalen Einrichtung zur Meßwerterfassung und Analyse für Drehstromsysteme  
(Daniel Mitidis, voraussichtlich abgeschlossen 3/97)
- 4) Lastparameterschätzung eines Energieversorgungsteilnetzes  
(Stefan Enk, abgeschlossen 4/96)
- 5) Entwurf und Realisierung einer digitalen Regelung zur Stützung eines schwachen Energieversorgungsnetzes  
(Tobias Böning, voraussichtlich abgeschlossen 6/97)

---

**Projekt:** **AMOEVES** (Autonome Modulare Energieversorgungssysteme)

**Teilprojekt:** Aufbau einer batteriegespeisten Netzstützeinrichtung



### Projektarbeiten

#### **Windenergie**

- Betreuung einer Projektarbeit zur "Konzipierung einer Kleinstwindkraftanlage für die Energiebereitstellung entlegener Verbraucher"

#### Innerhalb dieser Projektarbeit betreute Studienarbeiten:

- 1) Konzipierung des mechanisch-elektrischen Energiewandlersystems der Windkraftanlage  
(Bernhard Brauns, abgeschlossen 11/96)
- 2) Auslegung eines Kurzzeitbatteriespeichersystems für das Anlagenkonzept  
(Martin Lüer, abgeschlossen 11/96)

#### **Photovoltaik**

- Betreuung einer Projektarbeit zur "Konzipierung und Realisierung einer Netzanbindung (**Bild** Prüfstandsaufbau) mit selbstgeführtem Umrichter für die institutseigene PV-Anlage"  
(siehe Jahresbericht 1995)

#### Innerhalb dieser Projektarbeit betreute Studienarbeiten:

- 1) Erstellung eines Anlagenkonzeptes und Auslegung  
(Tobias Böning, abgeschlossen 12/96)
- 2) Entwurf und Realisierung der Leistungsregelung  
(Jens Petersen, abgeschlossen 12/96)
- 3) Entwurf und Realisierung einer Betriebsführung  
(Marko Schröder, abgeschlossen 12/96)

---

**Projekt:** Betreuung von Projektarbeiten

**Teilprojekte:** Windenergiekonverter und Photovoltaikanlagen



### Weitere Aktivitäten - Modernisierung des Energieelektroniklabors

#### Studienarbeiten auf diesem Themengebiet:

- 1) Entwurf und Realisierung einer universellen Impulsformer- und Verstärkerstufe für Transistorschalter in der Energieelektronik  
(Matthias Wenzel, abgeschlossen 11/96)
  - 2) Entwurf des Leistungsteils eines GTO-Pulswechselrichters in "Press-Pack" Bauweise  
(Jörg Schlüter, abgeschlossen 10/96)
  - 3) Entwurf und Realisierung eines U-Umrichters mit Darlington-Transistoren  
(Volker Gärtner, voraussichtlich abgeschlossen 3/97)
- 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, voraussichtlich abgeschlossen 2/97)
  - 2) Konzeption einer Photovoltaikanlage mit Batteriezwischenspeicher für den Netzparallelbetrieb  
(Jutta Kinder, abgeschlossen 11/96)

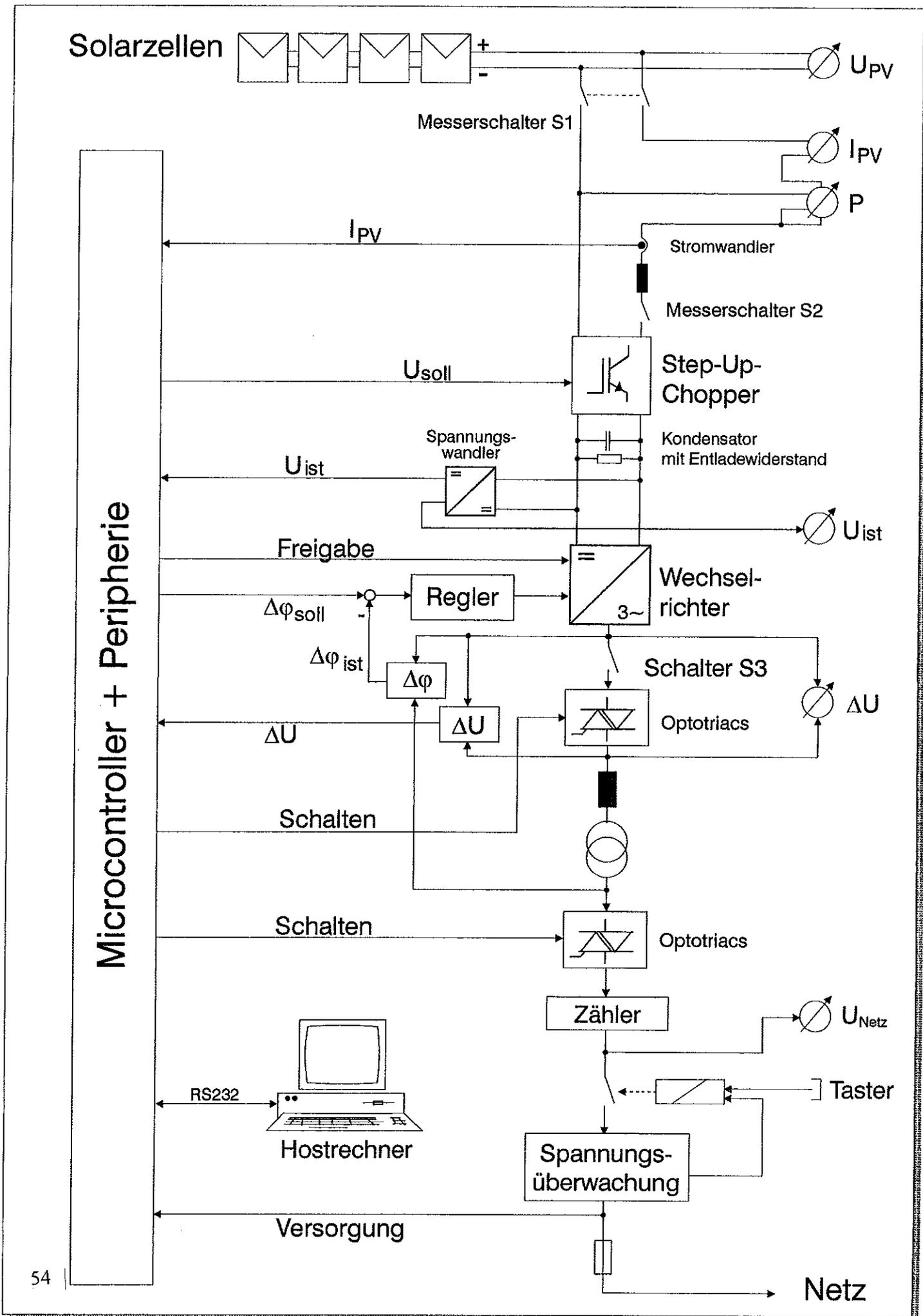
**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Jan Wenske (Tel: 72-3702)

**Datum:** 20.11.1996

---

**Projekt:** Modernisierung von Institutseinrichtungen

**Teilprojekte:** PV-Anlage, Fachpraktikum Energieelektronik





**Problem:** Ende 1995 wurde an der Fassade des Instituts für Elektrische Energietechnik eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 2,5 kW<sub>p</sub> installiert. Die Anlage gibt ihre maximale Leistung bei einer Gleichspannung von 380 V (6,5 A) ab. Für die Anbindung der Anlage an das öffentliche Netz sollte ein standardisierter Umrichter aus der Antriebstechnik eingesetzt werden.

**Ziel:** Entwicklung und Realisierung einer Netzanbindung der PV-Anlage mit einem selbstgeführten, dreiphasigen U-Umrichter  
Die Betriebsführung der PV-Anlage sollte so erfolgen, daß ein weitgehend autonomer Betrieb ermöglicht wird. Ferner sollte die Anlage mit einer intelligenten Form der Maximum Power Point (MPP)-Regelung ausgestattet werden

**Lösungsweg:** – Der Einsatz standardisierter Komponenten aus der Antriebstechnik sollte die Netzanbindung möglichst kostengünstig und technisch einfach gestalten

- Durch einen modularen Aufbau des Leistungs- und Regelungsteils sollte das Konzept weitgehend unabhängig von der Größe und den technischen Spezifikationen der PV-Module werden
- Das Konzept sollte den derzeit gültigen technischen Vorschriften für den Anschluß von PV-Anlagen an das öffentliche Netz genügen
- Durch eine intelligente Betriebsführung auf Basis eines Mikrocomputers soll ein autonomer Betrieb und ein echtes MPP-Tracking der Anlage erreicht werden

**Dokumentation:** Böning, T. , Petersen, J. , Schröder, M.  
Netzanbindung einer PV-Anlage  
Projektarbeit  
IEE, Clausthal 1996

**Projektleiter:** Dipl.-Ing. J. Wenske (Tel.: 05323/72-3702)

Datum: Dezember 04, 1996

---

**Projekt:** Netzanbindung einer Photovoltaik-Anlage  
**Gruppe:** Regenerative Elektrische Energietechnik (REET)



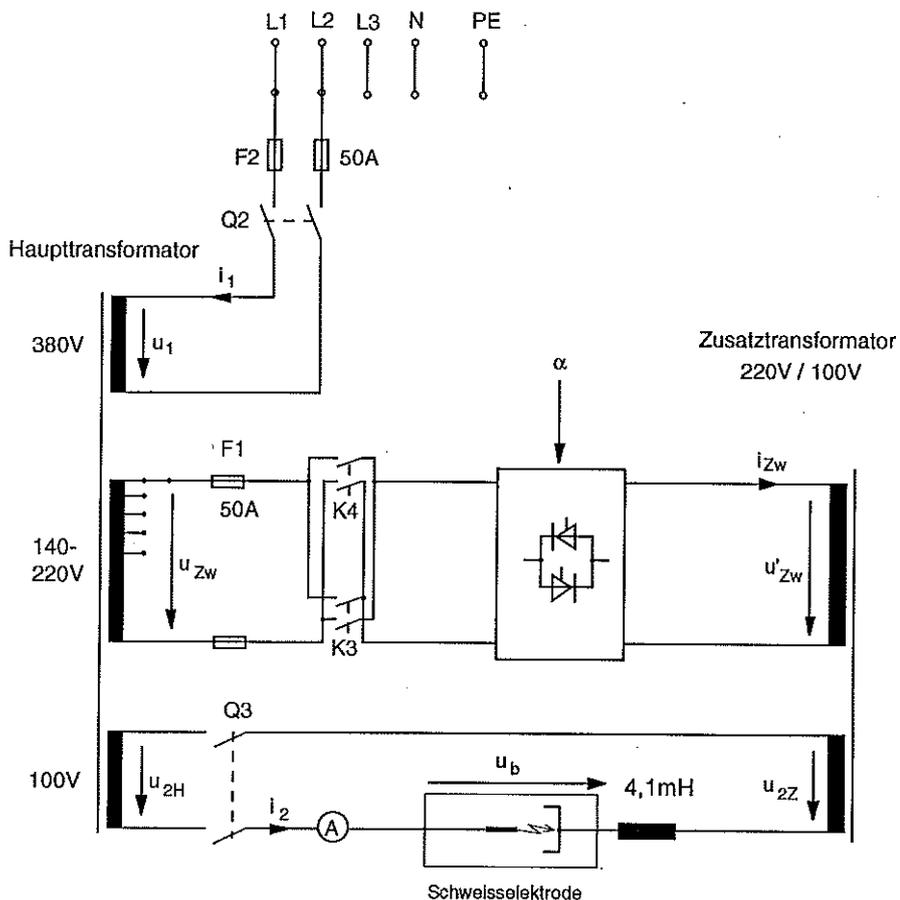


- 
- Problem:** Drehstrom-Lichtbogenöfen verursachen durch Aufnahme unsymmetrischer schnell veränderlicher Blindströme häufig unerwünscht große Netzurückwirkungen im Drehstromnetz.
- Ziel:**
- Reduzierung der Netzurückwirkungen von Drehstrom-Lichtbogenöfen
  - Einsparung der thyristorgesteuerten Drosselspulen der Kompensationsanlage
- 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 (Bild 1). Phasenschnittsteuerung durch einen Wechselstromsteller. Nachbildung einer Phase des Lichtbogenofens durch eine Drosselspule und eine Schweißelektrode mit Lichtbogen (Bild 2)
- Stand der Untersuchungen:**
- Ermittlung des Betriebsverhaltens der einphasigen Thyristorspeisung durch Messung am Prüfstand und Simulation in SABER. Stabilitätsuntersuchung der Anordnung als Regelstrecke und Reglerentwurf in SABER
- Dokumentation:**
- Technische Notizen des *IEE* (Verfasser: A. Wolf):  
"Thyristorgespeister Wechselstromlichtbogen; Simulation und Messung im Vergleich" (in Vorbereitung)  
"Der thyristorgespeiste Wechselstromlichtbogen als Regelstrecke für einen PI-Regler" (in Vorbereitung)
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Albrecht Wolf (Tel: 72-2939)

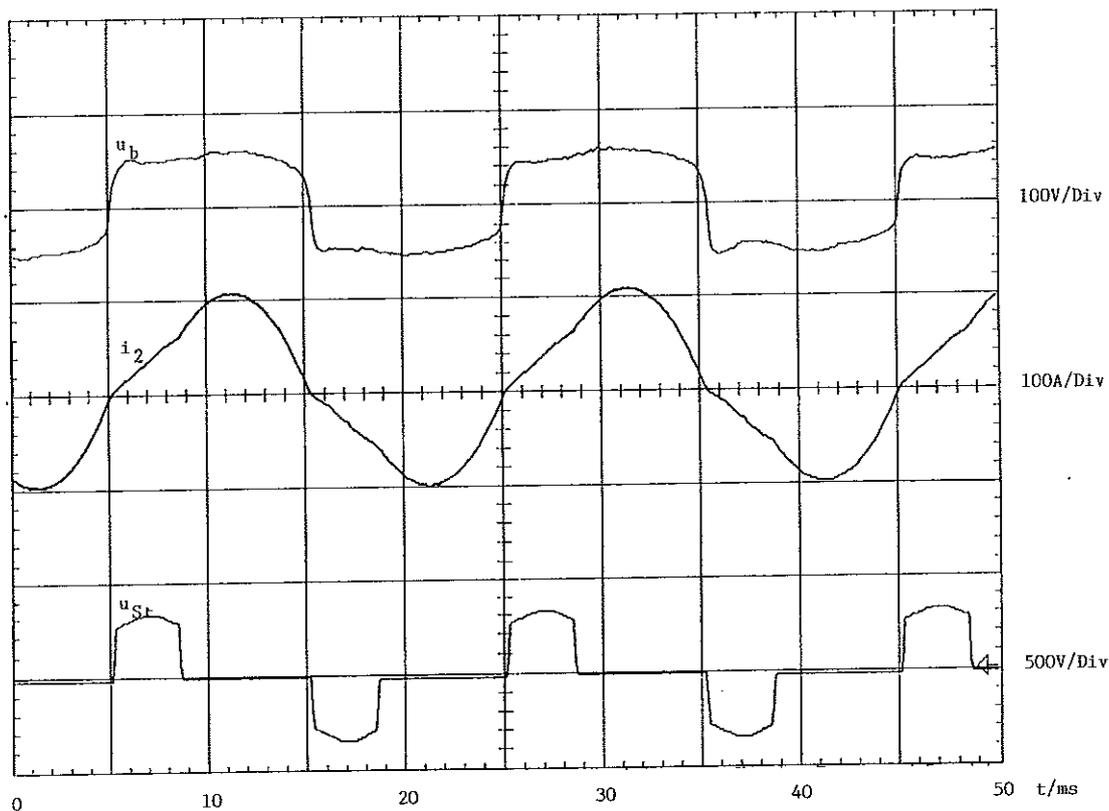
**Datum:** 25.11.1996

---

**Projekt:** Stromrichtergespeister Lichtbogenofen



**Bild 1:** Versuchsanordnung zur Erprobung der einphasigen Thyristorspeisung eines Wechselstromlichtbogens



**Bild 2:** Messung von Lichtbogenspannung  $u_b$ , Laststrom  $i_2$  und der Spannung  $u_{St}$  über dem Thyristorsteller bei ca. 2 cm Lichtbogenlänge und einem Steuerwinkel von  $\alpha = 90^\circ$



---

**Problem:** Durch mechanische Beanspruchungen in den elektromechanischen Antriebssystemen werden die Lebensdauer und Verfügbarkeit der Maschinenanlage beeinträchtigt.

**Ziel:** Reduzierung der lastbedingten Torsionsschwingungen im Antriebsstrang eines schwingungsfähigen Massensystems durch wellenmomentabhängige Steuerung des Schlupfes.

**Lösungsweg:**

- Entwicklung eines Regelungskonzeptes
- Simulationstechnische Untersuchung des Regelungskonzeptes
- Erweiterung des Prüfstands (Zwei-Massen-Schwinger mit ASSM als elektrischem Antrieb) durch:
  - Integration einer B6-Brückenschaltung im Läuferkreis
  - Parallelschaltung eines zusätzlichen Läuferwiderstands und eines GTO (IGBT)
  - Realisierung eines Steuerimpulsgenerator für GTO (IGBT)
- Erprobung des entwickelten Konzeptes am Prüfstand (Abb.1).

**Stand der**

**Untersuchungen:**

- Simulation des Antriebsstrangs an der Workstation (Abb.2a,2b)
- Nachbildung des dynamischen Verhaltens des Zwei-Massen-Schwingers
- Entwicklung einer Lasteingangsfunktion entsprechenden Programms in der NETASIM-Sprache.

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. A.Tulbure (Tel. 72-2593)

Datum: 04.12.1996

---

**Projekt: Minimierung von Lastkollektiven im Antriebsstrang elektromechanischer Anlage**

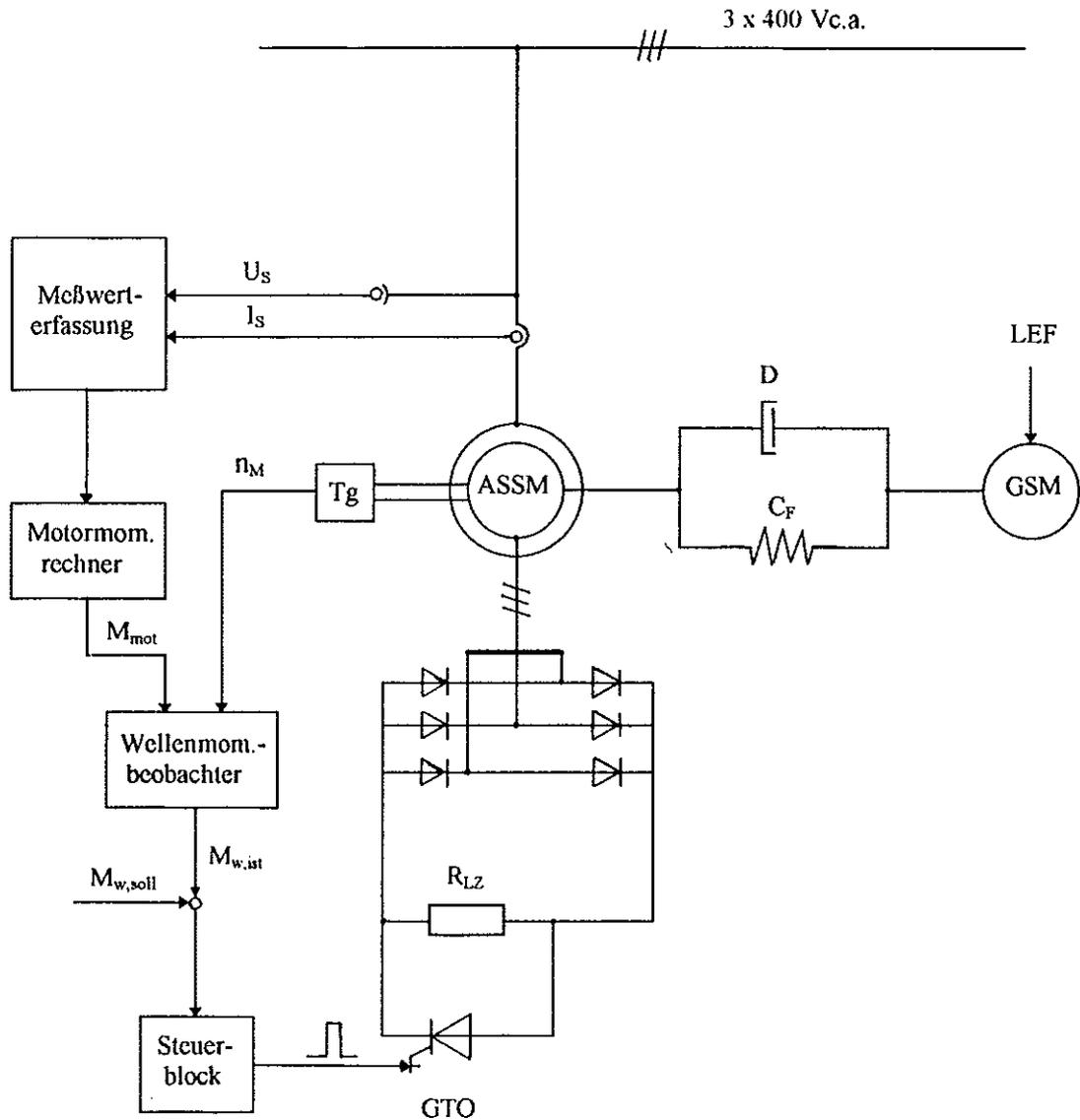


Abb.1. Schematische Darstellung des Prüfstandes



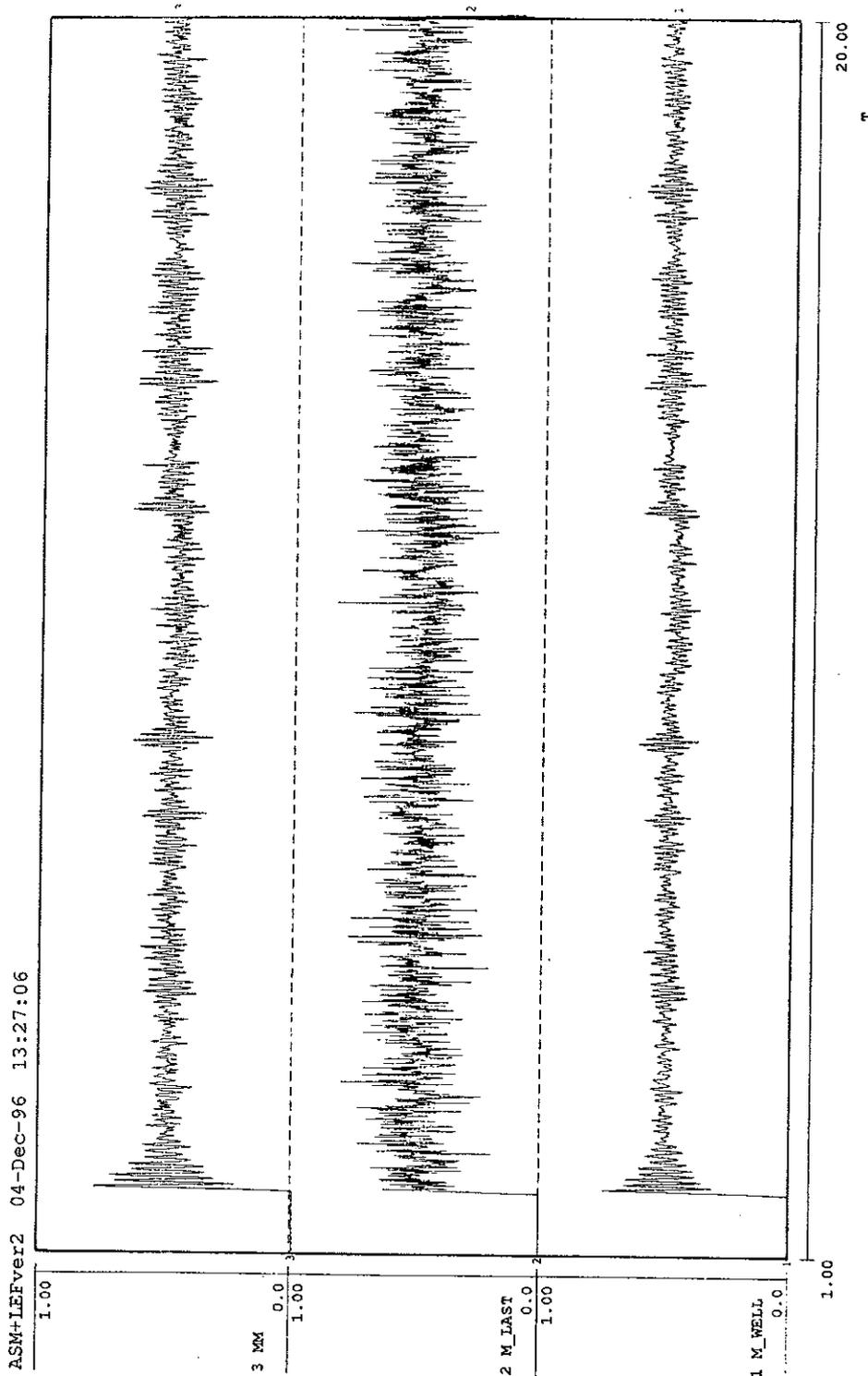


Abb.2b. Normiertes Wellenmoment (m\_well) und Motormoment (mm) beim Einschalten der Lasteingangsfunktion (m\_last). Simulationsergebnisse.

## **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:	Dr.-Ing. B. Jain (Praktikantenamt) 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.-phys. Ankermann (FH-Lübeck) Dipl.-Ing. Janning (IAL-Berlin)
Gastwissenschaftler:	Prof. Dr.-Ing. Sun, Fakultätsdekan Elektrotechnik Lionang University Prof. Dr. Meng, Lionang University Dipl.-Ing. Tulbure, Bukarest Dipl.-Ing. Winterling, TU Delft

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 (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. Wenzel	(Lehrgebiet Batterietechnik)
AOR Dipl.-Ing. G. Helmholz	(Lehrgebiet Theorie der Wechselströme)
Dr.-Ing. Rehkopf	(Lehrgebiet Betriebsleittechnik)
Prof. Dr.-Ing. Mühlbauer	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)
AOR Dr.-Ing. Baake	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)

#### **4.4 Wissenschaftliche Hilfskräfte**

Frau cand.-Ing. B. Heusler-Sourkounis

Frau cand.-Ing. D. Jost

Frau cand.-Ing. J. Kinder

Frau cand.-Ing. S. Schilling

Frau cand.-Ing. U. Schröter

H. cand.-Ing. R. Assenmacher

H. cand.-Ing. T. Böning

H. cand.-Ing. M. Bornitz

H. cand.-Ing. S. Enk

H. cand.-Ing. T. Freder

H. cand.-Ing. V. Gärtner

H. cand.-Ing. M. Häring

H. cand.-Ing. J. Heckmann

H. cand.-Ing. M. Heinritz

H. cand.-Ing. F. Hohlweg

H. cand.-Ing. J. Jahn

H. cand.-Ing. A. Oltmanns

H. cand.-Ing. C. Ropeter

H. cand.-Ing. A. Schell

H. cand.-Ing. R. Schwartz

H. cand.-Ing. Ch. Smolenski

H. cand.-Ing. C. Söffker

H. cand.-Ing. G. Steulmann

H. cand.-Ing. G. Wachsmuth

H. cand.-Ing. M. Wenzel

H. cand.-Ing. P. Wieland

#### 4.5 Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck	Dekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik, Mitglied des Konzilvorstandes der TUC, Leiter des Praktikantenamtes, Vorsitzender der Senatsbaukommission, Sprecher der TU Clausthal auf dem Fakultätentag Elektrotechnik, Vorstandsmitglied des Forums Clausthal (FC), Mitglied des Beirates des Deutschen Gewerkschaftsbundes (DGB) neue Studienkonzepte Mitglied des Informationstechnischen Zentrums (ITZ) Mitglied der Jury beim Eta-Wettbewerb Mitglied der Jury bei „Jugend forscht“ 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.Ing. M. Goslar	stellv. Mitglied im Prüfungsausschuß des FB MVT für den Studiengang Maschinenbau
Herr W. Hansmann	Institutsratsmitglied, stellv. Vorsitzender im Personalrat, Mitglied des Arbeitsausschusses der TU, Gefahrstoffbeauftragter
Herr H. Kirchner	Ersatzmitglied im Personalrat, Brandschutzbeauftragter
Herr R. Koschnik	Ausbilder, Sicherheitsbeauftragter

## 5 Anlagen

- Anlage 1 Studienführer „Energiesystemtechnik“ (Auszugsweise)
- Anlage 2 Projektarbeit „Windkraftanlage für Einzelverbraucher“
- Anlage 3 Photovoltaik-Anlage des IEE (Zeitungsbericht)
- Anlage 4 First Experimental Results of the new mechatronic Traction Control
- Anlage 5 Traction Drive Control with State Controller and Kalman Filter - First Experimental Results
- Anlage 6 Optimizing the Control of High-Powered Electric Drives
- Anlage 7 Life Time Extension of Grinding Mill Power Train Components by applied Fuzzy-Control
- Anlage 8 Programm der Exkursion zu den Vorlesungen „Geschichte der Energietechnik II“ und „Elektrizitätswirtschaft“
- Anlage 9 Programm der Berlin-Exkursion des IEE
- Anlage 10 Leistungskatalog des IEE
- Anlage 11 VDE-Technologie-Ausstellung
- Anlage 12 Schaubilder „Verschleißmindernde Kraftschlußregelung“, „Bahnprüfstand zum Echtzeittest von Antriebssteuergeräten“, „Lastkollektivminimierte Bahnantriebe“
- Anlage 13 Seminar „Aktuelle Fragen der Energiesystemtechnik“
- Anlage 14 Gemeinschaftsseminar mit dem Themenkomplex „Neue Technologien im Straßenverkehr“
- Anlage 15 Forum Clausthal: Programm zur Seminarveranstaltung „Was müssen Ingenieure der Zukunft können?“
- Anlage 16 Kolloquium des Sonderforschungsbereichs 180
- Anlage 17 Forum Clausthal: Einladung zur Seminarveranstaltung „Zukünftige Verkehrskonzepte“
- Anlage 18 1. Kolloquium zur Erdgasversorgungstechnik
- Anlage 19a Institutsausstattung des IEE; Personal, Geräte, Gebäude
- 19b Mittel für studentische Hilfskräfte,
- 19c Rechnerausstattung

## Studienführer

# Energiesystemtechnik

Stand: SS 96

Technische Universität Clausthal  
 Fachbereich Maschinen und Verfahrenstechnik  
 Zentrale Studienberatung

### Vorwort

Der Maschinenbau - früher das in sich abgeschlossene Fachgebiet einer reinen Maschinenlehre - hat sich im Laufe unseres Jahrhunderts zu einer Ingenieurwissenschaft entwickelt, die in vielen Anwendungsbereichen eng mit anderen Disziplinen zusammenarbeitet. Mit der zunehmenden Komplexität von Aufgabenstellungen in den Berufsfeldern sind neben den technisch-naturwissenschaftlichen Qualifikationen auch Kenntnisse aus dem Umwelt- und Energiebereich sowie den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften erforderlich. Dieser Erweiterung auf der theoretisch-wissenschaftlichen Ebene entspricht die Differenzierung und Ausdehnung des Maschinenbaus auf der Anwendungsebene. Die klassische Anlagenorientierung wird durch die systemorientierte Arbeitsweise ergänzt und Grenzen zu anderen Berufsfeldern - insbesondere zur Elektrotechnik - werden fließend. Mit dem neuen Studiengang Energiesystemtechnik soll die Lücke geschlossen werden, die bisher zwischen der Rohstoff- und der Energiegewinnung und der industriellen Energienutzung bestand, und zwar die öffentliche „Energieversorgung“, die in Zukunft wesentlich durch eine Energiesystemtechnik gekennzeichnet sein wird. Der Studiengang Energiesystemtechnik geht aus der Studienrichtung Energietechnik/Energiesysteme des Maschinenbaus hervor, wobei die bestehenden Lehrveranstaltungen genutzt und durch weitere fachübergreifende Fächer ergänzt werden. Der Energiesystemingenieur erhält eine breite Ausbildung von der Rohstoffgewinnung bis hin zur industriellen und kommunalen Versorgung bzw. Nutzung unter Einbeziehung der regenerativen Energietechnik.

Gute Berufsaussichten gibt es insbesondere im Bereich Energieberatung und den Energieversorgungsunternehmen. Folgende Schwerpunkte können in der Ausbildung gewählt werden: Rationale Energienutzung, Energierückgewinnung, Energiespeicherung und Regenerative Energietechnik. Ein vergleichbarer integrativer Studiengang existiert bisher an keiner anderen Hochschule in Deutschland.

Die Regelstudienzeit beträgt neun Semester einschließlich einer berufspraktischen Tätigkeit von 26 Wochen. Das Studium endet mit dem Grad „Diplom-Ingenieur/Diplom-Ingenieur“.

Der vorliegende Studienführer soll den Studierenden als Orientierungshilfe bei der Planung und Durchführung des Studiums dienen. Er enthält die Studienordnungen mit Empfehlungen zur sinnvollen zeitlichen Folge der Lehrveranstaltungen, Praktikantenrichtlinien und die Diplomprüfungsordnung vom 17.07.96. Im Fachbereich Maschinen- und Verfahrenstechnik, der die Federführung für diesen neuen Studiengang übernimmt, gibt es derzeit folgende weitere Studiengänge:

- Maschinenbau
- Verfahrenstechnik
- Chemieingenieurwesen
- Umweltschutztechnik

Zu weitergehenden Fragen wenden Sie sich bitte an die im Anschriftenverzeichnis genannten Studienberater oder direkt an Ihre Hochschullehrer.

Mit den besten Wünschen für ein erfolgreiches Studium



gez. Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck  
 Dekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik  
 Clausthal-Zellerfeld, Juli 1996

1.2 Studienplan

1.2.1 Modellstudienplan für das Grundstudium Energiesystemtechnik

Std	1. Semester WS	2. Semester SS	3. Semester WS	4. Semester SS
1	Ing.-Mathe I 4V + 2Ü	Ing.-Mathe II 4V + 2Ü	Ing.-Mathe III 2V + 2Ü	Ing.-Mathe IV 2V + 2Ü
2	Datenverarbeitung für Ingenieure I 2V + 1Ü	Datenverarbeitung für Ingenieure II 2V + 1Ü	Grundlagen der Elektrotechnik I 2V + 1Ü	Grundlagen der Elektrotechnik II 2V + 1Ü
3	Werkstoffkunde I 2V	Werkstoffkunde II 2V	Praktikum I, 1P Experimentalphysik I 3V + 1Ü	Praktikum II, 1P Experimentalphysik II 3V + 1Ü
4	Allg. u. anorg. Chemie, 2V	Technische Mechanik I 3V + 2Ü	Maschinenlehre I 2V + 1Ü	Maschinenlehre II 2V + 1Ü
5	Physikalische Chemie 3V		Technische Thermodynamik I 2V + 1Ü	Wärmeübertragung I 2V + 1Ü
6	Einführung in das Recht I, 2V	Organische Chemie 3V	Technische Mechanik II 3V + 2Ü	Strömungsmechanik I 2V + 1Ü
7	Maschinenzeichnen, 2Ü	Einführung in das Recht II, 2V		
8	Betriebliche Kommunikation 2V + 2S			
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				

Zusätzlich ist ein Industriepraktikum nach den Vorschriften der Praktikantenrichtlinien zu absolvieren

1.2.2 Hauptstudium Energiesystemtechnik

Std	5. Sem. WS	6. Sem. SS	7. Sem. WS	8. Sem. SS	9. Sem. WS
1	Energiewandlungsmaschinen I 2V + 1Ü	Energiewandlungsmaschinen II 2V + 1Ü	Systemtheorie 2V + 1Ü	Projektarbeit	Diplomarbeit
2	Strömungsmechanik II 2V + 1Ü	Regelungstechnik I 2V + 1Ü	Kraftwerkstechnik 2V + 1Ü		
3	Allg. Betriebswirtschaftslehre 2V + 2Ü	Technische Thermodynamik II 2V + 1Ü	Energiewirtschaft 2V	Schwerpunkt 6(V,Ü)	Diplomarbeit
4	Hochtemperaturtechnik zur Stoffbehandlung, 2V, 1Ü	Elektrische Energietechnik 2V + 1Ü	Investition und Finanzierung 2V + 1Ü		
5	Umweltschutz bei Energiewandl., 2V	Nichtkonventionelle Energienutzung, 2V + 1Ü	Grundpraktikum 4P	Seminar 2S	Diplomarbeit
6	Einf. i. d. Umweltverfahrenstechnik 2V + 1Ü	Brennstofftechnik I 2V + 1Ü			
7	Messtechnik I 2V + 1Ü	Energiesysteme 2V + 1Ü	Studienarbeit	Fachpraktikum 4P	Diplomarbeit
8	Technikbewertung, 2V	Schwerpunkt 3(V,Ü)			
9	Energerecht, 1V				
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

Zusätzlich ist ein Industriepraktikum nach den Vorschriften der Praktikantenrichtlinien zu absolvieren

1.2.3 Katalog der Wahlpflichtfächer im Hauptstudium

Aus dem Katalog (siehe Anlage 4) sind von den Studierenden nach ihren Neigungen und Zielvorstellungen Fächer im Umfang von mindestens 9 SWS auszuwählen. Die genannten Vorlesungen sind Beispiele. Um die Aktualität des Schwerpunktfaches zu erhalten, ist es auch möglich aus dem gesamten Fächerkatalog der Hochschule, in Absprache mit dem betreuenden Fachprofessor, andere Lehrveranstaltungen zu wählen.

Technische Universität Clausthal  
Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen

**DIPLOMURKUNDE**

Die Technische Universität Clausthal,  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, verleiht mit dieser Urkunde

Frau/Herrn \*) .....  
geboren am ..... in.....

den Hochschulgrad

Diplom-Ingenieurin/Diplom-Ingenieur \*)  
(abgekürzt: Dipl.-Ing.)

nachdem sie/er \*) die Diplomprüfung

im Studiengang Energiesystemtechnik

am .....bestanden hat.

(Siegel der Hochschule) ..... den .....

Rektorin/Rektor\*) ..... Dekanin/Dekan\*)

der Technischen Universität Clausthal

\*) Nichtzutreffendes streichen

Fachprüfungen, Art und Anzahl der Prüfungsleistungen und Leistungsnachweise für die Diplomvorprüfung nach § 19 Absatz 2.

I. Fachprüfungen		Art u. Anz. d. Prüfungsleistungen	Gew. Faktor	Fachlicher und zeitlicher Umfang
		Teil- prüf note	Ges	
1. Mathematik			1	(20 SWS)
Ingenieurmathematik I	K 2 oder M*)	0,25		Vektorrechnung, lineare Algebra einschließlich Hauptachsentransformationen, reelle u. komplexe Zahlen, Analysis (Folgen, Reihen, Differentiation Integration)
Ingenieurmathematik II	K 2 oder M*)	0,25		Analysis (Differentiation von Funkt. mehrerer Veränderlicher, mehrfache Integrale), Differentialgeometrie, Vektoranalysis
Ingenieurmathematik III	K 2 oder M*)	0,25		Numerische Integration, Approximation, Iterationsverfahren, Anfangs- und Randwertaufgaben, Eigenwertaufgaben Statistik
Ingenieurmathematik IV	K 2 oder M*)	0,25		
2. Technische Mechanik			1	(13 SWS)
Technische Mechanik I	K 2 oder M*)	0,33		Statik, Einf. i. d. Festigkeitslehre
Technische Mechanik II	K 2 oder M*)	0,33		Festigkeitsl., Grundl. d. Dynamik
Strömungsmechanik I	K 1,5 od. M*)	0,33		Statik und Dynamik der Fluide
3. Grundlagen der Elektrotechnik			1	(6 SWS)
	K 3,5 od. M*)			Gleich-, Wechsel-, Drehstromkreise m. zugehöriger Meßtechnik, el. u. magn. Felder, Berührungsschutzmaßnahmen, Trafo, Meßinstrumente, Gleich-, Drehstrommasch., Stromrichter
4. Werkstoffkunde			1	(4 SWS)
	K 2 oder M*)			Werkstoffliche Grundl.: Struktur, Gefüge, Konstitution, Verformung, Rekristall., Wärmebehandlung, Gebrauchsmetalle, Eigensch., Anwend., Normung, polymere Werkstoffe, Korrosion
5. Techn. Thermodynamik / Wärmeübertragung			1	(3 SWS)
Techn. Thermodynamik I	K 2 oder M*)	0,5		Zustandsgrößen, -gleich., Hauptsatz I u. II, Kreisprozeß, Gemische idealer Gase
Wärmeübertragung I	K 2 oder M*)	0,5		(3 SWS) Transportgrößen, stat. und instationäre Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung



## Anlage 4

Fachprüfungen, Art und Anzahl der Prüfungsleistungen, Leistungsnachweise, Studien- und Projektarbeit sowie Diplomarbeit nach § 22 Absatz 2.

1. Fachprüfungen	Art u. Anz. d. Prüfungsleistungen	Gew. faktor	Fachlicher u. zeitlicher Umfang
		Ges. note	
1. Elektrische Energietechnik	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Einf. in die elektr. Energietechnik, Synchronmaschinen, Lichtbogen, Leitungen, Transformatoren, Drehzahl- u. Drehmomentsteuerung von Gleichstrom- und Asynchronmaschine
2. Energieumwandlungsmaschinen I und II	K 3,5 od. M*	1	(6 SWS) Kolbenkraft-, Arbeits- und Auslegung d. Strömungsmaschinen, Betriebs- u. Systemverhalten, therm. Turbomaschinen
3. Regelungstechnik I	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Steuerung u. Regelung linearer kontin. Systeme, Typen- u. Realisierungsformen v. Reglern, Stabilität, Reglerentwurf
4. Meßtechnik I	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Aufgaben Meßfehler, Meß- u. Anzeigeräte, Messung phys Größen, Strahlungs- u. Analysenmeßtech, Prozeßmeßtech
5. Energiesysteme	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Systemtechnik bestehender Systeme, fossile, nichtfossile, Verbund-, Zukunftssysteme, Energiesparen, Entsorgung
6. Thermodynamik II	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Gemische v. Gasen u. Dämpfen, Verhalten realer Gase, Reibungseinflüsse, Einführung in die chem. Thermodynamik
7. Hochtemperaturtechnik zur Stoffbehandlung	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Aufstellen von Energiebilanzen, Grundlagen d. Wärmeübertragung in Öfen, Transportgleichung, Konvektion, Strahlung
8. Strömungsmechanik II	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Bilanzgleichungen der Thermofluidmechanik, laminarer Wärme- u. Stoffaustausch, turbulente Austauschvorgänge
9. Kraftwerkstechnik	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Thermische Maschinen, Einf. in die Gasdynamik, Kreisläufe mit idealem u. realem Gas, Kessel und Kondensatoren, kombinierte Gas-, Dampfkraftprozesse
10. Brennstofftechnik I	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Charakterisierung, Verbrennungs-

verhalten, umweltfreundliche Verbrennung

11. Einführung in die Umweltverfahrenstechnik	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Meßtechnik, mechanische, phys.-chemische Verfahren, Luft-, Abwasserreinigung, Abfallverwertung, Deponie
12. Nichtkonventionelle Energienutzung	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Treibhauseffekt, Ozonloch, Solar-, Wasserstoff-, Brennstoffzelle, Windenergie
13. Energierecht	K 2 oder M*	1	(1SWS)Einf., Energiewirtschaftsges., Wettbewerbsrecht, Energie-Versorgungsverträge u. -Preisrecht, Genehmigung v. Anlagen
14. Energiewirtschaft	K 2 oder M*	1	(2 SWS) Grundlagen der Kostenrechnung, Investitions- und Ergebnisrechnung
15. Allgem. Betriebswirtschaftslehre	K 2 oder M*	1	(4 SWS) Strukturierung, betriebl. Planung, Entscheidungsbereiche und Funktionen, Produktion, Absatz, Kostenrechnung
16. Systemtheorie	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Klassifikation u. Beschreibungsformen dynamischer Systeme, Stabilitätsverhalten u. Einzugsbereich v. Ruhelagen, Auftreten v. Grenzzyklen, Destabilisierung/Stabilisierung durch Rückkopplung, nichtlineare Syntheseverfahren und Beobachter, dezentrale Rückkopplungsstruktur in vernetzten Systemen, dezentrale Regelungen
17. Investition und Finanzierung	K 2 oder M*	1	(3 SWS) Investition, stat. u. dyn. Verfahren, Außen-, Innen-, Eigen-, Fremdfinanzierung
18. Umweltschutz bei Energieumwandlungsprozessen	K 2 oder M*	1	(2 SWS) Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften

\*) Nach Wahl der Prüfenden mit Genehmigung des Prüfungsausschusses

### Wahlpflichtfächer

Der Prüfling wählt aus dem folgenden Katalog nach Maßgabe der Studienordnung Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 SWS aus, die in einer Fachprüfung geprüft werden. Mit Genehmigung des Prüfungsausschusses können auch andere Lehrveranstaltungen aus dem aktuellen Angebot der Hochschule gewählt werden. Der Gewichtungsfaktor jeder Teiprüfung für die Note der Fachprüfung entspricht der Anzahl an SWS der jeweiligen Lehrveranstaltung. Der Gewichtungsfaktor dieser Fachprüfung für die Gesamtnote der Diplomprüfung beträgt 1,5.

Institut für Physikalische Chemie

S 3208 Elektrochemie

Institut für Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung

SAW 6109/11 Erdölgewinnungstechnik I, II  
 W/S 6113/15 Erdgasprozeßtechnik I, II  
 W 6117 Charakterisierung von Erdgasspeichern/Erdgasspeichertechnik  
 SAW 6119/21 Lagerstätten-technik II, III  
 W/S 6134/35 Erdöl- und Erdgaswirtschaft I, II  
 W/S 6139 Erdgastransport/-verteilung

Institut für Aufbereitung von Rohstoffen und Reststoffen

W/S 6205/14 Abwassertechnik I, II  
 W/S 6235/15 Recycling I, II

Institut für Markscheidewesen

S 6327 Einführung in Geo-Informationssysteme (GIS)

Institut für Wirtschaftswissenschaft

W/S 6018/19 Einführung in die Unternehmensforschung I, II  
 SAW 6611/12 Betriebliche Planung I, II  
 S 6612/13 Betriebliches Rechnungswesen I, II  
 S 6620 Umweltmanagement und -planung

Institut für Eisenhüttenkunde und Gießereiwesen

S 7603 Metallurgie und Prozeßtechnik der Stahlerzeugungsverfahren

Institut für Technische Mechanik

W/S 8014/15 Schwingungslehre und Maschinendynamik I, II  
 W 8018 Schwingungsmeßtechnik  
 S 8039 Strömungen in porösen Medien  
 S 8061 Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft  
 W 8066(9006) Herausforderung Zukunft

Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren

W/S 8130/37 Industriebetriebslehre I, II  
 W 8155 Netzplantechnik (IBL IV)

Institut für Maschinenwesen

S 8182 Maschinenakustik

Institut für Reibungstechnik und Maschinentechnik

S 8114 Pneumatik  
 S 8207 Hydraulische Antriebstechnik I

Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit

W/S 8304 Projektierung von Produktionsanlagen I, II  
 W/S 8310 Arbeitssicherheit und Nachbarschaftsschutz I, II

Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik

W 8403 Brennstofftechnik II  
 W 8404 Reaktionstechnische Eigenschaften v. Rest- und Abfallstoffen  
 W ~~8408~~ Umweltschutz bei Energieumwandlungsanlagen  
 S 8420 Kraftstoffe und ihre Verbrennung im Motor

Institut für Energieverfahrenstechnik

S 8503 Grundlagen der Verbrennung  
 W/S 8506 Wärmeerzeugung mit Korbrennstoffen I, II  
 W 8508 Projektierung von Wärmeübertragern

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Umweltverfahrenstechnik

W 8600 Mechanische Trennverfahren I (Grundl. d. Entstaubungstech.)  
 W/S 8606/08 Medizin und Umwelt I, II  
 W/S 8613 Industrieller Umweltschutz I, II

Institut für Prozeß- und Produktionsleittechnik

W/S 8731/33 Softwareentwicklung für technische Systeme I, II  
 S 8734 Mensch-Maschine-Kommunikation in der Prozeßleittechnik  
 W/S 8742/44 Prozeßrechneranwendung I, II

Institut für Elektrische Energietechnik

W ~~8801~~ Regenerative elektrische Energietechnik  
 W 8802 Elektrowärme  
 W 8805 Sonderprobleme elektrischer Maschinen  
 W 8806 Hochspannungstechnik  
 W 8808 Regelung elektrischer Antriebe  
 W/S 8810/09 Theorie der Wechselströme I, II  
 S 8811 Energieelektronik  
 W 8812 Elektrische Energieverteilung  
 S 8815 Elektrische Energieerzeugung  
 W 8816 Batteriesyst. f. Flurförderzeuge, Elektromobile u. sonst. Anw.  
 S 8817 Theorie elektromagnetischer Felder  
 S 8819 Elektrizitätswirtschaft

Institut für Elektrische Informationstechnik

W 8903 Regelungstechnik II  
 W 8905 Prozeßautomatisierung  
 S 8918 Modellierung und Identifikation dynamischer Systeme  
 W 8923 Digitale Regelungssysteme

**II. Leistungsnachweise**

(Bestätigung der erfolgreichen Teilnahme. Die Studienleistung wird mit "bestanden" oder "nicht bestanden" bewertet.)

- Technikbewertung 2 SWS
- Referat (Seminar Energiesystemtechnik) 2 SWS
- Grundpraktikum 4 SWS
- Fachpraktikum 4 SWS

**III. Studienarbeit und Projektarbeit**

Der Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote der Diplomprüfung beträgt jeweils 1,5.

**IV. Projektarbeit mit Fachkolloquium**

Der Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote der Diplomprüfung beträgt für die Projektarbeit 1,0 und für das Fachkolloquium 0,5.

**V. Diplomarbeit**

Der Gewichtungsfaktor für die Gesamtnote der Diplomprüfung beträgt 2.

**Erläuterungen:**

- K = Klausur
- M = Mündliche Prüfung

Technische Universität Clausthal  
 Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

**Zeugnis über die Diplomprüfung**

Frau/Herr<sup>\*)</sup> .....

geboren am .....in.....

hat die Diplomprüfung im Studiengang

**Energiesystemtechnik**

mit der Gesamtnote.....<sup>\*\*)</sup> bestanden

Fachprüfungen: ..... Beurteilung<sup>\*\*)</sup>

Pflichtfächer: .....

Wahlpflichtfächer: .....

Studienarbeit: .....

Projektarbeit: .....

Diplomarbeit über das Thema: .....

Clausthal-Zellerfeld, den .....

(Siegel der Hochschule)

..... Vorsitz des Prüfungsausschusses

<sup>\*)</sup> Nichtzutreffendes streichen

<sup>\*\*)</sup> Bewertungsstufen: mit Auszeichnung bestanden, sehr gut, gut, befriedigend, ausreichend

Institut für Elektrische Energietechnik

**TU Clausthal**

**Windkraftanlage für  
Einzelverbraucher**

**-Projektarbeit-**

Clausthal-Zellerfeld, August 1996

## Vorwort

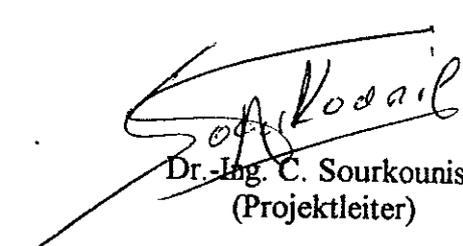
Das Ziel des Ingenieurstudiums ist die Vorbereitung der Studierenden auf das zukünftige Berufsleben. Neben fundierten technischen Qualifikationen werden von den angehenden Ingenieuren zunehmend auch überfachliche Fähigkeiten wie z.B. Sozialkompetenz, Interdisziplinarität und Präsentationstechniken erwartet. Diese Fähigkeiten sollten bereits während des Studiums herausgearbeitet werden, wozu eine Projektarbeit hilfreich sein kann.

Ziel einer Projektarbeit ist daher die Bearbeitung einer komplexen Aufgabenstellung durch mehrere Studierende, die verschiedenen Fachrichtungen angehören können. Jeder einzelne hat dabei ein konkretes Thema zu bearbeiten und seine Ergebnisse mittels eines kurzen Vortrags in den regelmäßig stattfindenden Projektstandsitzungen vorzustellen. Bei auftauchenden, themenübergreifenden Fragestellungen wird von allen Beteiligten eine Lösung im Sinne des Projekts gesucht. Die Ergebnisse der einzelnen Themen werden gemeinsam in einem Projektbericht veröffentlicht.

Die Themen sind soweit voneinander abgegrenzt, daß sie als eigene Leistung der Studierenden bewertet werden können und somit die Voraussetzung erfüllen, als Prüfungsleistung im Rahmen des Studienganges Maschinenbau anerkannt zu werden. Die Themenstellungen werden in Zusammenarbeit der Studierenden mit dem Projektleiter abgestimmt.

Im Rahmen der vorliegenden Projektarbeit wurde eine Aufgabe aus dem Bereich „Regenerative Energiequellen“ bearbeitet. Für die Energiebereitstellung entlegener Verbraucher soll eine Kleinstwindkraftanlage konzipiert werden.

Clausthal-Zellerfeld, im August 1996

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sourkounis', is written over a horizontal line.

Dr.-Ing. C. Sourkounis  
(Projektleiter)

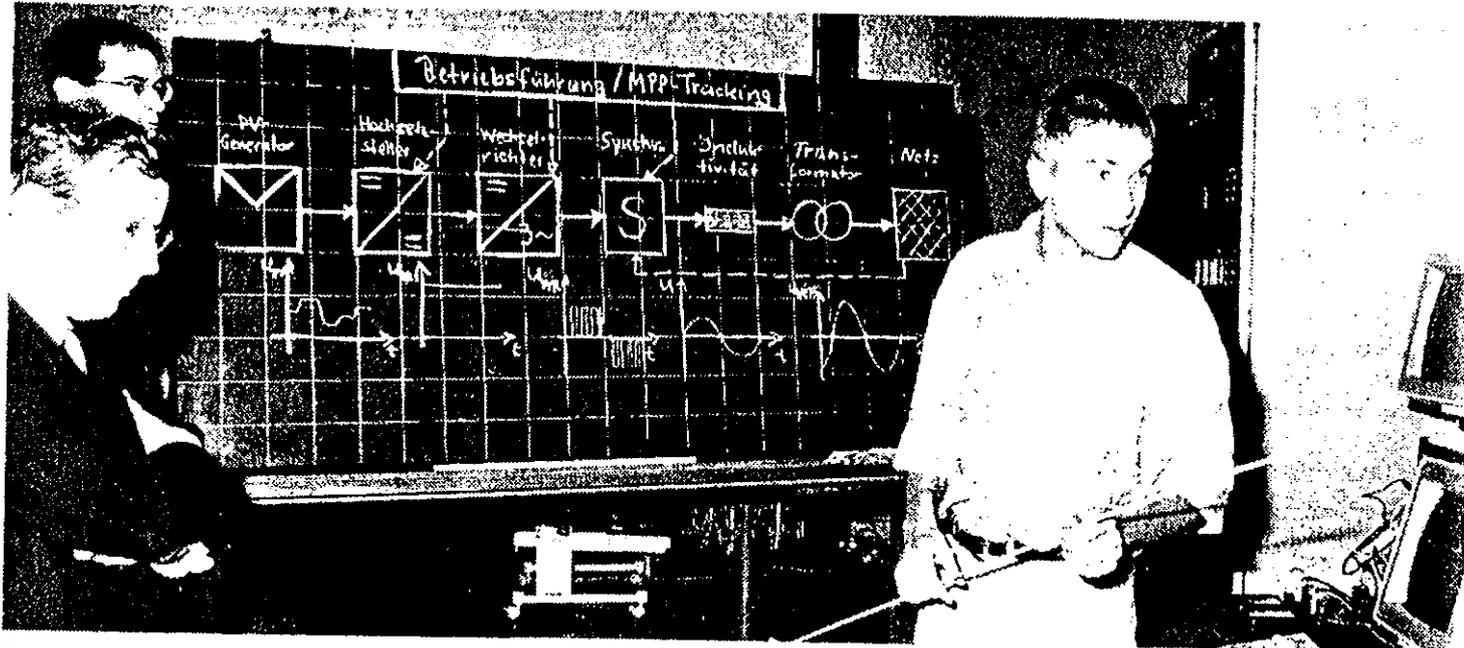
Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck  
Projektleitung: Dr.-Ing. C. Sourkounis  
Betreuung: Dipl.-Ing. J. Wenske

Die Projektarbeit wurde im Rahmen der Diplomprüfungsordnung des Studiengangs Maschinenbau als Studienarbeiten durchgeführt von:

cand.-Ing. B. Brauns  
cand.-Ing. S. Klaffke  
cand.-Ing. M. Lür  
cand.-Ing. T. Meyer  
cand.-Ing. A. Petmecky

## Kapitel und Autoren

Kap. 1:	Einleitung	Dr.-Ing. C. Sourkounis
Kap. 2:	Turm	cand.-Ing. T. Meyer
Kap. 3:	Auslegung des Windrotors und mechanischen Antriebsstrangs	cand.-Ing. A. Petmecky
Kap. 4:	Mechanisch-elektrischer Energiewandler	cand.-Ing. B. Brauns
Kap. 5:	Speicher	cand.-Ing. M. Lüer
Kap. 6:	Simulation	cand.-Ing. B. Brauns cand.-Ing. M. Lüer
Kap. 7:	Betriebsführung und Energiemanagement	cand.-Ing. S. Klaffke
Kap. 8:	Zusammenfassung	



Tobias Böning (rechts) erläuterte TU-Kanzler Dr. Peter Kickartz (links) im Institut für Elektrische Energietechnik die Einrichtungen rund um die Solartechnik.

Foto: tuc

## TU-Institut nahm Solarzellenanlage in Betrieb

# Gewinn wirft der Strom nicht ab

CLAUSTHAL-ZELLERFELD. An der Gebäudefront des Instituts für Elektrische Energietechnik wurde jetzt eine Solarzellenanlage mit einer Leistung von 2,5 Kilowatt (KW) in Betrieb genommen.

Dank eines offenen Ohrs beim Kanzler der TU Clausthal, Dr. Peter Kickartz, sowie der Unterstützung des Staatshochbauamtes konnte Institutsdirektor Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck die Sanierung der Fassade für dieses Projekt nutzen. Es kommt nun den Studierenden im Praktikum des Studienganges Energiesystemtechnik zugute.

Das Treibhausgas Kohlendioxid entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle. Aus Umweltgesichtspunkten werden daher heute auch die regenerativen nichtfossilen Energieträger Wind und Sonne genutzt. Die gewonnene elektrische Leistung ist aber oft nicht gleichmäßig. Der Wind weht

böig, die Sonne verbirgt sich, zumal im Oberharz, gern hinter Wolken.

Keiner würde sich gern mit flackernden Glühbirnen anfreunden. Computer sind in dieser Hinsicht besonders anspruchsvolle „Zeitgenossen“. Schwankt die Netzfrequenz oder die Netzspannung nur leicht, verabschiedet sich der Rechner mit einem Systemabsturz.

Viele technische Geräte vertragen solche Schwankungen nicht. Folglich müssen die Stromversorger eine konstante Netzspannung anbieten. Dafür wird der aus Wind und Sonne gewonnene Strom gewissermaßen „verstetigt“. Wie das geht, werden die Studenten der Energiesystemtechnik in einem ihrer Praktika lernen. Das Institut bringt auf diesem Gebiet Erfahrung mit: Dr.-Ing. Constantis Sourkounis widmet sich diesem Fragenkreis seit vielen Jahren am Beispiel der Windenergie.

Die Installation der ersten Oberharzener Solaranlage wurde angeleitet

von Dipl.-Ing. Jan Wenske, von den Studenten Marco Schröder, Tobias Böning und Jens Petersen durchgeführt. Gewinn können sie mit ihrer Stromeinspeisung nicht machen. Zwei Mark kostet der Solarstrom pro Kilowattstunde, aber nur 17 Pfennig werden von den Stromversorgern vergütet.

Prof. Hans-Peter Beck ist überzeugt davon, daß der Solarstrom nicht auf Dauer ein ökonomisch ungünstiges Bild abgeben muß: „Heute befindet sich die Photovoltaik noch in der Entwicklung.“ 50 Mrd. DM habe den Steuerzahler die Forschung zur Kernenergie gekostet, eine Mrd. DM sei bislang in die Solarenergie investiert worden. Die Möglichkeiten seien noch längst nicht ausgereizt, insbesondere die Serienfertigung werde eine deutliche Verbilligung der Produktionskosten mit sich bringen. „Bislang ist jede Solaranlage Maßarbeit für die wenigen Anwender“, so Beck.

tuc

Report Meeting 26th - 28th February 1996 in Naples

"Hosting and Training of Researchers on the Study and Testing of Components and Systems for Urban and Rail Electrical Transport" Project  
within the framework of E.U.

"Human Capital and Mobility - Access to Large Installations" Programme

## **FIRST EXPERIMENTAL RESULTS OF THE NEW MECHATRONIC TRACTION CONTROL**

**Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, Dipl.-Ing. Bernd Engel**

*Institute of Electrical Power Engineering  
Technical University of Clausthal  
Leibnizstraße 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany  
Phone: -49/ 5323/72-2299 Fax: -49/5323/72-2104*

### Abstract:

Torque oscillations occur in poorly damped drive trains of electrical high-speed locomotives due to the stochastic wheel-rail-contact. These reduce the life time of mechanical components. High-dynamic torque control and single-fed traction motors enable a new control concept based on a state controller while taking the mechanical system into account. It shifts the poles of both natural oscillations in the negative real direction and increases the damping. As the control concept should not need more sensors than the conventional speed controlled AC drive, the missing states have to be reconstructed by an observer or a filter. Simulation results with deterministic and stochastic load torques show that the state controller with Kalman filter reduces both oscillations of natural torsion and thereby increases the lifetime of mechanical components in the drive train. The first experimental results from a special test stand are presented.

The aim of the cooperation with Ansaldo Trasporti within the E.U. Research Programme is to test this new control concept with a high-power locomotive on the test facility in Naples. Our researcher Max Hering was sent to Naples to study the test facility and the new FS-locomotive E 402 and to take the first mechanical measurements. Further experiments have to be carried out in 1996 before the new control concept can be installed.

## TRACTION DRIVE CONTROL WITH PI STATE CONTROLLER AND KALMAN FILTER - FIRST EXPERIMENTAL RESULTS

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, Dipl.-Ing. Bernd Engel

*Institute of Electrical Power Engineering  
Technical University of Clausthal  
Leibnizstraße 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany  
Phone: -491 5323172-2299 Fax: -4915323172-2104*

**Abstract:** Torque oscillations occur in poorly damped drive trains of electrical high-speed locomotives due to the stochastic wheel-rail-contact. These reduce the life time of mechanical components. High-dynamic torque control and single-fed traction motors enable a new control concept based on a state controller while taking the mechanical system into account. It shifts the poles of both natural oscillations in the negative real direction and increases the damping. As the control concept should not need more sensors than the conventional speed controlled AC drive, the missing states have to be reconstructed by an observer or a filter. Simulation results with deterministic and stochastic load torques show that the state controller with Kalman filter reduces both oscillations of natural torsion and thereby increases the lifetime of mechanical components in the drive train. Also first experimental results from a special test stand are presented.

**Keywords:** state control, kalman filter, traction drive, active damping, torsional vibrations

### 1. INTRODUCTION

Many electrical high-speed locomotives like the ICE power units or the class 120 of the German railway company DB AG have cardan hollow shaft transmission. Schwartz (1992) shows that their drive train can be approximated by a three-mass-spring system (fig. 1).

With the first natural frequency between 15 and 25 Hz the wheelset oscillates against the traction motor. Mainly the hollow shaft is twisted. With the second natural frequency between 45 and 60 Hz the two wheels swing against each other with small influence on the traction motor. The torque oscillations with the two natural frequencies are stimulated by the time variant wheel-rail-contact. In addition the damping of the oscillations depends on the actual gradient of the friction characteristic. In the negative slope, the system becomes unstable and the feared slip-stick oscillations occur (Buscher *et al.*, 1993).

The actual development in AC traction drives for high-power locomotives is characterized as follows:

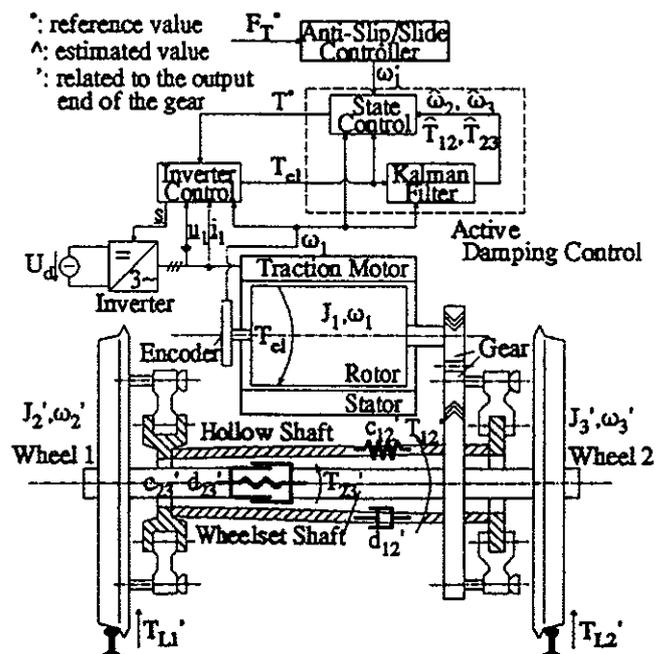


Fig. 1. Cardan hollow shaft transmission and structure of the new control concept.

## OPTIMIZING THE CONTROL OF HIGH-POWERED ELECTRIC DRIVES

Hans-Peter Beck, Prof. Dr.-Ing. & Marius Goslar, Dipl.-Math.

Department of Electric Power Engineering  
 Technical University Clausthal

Leibnizstr. 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

Phone: +49-5323-72-2299, FAX: +49-5323-72-2104

email: beck@iee.tu-clausthal.de & goslar@iee.tu-clausthal.de

**Keywords:** Control, Optimization, Mechatronics, Simulation.

**Abstract:** The subject of this paper is the optimization of the control action of a high-powered electric drive taking mechanical specifications into special account. In cases of drives equipped with speed-reduction gears the specification of the actuator is decisive for the obtainable action of the controlled system. This paper sheds a new light on the fundamental relation between the specifications of the mechanical components, the actuator and the resulting control action. Therefore, a PI motor speed control is compared with a PI state controller which is derived through a new design concept.

## 1 Introduction

To achieve a high driving torque it is common to provide drives with a speed-reduction gear. In these cases, the specification of the actuator is decisive for the obtainable action of the controlled system. The plant under investigation is a four-stand rolling mill. Each drive for the roll stand has a mechanical structure represented by figure 1.

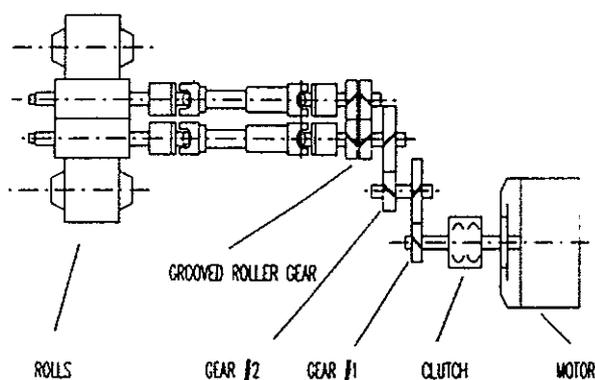


Figure 1: Mechanical structure of the roll stand drive.

Especially the drive for the first roll stand is characterized by a high gear ratio ( $r_i \approx 1 : 20$ ). The resulting inertia moment ratio between the motor and

the roll relative to the driving side,  $r_i \approx 84 : 1$  (figure 2), which increases with the second power of the gear ratio, emphasizes the requirements for the controller means: The main fraction of the actuator power is used for rotating the dominant mass of the motor. Hence, in particular after the first pass the actuator power has to be used economically for influencing the speed of the roll.

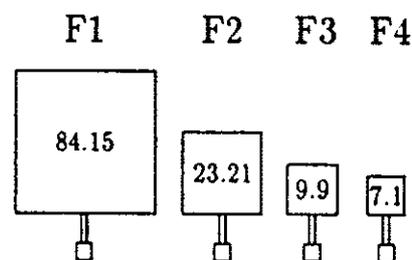


Figure 2: Inertia moment ratio between the motor (top) and the roll relative to the driving side (bottom). Roll stands F1-F4.

It is shown in section 2 that in the cases of high inertia moment ratios  $r_i \gg 1$ , because of its single-loop structure, the conventional proportional plus reset action (PI) motor speed control disables high control action in terms of response time as well as damping of the natural frequencies. Therefore, a state controller is considered (section 3), applying a new design concept for state controllers for high-powered electric drives. Moreover, the authors reveal a fundamental relation between the inertia moment ratio and the actuator power required for damping the natural frequencies.

## 2 PI motor speed control

Presently, the described plant is controlled in the classical single-loop manner controlling the motor speed with a PI element. Denote the transfer function for the PI control element with  $K$  (gain) and  $\tau$  (angular frequency) through

$$F_{PI}(s) := K \frac{1 + \tau s}{\tau s}, \quad s \in \mathbb{C}$$

and assume that [2]

## ENGINEERING STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT

### LIFE TIME EXTENSION OF GRINDING MILL POWER TRAIN COMPONENTS BY APPLIED FUZZY CONTROL

Prof. Dr.-Ing. H.P. Beck\*, Prof. Dr.-Ing. H. Zenner\*\*, Dr.-Ing. C. Sourkounis\*,  
Dr.-Ing. D. Harste\*\*

During normal processing overloads can interfere. A reduction of the overloads based on a new control concept increases the life time of the drive train components and additionally the service time of the process facility.

The content of the paper is the presentation of a newly developed drive protection system. This development is based on a global analysis of the mechanical and electrical sections (incl. control) as one feature. The aim of the new system is to minimize the load spectrum of the torque in the shaft of the drive train.

A comparison of conventional speed control with the new concept of fuzzy-drive-protection-system at a test stand of a grinding mill shows the efficiency of the system.

#### 1 INTRODUCTION

Vibrations and the resulting strains in components of the power-drive side affect the working lifetime of these components and consequently the availability of the entire machine unit.

In the search for possibilities to reduce the load spectrum of the power-drive side, the whole system consisting of mechanic parts, power-drive with control unit and working process has to be examined.

The configuration of the mechanical system governs the vibrating behaviour of the power-drive side. This applies both to the self-oscillating behaviour and to the vibrating behaviour due to an external interference.

The load input-function of the process at the power-drive side mechanical parts is of special importance. This variable load torque has to be generated by a driving torque at the power-drive side, mostly in form of a controlled electrical power-drive. The power-drive (Direct Current Motor) is also of great importance, as

\* IEE, T.U. Clausthal; \*\* IfB, T.U. Clausthal, Germany

**Exkursion am 2. Juli 1996  
zur Konverterstation des Baltic Cabel in Lübeck und  
zum Kohlekraftwerk Tiefstack in Hamburg**

**Vorlesungen: "Geschichte der Energietechnik II"  
"Elektrizitätswirtschaft"**

**Dr. Carsten Salander**

- |               |   |
|---------------|---|
| 06.30 Uhr     | Abfahrt mit dem Bus (Gärtner-Reisen) vom Institut für Energieverfahrenstechnik, Agricolastr. 4, Clausthal-Zellerfeld                                    |
| 10.00 Uhr     | Eintreffen im Info-Zentrum des Netzbetriebes Lübeck, „Gartenhaus“, Roeckstr. 4<br>- Begrüßung und Vortrag,  |
| anschl.       | Fahrt zur Konverterstation des Baltic Cable in Lübeck-Herrenwyk<br>- Besichtigung   |
| 13.00 Uhr     | Mittagessen im Netzbetrieb Lübeck, Falkenstr. 60  |
| 14.00 Uhr     | Fahrt nach Hamburg  |
| 15.00 Uhr     | Eintreffen im Kohlekraftwerk Tiefstack<br>- Vortrag,<br>- Führung durch das Kraftwerk, Erläuterung der Kraftwärmekopplung mit anschließender Diskussion |
| ca. 17.30 Uhr | Rückfahrt nach Clausthal-Zellerfeld   |
| ca. 21.00 Uhr | Rückkehr in Clausthal   |
| anschl.       | gemeinsamer Ausklang  |

8. Juli 1996

Programm der Berlin-Exkursion 1996 des **IEE**:

Datum	Uhrzeit	Ort / Firma	Programmpunkt
D o n - n e r s t a g, d e n 11. Juli	06.00	CL-Z, Leibnizstr. 28 <b>IEE</b>	Abfahrt mit dem Bus
	10.00	Berlin-Henningsdorf <b>ADTranz</b>	Besichtigung des Bereiches Schienenfahrzeuge (ehem. AEG), mit Mittagessen
	14.00	Berlin-Siemensstadt <b>Siemens</b>	Besichtigung des Siemens Schaltwerkes (Hochspannungs-Schaltanlagen, Schalterprüfung, etc.)
	17.15	Restaurant "Siemenswerder"	Gemeinsames Abendessen
F r e i t a g, d e n 12. Juli	09.00	Berlin-Moabit <b>BEWAG</b>	Besichtigung eines Block-Heizkraftwerkes anschl. Imbiß
	ca. 14.00	<b>B E R L I N</b>	Programm nach persönlichem Geschmack
	18.00	wird noch definiert	Abfahrt des Busses in Richtung Clausthal
	ca. 22.00	CL-Z, Leibnizstr. 28 <b>IEE</b>	Ankunft in Clausthal

Übernachtung

vom 11. auf den 12.7. in

**Hotel-Pension Becker**  
**Trautenaustraße 19**  
**10717 B e r l i n**  
**Tel.: 030 / 861 80 78/79**  
**Fax.: 030 / 8735623**

# INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIETECHNIK

Leibnizstraße 28  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Telefon: (05323) 72-2299  
Telefax: (05323) 72-2104

## ANSPRECHPARTNER:

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

Telefon: (05323) 72-2570

E-Mail: beck@iee.tu-clausthal.de

## FORSCHUNGSGBIETE:

### ELEKTROWÄRME:

- Netzurückwirkungsarmer Lichtbogenofen mit integriertem Drehstromsteller
- Ofensimulation
- Geregeltes Gleichstrom-Schweißgerät

### GEREGELTE ELEKTRISCHE ANTRIEBE:

- Antriebsschutzgelung mit Fuzzy-Reglern für Mühlenantriebe
- Kraftschlußregelung für Hochleistungslokomotiven
- Energiesparende Shredderantriebe mit höherer Verfügbarkeit
- Stromrichter für Reluktanzmotoren

### ELEKTRISCHE NETZE:

- Verminderung von Netzurückwirkungen
- Einbindung regenerativer Energiequellen

### WINDENERGIE:

- Windkonverter mit geregelter Drehstromsteller für schwache Netze
- und hoher Energieausbeute
- Modellierung des „Windpark Clausthal-Zellerfeld“ (Projektstudie)

### ENERGIESYSTEM-SIMULATION:

- Echtzeitsimulation von Walzstraßen
- Selbsteinstellende Zustandsregelung

## AUSSTATTUNG:

- Antriebs-Prüfstände bis 80 kVA (Umkehrstromrichter, U-, I-, Direkt-Umrichter)
- Modell-Prüfstände für: Bahnantriebe, Walzwerks-/Mühlenantriebe, Windenergiekonverter, Shredderantriebe, Reluktanzmaschinen-Prüfstand
- Hochspannungslabor bis 300 kV / 150 kVA
- Lichtbogenofenmodelle
- Energiesystem-Simulation (NETASIM auf MicroVAX und Sun)
- CAD-Workstation-Pool (Sun) mit Software zur System-Modellierung und Simulation (MATRIX<sub>x</sub>, NETASIM, SABER)
- Echtzeit-Multiprozessorsystem zur Antriebsautomatisierung
- Prozeßrechner, Meßwerterfassung-Systeme
- Digitale und analoge Magnetbandmeßgeräte
- Online Fourier-Analysator
- Dreiphasige Spannungsmeßeinrichtung mit galvanischer Trennung über Lichtwellenleiter

**LEISTUNGSANGEBOTE:**

- Durchführung von Messungen auf Prüfständen im Institut oder im Betrieb
- Beratung und Gutachten in den Themenbereichen der Forschungsschwerpunkte
- Entwicklungsleistungen im Bereich der Leistungs- und Steuerungselektronik
- Simulationsrechnungen

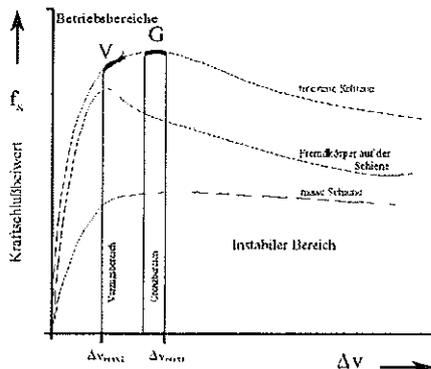
**SCHLAGWORTE:**

Simulation, Antriebsregelung, Fuzzy, Windenergie, Netz, Lichtbogenofen, Reluktanzmaschine

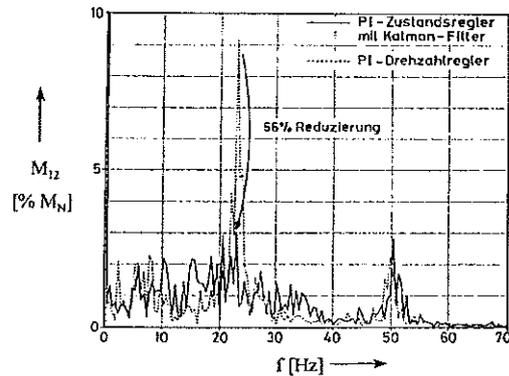


# Verschleißmindernde Kraftschlußregelung

- Ziel:
- Betrieb im Vorzugsbereich "V" der Kraftschlußkennlinie bei allen Schienenzuständen
  - Aktive Schwingungsdämpfung ("Kompensation mechanischer Blindleistung")

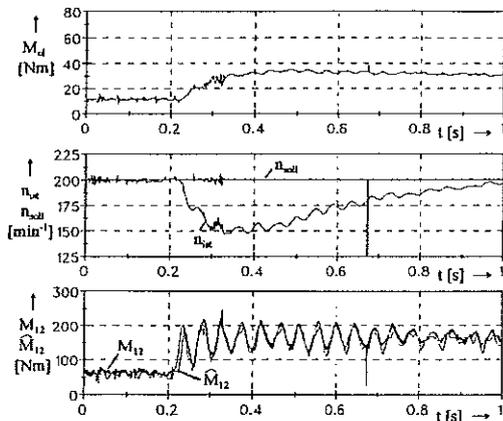


Verschiedene Kraftschlußkennlinien

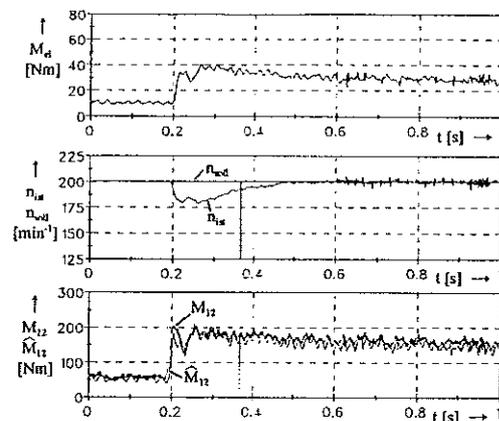


Vergleich der Hohlwellenmomente (Simulation)

## Prüfstands-Meßergebnisse:



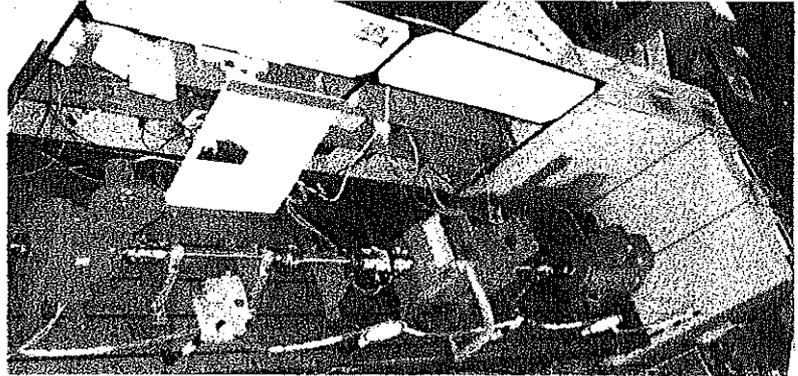
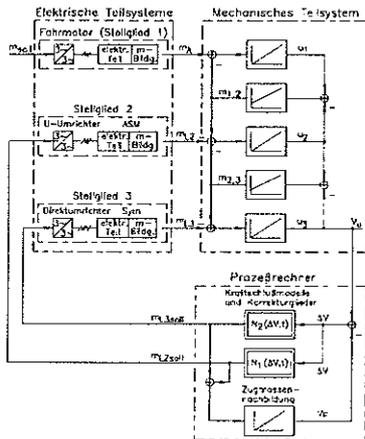
Lastsprung **ohne** aktive Schwingungsdämpfung



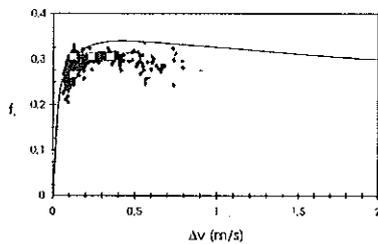
Lastsprung **mit** aktiver Schwingungsdämpfung

- Ergebnis:
- Die erste Torsions-Eigenschwingung in der Hohlwelle kann aktiv bedämpft werden  
=> Lebensdauererhöhung der Antriebskomponenten
  - Ein geregelter Betrieb im Vorzugsbereich der Kraftschlußkennlinie ist möglich  
=> Zugkraftenerzeugung mit minimalem Radreifenverschleiß

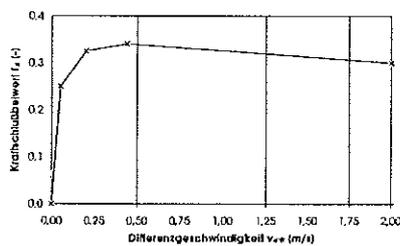
# Bahnprüfstand zum Echtzeittest von Antriebssteuergeräten



Regelungskonzept zur Nachbildung des Rad-Schiene-Kraftschlusses

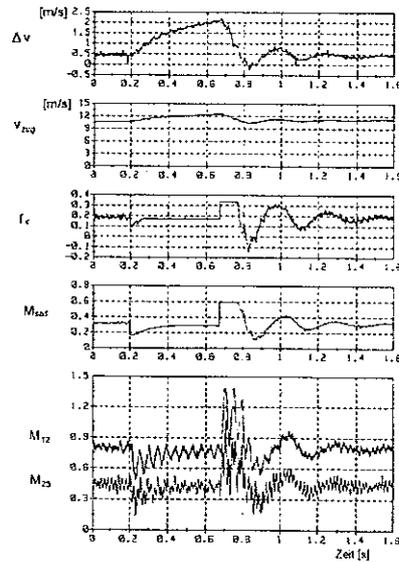


Reale Kraftschlußkennlinie



Simulierte Kraftschlußkennlinie

Bahnprüfstand



Dynamikverhalten bei Kraftschlußeinbruch

Ergebnis: ● Dauerversuchsprüfstand zur Messung und Bewertung von Last-Kollektiven bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen

=> Verschleiß- und Lebensdaueroptimierung im Antrieb

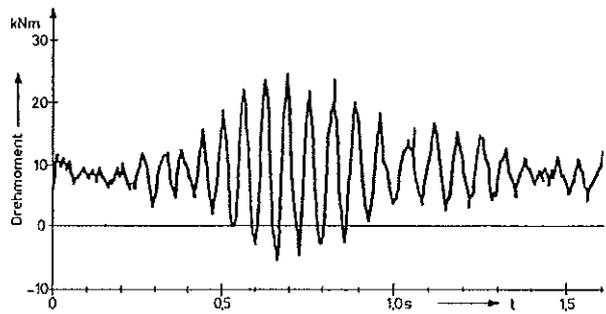
# Lastkollektivminimierte Bahnantriebe

- Problem:**
- Beanspruchung der Bauteile durch Torsionsschwingungen
  - Anregung durch Fahrmotor und Rad-Schiene-Kontakt
- Ziel:**
- Reduktion der Schwingungen
  - Hohe Kraftschlußausnutzung
  - Verschleißreduzierung => Lebensdauererhöhung

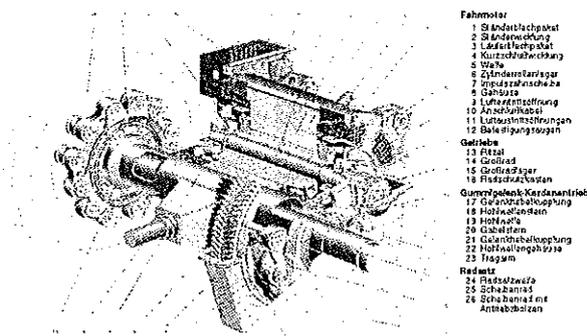
- Lösung:**
- Digitale Federmomentbeobachtung und -regelung
  - Verschleißmindernde Kraftschlußregelung
- Weg:**
- Digitale Simulation
  - Aufbau eines Bahnprüfstandes
  - Validierung der Simulationsergebnisse durch Versuche



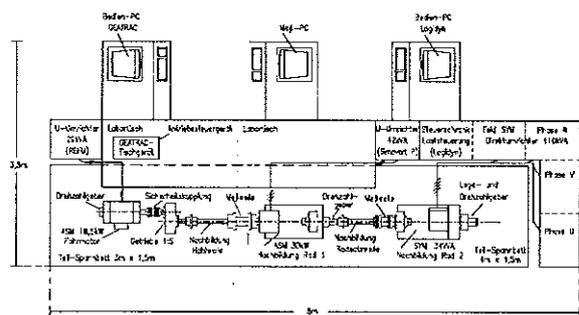
Drehstrom-Grenzleistungs-Universal-Lokomotive E120 ( $P_{dd}=5,6\text{MW}$ )



Torsionsschwingung der Hohlwelle (19) mit Abheben der Zahnflanken



Antrieb der Lokomotive E120



Bahnprüfstand für Einzelachsantriebe

**Institut für Elektrische Energieverfahrenstechnik**  
**Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik**

**Seminar**

**„Aktuelle Fragen der Energiesystemtechnik“**

SS 96

Name, Vorname	Fachrichtung	Thema	Datum	Note	Mat.nummer
Baum, Kristian	Vt	CO <sub>2</sub> Reduktion	3.06.		
Schicktanz, Bernd	Ciw	Solar\Wasserstoff	6.05.		
Müller, Jörn	Ciw	Windkonzepte	6.05.		
Richter, Jens	Vt	Öko-Steuer	3.06.		
Schilling, Sabine	Mb	Energieeffizienz	20.05.		
Scholz, Thomas	Mb	menschl. Aktivität	20.05.		
Diorinos, Georg	Mb	Energiedatenbanken	1.07.		
Schütz, Michael	Mb	Gebäudeklimatisierung	17.06.		
Mititzé, Daniel M. L. Dis	Mb	Energiebilanz beim Recycling Duales System	17.06.		
Pfingst, Jan	Mb	Grundlastabdeckung durch Regenerative Energien			

Anlage 14	
EINGEGANGEN	
15. NOV. 1995	
Erl.	K → AK He

## Gemeinschaftsseminar

**Institut für Elektrische Energietechnik**  
**Institut für Elektrische Informationstechnik**  
**Institut für Prozeß- und Produktionsleittechnik**

K → Bar  
 (f. Jahresbericht)

### Themenkomplex: Neue Technologien im Straßenverkehr

Im Wintersemester 1995/96 veranstalten wir ein Gemeinschaftsseminar.

**Beginn:** Mo. 11.12.95, 16<sup>15</sup> - 18<sup>00</sup> Uhr, Diplomandenraum (Raum 500A) des Instituts für Elektrische Energietechnik, Leibnizstr. 28.

#### Ablauf:

Termin:	Vortragende:	Thema:
11.12.95	Andrea Hübner	Überblick über Verkehrsleittechnik I
	Stefani Knochen	Überblick über Verkehrsleittechnik II
18.12.95	Clemens Heinrich	Feldversuche in Europa
	Eckard Jüngst	Integrierte Verkehrsleitsysteme
15.01.96	Gerd Steulmann	Funktionsprinzip und Aufbau heutiger Fahrzeugregelsysteme
	Stefan Enk	Neue Systeme zur Verbesserung der aktiven Sicherheit im Bereich der Querdynamik
22.01.96	Christoph Kielmann	Übersicht "Elektroautos"
	Marko Schröder	Hybridautos mit Brennstoffzellen
29.01.96	Jörg Schlüter	Konzepte von Hybridautos
	Jörg Krebs	Antriebskonzept für ein Hybridauto
05.02.96	Charles Lemogo	Technik und Entwicklungspotentiale von Leicht - Elektromobil
	Michael Mayer	Potentiale der Verkehrsleittechnik

14.11.95

gez. Dipl.-Ing. Boelow  
 Dipl.-Ing. Boussoffara  
 Dipl.-Ing. Wolf

## Programm der Seminarveranstaltung "Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können?"

*Donnerstag, 25. Januar 1996*

*Referenten:*

**Dr.-Ing. K. A. Detzer**, Direktor Stabsabteilung Technik der MAN AG, München  
Vorsitzender des Berufspolitischen Beirats im VDI  
Lehrbeauftragter an der Universität Erlangen und der TU München

**H. B. Fischer**, Hochschulmarketing der Siemens AG, München

**Dr. R. von Schenck**, Leiter Personalmarketing Hochschulabsolventen der Hoechst AG,  
Frankfurt/Main

*Moderation:*

**Prof. Dr.-Ing. M. F. Jischa**, Institut für Technische Mechanik der TU Clausthal und  
CUTEC-Institut GmbH, Abt. Technikbewertung u. Umweltbildung

*Freitag, 26. Januar 1996*

*Referenten:*

**RA B. Heins \*)**, Abteilungsleiter Umweltschutz der IG Chemie-Papier-Keramik,  
Hauptvorstand, Hannover  
Lehrbeauftragter an der Universität Oldenburg

**Prof. Dr.-Ing. K. Henning**, Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau und  
Leiter des Hochschuldidaktischen Zentrums der RWTH Aachen

**Dr.-Ing. G. Jäger**, Leiter des Bereichs Controlling und Zentrale Aufgaben,  
Kraftwerke der RWE Energie AG, Essen

**MR W. Körner**, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Hannover

*Moderation:*

**Prof. Dr.-Ing. H. P. Beck**, Institut für Elektrische Energietechnik und  
Dekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik der TU Clausthal

\*) Der Referent B. Heins mußte aufgrund anderer Verpflichtungen seine Teilnahme kurzfristig absagen.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Programm</b>	2
<b>Vorwort</b>	3
<b>Grußworte</b>	5
<b>Zukunft des Ingenieurberufs - zwischen Hoffen und Bangen</b>	
Kurt A. Detzer .....	9
<b>Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können</b>	
Hans Bernd Fischer .....	27
<b>Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können</b>	
Raban von Schenck .....	39
<b>Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können</b>	
Klaus Henning und Susanne Ihsen .....	55
<b>Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können</b>	
Gerd Jäger .....	75
<b>Was der Ingenieur weiß und was der Ingenieur nicht weiß</b>	
Wolfgang Körner .....	95
<b>Anhang</b>	
<b>Ingenieurausbildung im Umbruch</b>	
Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation .....	105
<b>Ordnung der Arbeitsgruppe Forum Clausthal</b> .....	115

## Vorwort

Unter dem Motto "Was müssen Ingenieure und Naturwissenschaftler der Zukunft können?" haben Forum Clausthal und das CUTEC-Institut gemeinsam am 25. und 26. Januar 1996 eine Seminarveranstaltung im CUTEC-Vortragssaal durchgeführt. Die Veranstaltung bezog ihre Aktualität aus mehreren Problemfeldern, die mit zunehmender Intensität diskutiert werden. Hiermit meine ich Fragen nach

- der Zukunft der Industriegesellschaft,
- der Stabilität des Standortes Deutschland,
- der Verlagerung von Produktionsfeldern aus Deutschland heraus,
- der Zukunft der Arbeit und
- dem drastischen Wegbrechen der Studienanfängerzahlen in den Ingenieur- und Naturwissenschaften.

Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Ausbildung von Ingenieur- und Naturwissenschaftlern, die auszuloten wesentliches Ziel der Veranstaltung war. Die Veranstalter erwarteten konkrete Hinweise darauf, wie existierende Studiengänge umgestaltet und neue Studiengänge konzipiert werden sollten.

Das vorliegende Heft stellt die Vorträge zusammen, die uns von den Referenten dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden. Die Vortragstexte werden ergänzt durch die Wiedergabe der Empfehlung des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation "Ingenieurausbildung im Umbruch". Auf diese Empfehlung hat insbesondere Kurt A. Detzer, einer der Autoren als Vorsitzender des Berufspolitischen Beirates des VDI, in seinem einführenden Referat mehrfach zurückgegriffen.

Die Referate der beiden Veranstaltungstage wurden jeweils durch eine Podiums- und Plenumsdiskussion, die unter lebhafter Beteiligung vieler Zuhörer ablief, abgeschlossen. Darin wurde deutlich, daß die Kernaussagen der Referenten nahezu deckungsgleich waren. Sie lauten zusammengefaßt: Neben der unbestreitbaren fachlichen Kompetenz, die in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen vorbildlich vermittelt wird, sind zukünftig weitere Fähigkeiten wie Methoden- und Systemkompetenz und insbesondere Sozial- und Kommunikationskompetenz unverzichtbar. Hier sahen die Referenten große Defizite in der Ausbildung.

Das Fazit der Veranstaltung ist eindeutig und lautet: Die ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge bedürfen einer Neuorientierung. Die oben erwähnte VDI-Empfehlung spricht gar von einem "Umbruch". Aussagen dieser Art nehmen ständig zu und sie sind nahezu deckungsgleich, unabhängig davon, ob sie aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik oder anderen gesellschaftlichen Bereichen stammen.

Allen Äußerungen gemeinsam ist auch die Auffassung, daß durch die Dynamik der Arbeitswelt Prognosen über zukünftige Qualifikationsprofile - zumindest in Bezug auf fachliche Spezialisierungen - immer unzuverlässiger werden. Um mit dem verstorbenen Philosophen Karl Popper zu sprechen: Wir können immer mehr wissen, aber eines können wir nicht wissen: Wir wissen nicht, was wir wissen werden, denn sonst wüßten wir es bereits heute. Dies führt zu dem für unsere schnellebige Zeit charakteristischen Widerspruch, daß wir zugleich immer klüger und immer blinder werden.

Dadurch wird die Suche nach gemeinsamen Ausbildungszielen kaum einfacher. Man kann gar einen Zielkonflikt ausmachen, denn es besteht offenbar Einmütigkeit in zwei scheinbar konkurrierenden Anforderung an zukünftige Absolventen:

- Einerseits wird betont, daß die Bedeutung nicht-fachlicher Qualifikationen, wie etwa Sozial- und Kommunikationskompetenz, in der beruflichen Tätigkeit ständig zunimmt.
- Andererseits wird deutlich gemacht, daß der wachsende Stellenwert außerfachlicher Qualifikationen keinesfalls mit einem Rückgang der Anforderungen an die fachliche Kompetenz der Absolventen einhergeht.

Als Ausweg aus diesem Zielkonflikt verlangt die VDI-Empfehlung unmißverständlich, daß der Umfang der Vertiefung zugunsten der Grundlagenausbildung zu reduzieren sei. Die VDI-Empfehlung führt hierzu aus, siehe Anhang:

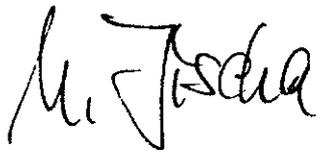
"Den Kern der im Studium zu erwerbenden Ingenieurqualifikationen sollte ein breites Spektrum an mathematisch-naturwissenschaftlichem, technischem und übergreifendem Grundlagenwissen bilden. Dieses sollte sich über alle in Betracht kommenden Ausbildungsfächer erstrecken und dadurch die Basis für die später erforderliche berufliche Mobilität legen. Die fundierte Vermittlung breiter Grundlagen im Studium ist auch deshalb so wichtig, weil diese später im Berufsleben nur schwer nachzuholen ist.

Zum modernen Grundlagenwissen gehören nach Meinung des VDI auch ökologische Kenntnisse im Anwendungszusammenhang der jeweiligen Technologie und Kenntnisse über Inhalte und Verfahren der Technikbewertung.

Auf den Grundlagen aufbauend sollte die Vermittlung von anwendungsbezogenem technischen Wissen in Form einer exemplarischen Vertiefung in einigen wenigen technischen Arbeitsgebieten folgen. Die Wissensvermittlung soll auch die relevanten fachübergreifenden und nicht-technischen Aspekte durch Einbeziehung in fachbezogenen Lehrveranstaltungen berücksichtigen."

Der Unterzeichner dankt herzlich den Vortragenden, seinem Kollegen Beck für die gemeinsame Suche nach Referenten und die gemeinsame Moderation, Frau Dr.-Ing. B. Kragert vom CUTEC-Institut und Pfarrer K. D. Wachlin vom Forum Clausthal und der Evangelischen Studentengemeinde für die gemeinsame Organisation, Herrn Kollegen Leschonski und Herrn Kollegen Müller für die Grußworte, den Helfern vom CUTEC-Institut, dem Institut für Technische Mechanik und der Evangelischen Studentengemeinde und nicht zuletzt dem Verein von Freunden der TU Clausthal für deren finanzielle Unterstützung.

Clausthal-Zellerfeld, im September 1996



Professor Dr.-Ing. Michael F. Jischa

(FORUM CLAUSTRHAL und CUTEC-Institut)

## Inhaltsverzeichnis

Der SFB 180: Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen - Eine Übersicht

*Prof. Dr.-Ing. P. Dietz*

Rechnergestützte Anforderungsermittlung und Funktionsanalyse verfahrenstechnischer Maschinen

*Prof. Dr.-Ing. P. Dietz, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K. Leschonski, Dipl.-Ing. T. Teichert*

Die Feinsttrennung in Abweiseradsichtern und deren Anwendungsgrenzen

*Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K. Leschonski, Dipl.-Ing. U. Bauer*

Die Feinstmahlung in einer Prallmühle und deren Anwendungsgrenzen

*Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K. Leschonski, Dipl.-Ing. R. Drögemeier*

Konstruktive Maßnahmen zur Schallminderung an Hochleistungs-Prallzerkleinerungsmühlen und Windsichtern

*Prof. Dr.-Ing. H.-J. Barth, Dipl.-Ing. D. Jeschke*

Shredder - Verbesserung des Prozesses

*Prof. Dr.-Ing. habil. G. Schubert, Dipl.-Ing. J. Kirchner*

Shredder - Belastungsmessung und -analyse

*Prof. Dr.-Ing. H. Zenner, Dipl.-Ing. F. Peter*

Shredder - Lastminimierte energiesparende Shredderantriebe

*Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck, Dr.-Ing. C. Sourkounis*

Trockene Entschwefelung von Abgasen bei niedrigen Temperaturen -

Experimentelle Untersuchungen

*Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. R. Jeschar, Dipl.-Ing. A. Clauder, Dipl.-Math. G. Mittler*

Vollkeramischer SiSiC-Radialventilator bis 1350°C für Industrieofenanlagen

- Konstruktion, FEM-Berechnungen, Strömungstechnik, Betriebserfahrungen -

*Prof. Dr.-Ing. H.-J. Barth, Prof. Dr.-Ing. R. Schulz, Dipl.-Ing. R. Jakel, Dipl.-Ing. H. Kraushaar*

Hochtemperaturkorrosionsschutz von Si- und C-Basiswerkstoffen sowie Metallen in verfahrenstechnischen Maschinen

*Prof. Dr.-Ing. G. Borchardt, Dipl.-Phys. H. Fritze, Dipl.-Phys. J. Jojic*

Hochtemperaturkorrosionsschutz durch keramische Schichten

*Prof. Dr. rer. nat. Kempter, Dr. Maus-Friedrichs, H. Guo*

Werkstofftechnik für einen Reaktionsverdichter zum Recycling von Kunststoffabfällen  
*Dr.-Ing. A. Schram, Dipl.-Ing. C. Kettler*

Verfahren zur Herstellung metallorganischer Substanzen unter Ausnutzung der  
mechanischen Aktivierung des Feststoffes  
*Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Dr.-Ing. U. Kunz, Dipl.-Chem. Mark Veit*

Polymeranalogue Umsetzungen an reaktiven Polymeren  
*Prof. Dr. rer. nat. G. Schmidt - Naake*

Reaktionstechnische Grundlagen zum Abbau von Polymeren in überkritischem Wasser  
*Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Dr.-Ing. U. Kunz, Dipl.-Ing. P. Gronwald*

Auslegung eines Reaktionsverdichters für den kontinuierlichen Abbau von Kunststoffen  
*Prof. Dr.-Ing. P. Dietz, Dipl.-Ing. U. Neumann*

Ultraschallreaktoren - Grundlagen für die Reaktionstechnik  
*Prof. Dr.-Ing. U. Hoffmann, Dr.-Ing. U. Kunz, Dipl.-Ing. Y.-S. Chen*

Optimierung des kavitativen Verschleißwiderstandes von Sonotroden für den Einsatz in  
Ultraschallreaktoren  
*Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates, Dr.-Ing. R. Reiter, Dipl.-Ing. B. Holzmüller*

Hartbearbeitung ingenieurkeramischer Werkstoffe durch Ultraschwingläppen  
*Prof. Dr.-Ing. U. Draugelates, Dipl.-Ing. B. Holzmüller*

**Institut für Elektrische Energietechnik**

Teilprojekt A18

**Shredder-Lastminimierte energiesparende Shredderantriebe**

Verfasser: C. Sourkounis / H.-P. Beck

Förderungszeitraum: 01.01.1994 bis 31.12.1996

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck  
Institut für Elektrische Energietechnik  
Technische Universität Clausthal  
Leibnizstr. 28  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel. 05323 / 72 2299

Sachbearbeiter: Dr.-Ing. C. Sourkounis

Seiten im Finanzierungsantrag 1994-1996: 229-246

## **1 Einführung**

Das Antriebssystem für großtechnisch ausgeführte Shredderanlagen weist in der Regel eine relativ einfache Struktur (s. Bild 1) auf. Hierbei dient eine direkt an das Netz angeschlossene Asynchronmaschine (ASM) mit einer hydrodynamischen Kupplung als Antrieb. Die von der Asynchronmaschine bereitgestellte mechanische Leistung wird über die hydrodynamische Kupplung, das Getriebe und die Gelenkwelle in den Prozeßraum geleitet. Durch entsprechende Wahl der Polpaarzahl bei der Asynchronmaschine kann die für den Zerkleinerungsprozeß erwünschte Drehzahl auch ohne Getriebe erreicht werden.

Gemäß der Struktur des Antriebssystems ist zu erwarten, daß das Betriebsverhalten durch die Asynchronmaschine sowie die hydrodynamische Kupplung wesentlich bestimmt wird. Die Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik der Asynchronmaschine gewährleistet einen stabilen Betrieb, der keine nennenswerten Drehzahländerungen aufweist. Die Asynchronmaschine setzt jeder Lastspitze (bis zum Kippmoment) ein entsprechend hohes Drehmoment entgegen. Die Lastspitzen, die zu vorzeitigen Materialermüdungen der mechanischen Antriebskomponenten führen, pflanzen sich in den Antriebsstrang fort und können auf Dauer auch eine thermische Überlastung der Asynchronmaschine verursachen. Weiterhin verursachen sie Leistungsspitzen sowie Spannungseinbrüche im speisenden Netz. Mit Hilfe der hydrodynamischen Kupplung kann die Höhe der Lastspitzen begrenzt werden. Gleichzeitig erlaubt die Kupplung Drehzahländerungen auf der Rotorseite. Das maximal übertragbare Moment ist in erster Näherung vom Schlupf abhängig. Eine weiche Drehmoment-Schlupfkennlinie bedeutet gute Dämpfungseigenschaften bzgl. der Lastspitzen, andererseits entstehen proportional zum Schlupf hohe Verluste.

Außer den genannten Eigenschaften des Antriebssystems, die aufgrund des Betriebsverhaltens der einzelnen Antriebskomponenten und des Zerkleinerungsprozesses zu erwarten sind, ergeben sich eine Reihe weiterer Eigenschaften, die auf die Wechselwirkungen der einzelnen Antriebskomponenten untereinander zurückzuführen sind. Genauere Erkenntnisse über das Betriebsverhalten sollten deswegen mit Hilfe von Betriebsmessungen sowie Simulationsuntersuchungen gewonnen werden.

## **2 Betriebsverhalten großtechnisch ausgeführter Shredderanlagen**

Aus den Betriebsmessungen soll das stationäre sowie dynamische Betriebsverhalten des gesamten Antriebssystems ermittelt werden. Die meßtechnischen Untersuchungen wurden durch analytische Untersuchungen ergänzt und durch digitale Simulationen verifiziert. Das für die digitale Simulation erforderliche mathematische Modell wird aus den Ergebnissen der Betriebsmessungen und der analytischen Untersuchungen abgeleitet. Darüberhinaus stellen die gewonnenen Erkenntnisse über das Betriebsverhalten großtechnisch ausgeführter Shredderanlagen die Eckdaten zur Nachbildung des Betriebsverhaltens am Versuchsshredder sowie Versuchsstand zur Verfügung. Desweiteren

Zum Thema aus der Broschüre der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) "Leitthema Verkehr", Köln 1995:

#### **Verkehrsforschung**

"Gegenstand der Verkehrsforschung ist es, Verkehr als gesellschaftliches und wirtschaftliches Phänomen zu verstehen und daraus Orientierung für Maßnahmen und Entwicklungen abzuleiten.

So benötigen Verkehrspolitik und Verwaltung Verkehrsprognosen zur Gestaltung des Verkehrssystems und zur Bewertung künftiger Systemzustände. Ebenso braucht die Verkehrsindustrie diese zur Entwicklung von Verkehrstechnologien und zur Bereitstellung nachfragekonformer Angebote. Hierzu müssen die Prognosen so angelegt sein, daß der künftige Bedarf an Verkehrsleistungen sowohl für volkswirtschaftliche Szenarien als auch für verkehrspolitische Handlungsalternativen angegeben werden kann.

Ziele der Verkehrsforschung bei der DLR sind:

- die Einsicht in die Zusammenhänge im Verkehr zu verbessern
- Aussagen über künftige Verkehrsentwicklungen zu machen
- die Folgen der Verkehrsentwicklung abzuschätzen
- entstehende Verkehrsprobleme frühzeitig zu erkennen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten
- aus Systembetrachtungen zukünftigen F+E-Forschungsbedarf abzuleiten
- neue Methoden im Bereich der Verkehrswissenschaft zu entwickeln und vorhandene zu verbessern.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag der bisherigen programmatischen Ausrichtung der DLR entsprechend hauptsächlich bei Problemen des Fernverkehrs und hier insbesondere des Luftverkehrs. Die Entwicklung im Verkehrsbereich und die Einsicht, daß sich die anstehenden Probleme nur aus Gesamtsystemsicht bearbeiten lassen, hat die DLR veranlaßt, die Querschnittsbereiche **Verkehrsprognosen und Verkehrstechnologien und Technikfolgenabschätzung** einzurichten, die in einem umfassenden Verkehrsforschungskonzept zusammenwirken."

Die Veranstaltung wird gemeinsam durchgeführt von der

interdisziplinären Arbeitsgruppe

"Forum Clausthal" der TU Clausthal

und der

Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH  
(CUTEK-Institut)

**forum CLAUSTHAL**

Technische Universität Clausthal

EINGESCHRIEBEN

24. MAI 1996

Erl.

Einladung

zu der Seminarveranstaltung

## **Zukünftige Verkehrskonzepte**

10. Juni 1996

Vortragssaal

der CUTEK-Institut GmbH

Leibnizstraße 21+23

38678 Clausthal-Zellerfeld

Organisation:

Prof. Dr.-Ing. M. F. Jischa

(Forum Clausthal und CUTEK-Institut)

Tel.: 05323 / 72-3166, 72-2083 (TUC)

FAX: 05323 / 72-2203 (TUC)

Tel.: 05323 / 9 33-281 (CUTEK)

Dr.-Ing. B. Kragert

(CUTEK-Institut)

Tel.: 05323 / 933-208

FAX: 05323 / 933-100

38678 Clausthal-Zellerfeld



Montag, 10. 6. 1996, 9.15 Uhr

Montag, 10. 6. 1996, 14.00 Uhr

9.15 *Grüßworte*

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. K. Leschonski**,  
Geschäftsführer der CUTEK-Institut GmbH

**Prof. Dr. J. Fuhrmann**,  
Rektor der TU Clausthal

9.30 **Dr. D. Eberlein**

Hauptabteilung Verkehrsforschung der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln

"Energieverbrauch des Verkehrs, Trends und Einsparpotentiale"

10.00 *Kaffeepause*

10.30 **Dipl.-Ing. J. Thomas**

Bereich Umwelt und Verkehr der Volkswagen AG, Wolfsburg

"Die Positionierung eines Automobilunternehmens zwischen Individualverkehr und öffentlichem Personennahverkehr"

11.00 **Dr. W. Zechmann**

Abt. Forschung und Voraussenwicklung der Robert Bosch GmbH, Hildesheim

"Internationale Tendenzen in der Verkehrs-  
telematik"

11.30 Podiums-/Plenumsdiskussion

12.30 *Mittagspause*

14.00 **Dr.-Ing. E. Jänsch**

Vorstandsbereich Forschung und Technologie,  
Systemkoordination Hochgeschwindigkeitsverkehr der Deutschen Bahn AG, Frankfurt am Main

"Hochgeschwindigkeitsverkehr der Zukunft"

14.30

**Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. M. Wackers**

Geschäftsführer der Transrapid International GmbH, München

"Transrapid - Die Magnetschnellbahn Berlin-Hamburg und Internationale Projekte"

15.00 *Kaffeepause*

15.30 **Dr.-Ing. M. Steierwald**

Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart

"Lebensraum - Verkehrsraum, Aspekte der Technikfolgenabschätzung und -Bewertung im Verkehr"

16.00 Podiums-/Plenumsdiskussion

17.00 *Ende der Veranstaltung*

*Moderatoren:*

**Prof. Dr.-Ing. H. P. Beck**  
Institut für Elektrische Energietechnik und Dekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik der TU Clausthal

**Prof. Dr.-Ing. M. F. Jischa**

Institut für Technische Mechanik der TU Clausthal und CUTEK-Institut GmbH, Abt. Technikbewertung und Umweltbildung

**Programm: Fr. 06.12.1996**

## **Wirtschaftlichkeit - Dispatching - Untertage Gasspeicher**

Leitung Prof. Dr. mont. G. Pusch, TU Clausthal

08.30 - 09.00	Planung von Erdgasversorgungssystemen; Versorgungssicherheit	Dr. K. Steinmann Ruhrgas, Essen
09.00 - 09.30	Speichereinsatz im kommunalen Versorgungsverbund am Beispiel Berlin	Dr. M. Burkowsky Gasag, Berlin
09.30 - 10.00	Dispatching als technisch-wirtschaftliche Aufgabe zwischen Produktion, Einkauf und überregionaler Gasversorgung	Dipl. Ing. W. Schoder BEB, Hannover
<b>Kaffeepause</b>		
10.30 - 11.00	Erdgasspeicher Rehden - Technisches Konzept und Betriebserfahrungen	Dipl. Ing. W. Wölfer Wintershall, Barnstorf
11.00 - 11.30	Wirtschaftliche Aspekte der Erdgasspeicherung	Dr. H. Hirschhausen Stadtwerke Hannover
11.30 - 12.00	Sicherheitstechnische Aspekte der Erdgasspeicherung	Dr. F. Heinze VNG, Leipzig

**Veranstalter:** Institut für Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung (ITE)

Agricolastr. 10, 38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel. 05323 / 72-2239 (Frau Reinecke)  
Fax. 05323 / 72-3146

**Anmeldung:** Antwortkarte bzw. per Telefon oder Fax bis 03.12.1996 an das ITE

**Teilnahmegebühr:** DM 120.-- inkl. Abendveranstaltung und Pausengetränken überweisen Sie bitte an die TU Clausthal

Kto. Nr. 22 111

Kreissparkasse Clausthal-Zellerfeld, BLZ 268 514 10  
mit dem Vermerk: Kostenstelle 503 078 02

**Tagungsort:** Alle Vorträge finden im Auditorium der CUTEC Institut GmbH, Leibnizstr. 21-23 statt

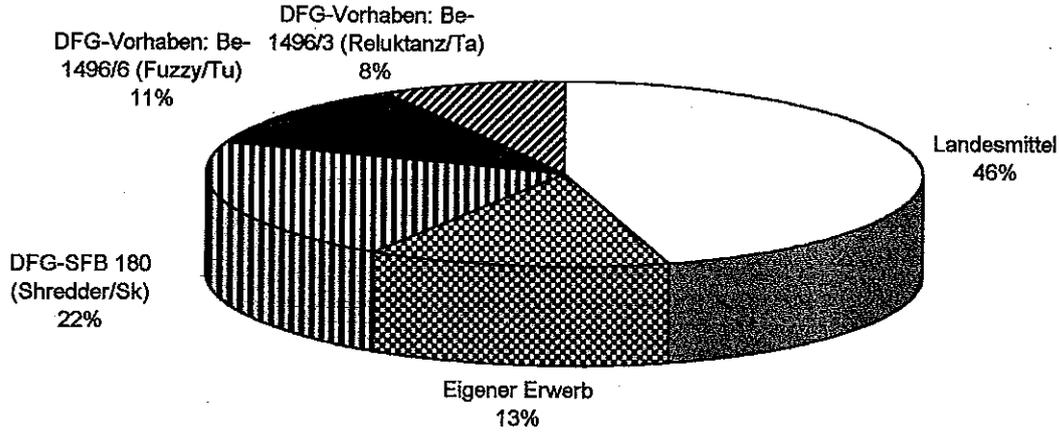
# Institut für Elektrische Energietechnik



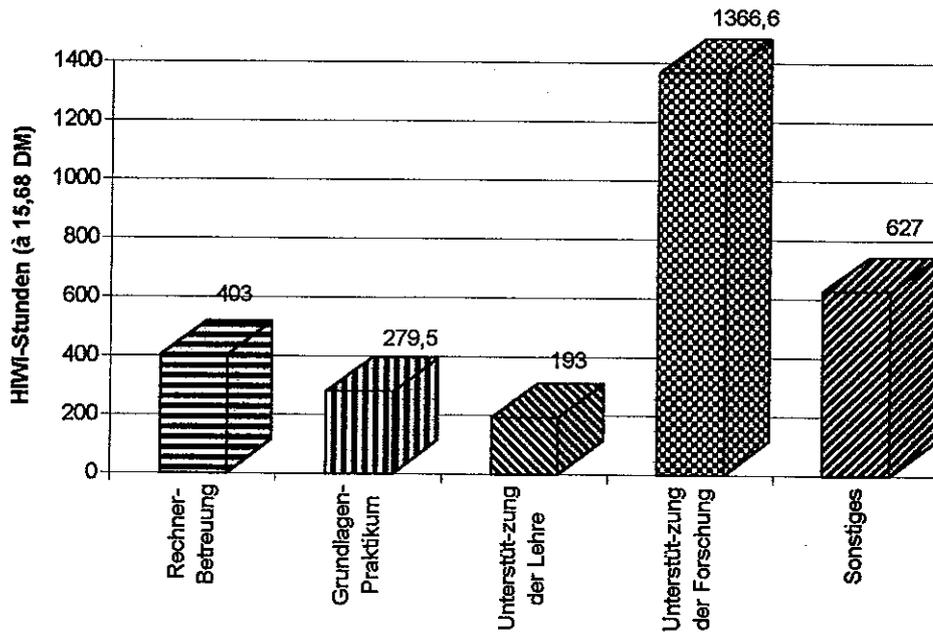
* Verfügbare Gebäudefläche	1620 m <sup>2</sup>
(Leibnizstraße 28)	
– Bürofläche	826 m <sup>2</sup>
(einschl. verliehener Fläche)	200 m <sup>2</sup>
– Labor-/Prüffeldfläche	794 m <sup>2</sup>
* Mitarbeiter	
– wissenschaftliches Personal	14
– techn./Verwaltungsangestellte	11
– Lehrbeauftragte / Gastwissenschaftler	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, MatrixX, Saber für Workstationanwendung und PC-Anwendung	

**Mittel für studentische Hilfskräfte in 1996**

100 % = 67188,8 DM (4285 Stunden)



**Einsatz studentischer Hilfskräfte 1996**



Das Kolloquium zur „Erdgasversorgungstechnik“ ist als Auftakt für einen Dialog zwischen der Erdgasversorgungswirtschaft und der Hochschule gedacht.

Die Versorgung mit Stadtgas hat in Deutschland eine über 100-jährige Geschichte. Der Übergang auf Erdgas in der kommunalen Energieversorgung begann erst Anfang der 60er Jahre und hat seitdem eine rasante Entwicklung erfahren. Heute beträgt die Gewinnung aus heimischen Erdgasfeldern 19 Mrd. m<sup>3</sup> (VN) und trägt damit zu rund 22 % des Gesamtaufkommens bei.

Die TU Clausthal ist traditionsgemäß eng mit der Erdöl- und Erdgasindustrie verbunden. In der Studienrichtung Erdöl-Erdgas-technik sind die erdgasbezogenen Lehrgebiete Produktion, Prozeßtechnik, Transport und Verteilung sowie Erdgasspeicherung seit langem Bestandteil der Ingenieurausbildung.

Die besondere Bedeutung der kommunalen Erdgasversorgungstechnik hat in den letzten Jahren zunehmende Beachtung gefunden. Die TU Clausthal hat sich deshalb entschlossen, für den Studiengang „Energiesystemtechnik“ die Erdgasversorgung als Studienschwerpunkt auszuweisen und die Lehrgebiete um „Messen, Steuern, Regeln“ zu ergänzen. Dabei spielt die Prozeß- und Produktionsleittechnik eine wichtige Rolle.

Über die Anforderungen an die Ingenieurausbildung soll am Beispiel der Erdgasversorgungstechnik mit Vertretern aus Industrie und Hochschule im Rahmen des Kolloquiums diskutiert werden.

## Erdgasversorgungstechnik

Produzieren - Transportieren - Speichern - Verteilen  
05.12. und 06.12.1996

im Auditorium der CUTEC Institut GmbH

**Programm: Do. 05.12.1996**

14.00	Begrüßung	Prof. Dr. Ing. P. Dietz
	• Rektor der TU Clausthal	Prof. Dr. Ing. C. Marx
	• Dekan der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen	

## Erdgaswirtschaft und kommunale Erdgasversorgung

Leitung Dr. H.-W. Wiese, Goslar

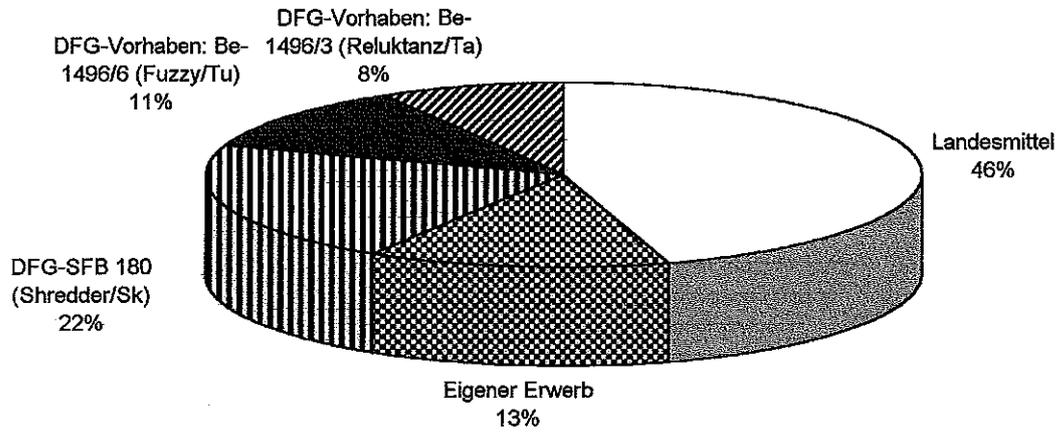
14.15 - 14.45	Erdgas im Energiemarkt	Dr. H. Polleit Münster
14.45 - 15.15	Die Bedeutung von Erdgas in kommunalen Energieversorgungsunternehmen (EVU)	Dr. H. Puxbaumer Gasag, Berlin
15.15 - 15.45	Erdgasverteilung im Spannungsfeld zwischen technischer Optimierung und Wettbewerb	Dr. K. Homann VEW, Dortmund

Kaffeepause

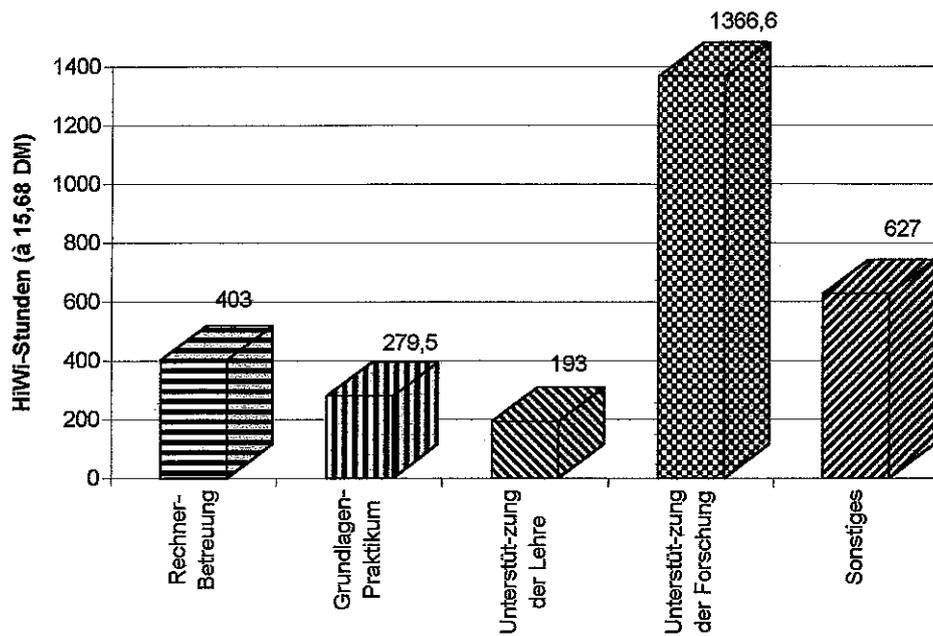
16.15 - 16.45	Energiwirtschaftlicher Ordnungsrahmen im Wandel - Aufgaben für die Wissenschaft	Prof. Dr. G. Kühne TU Clausthal
16.45 - 17.45	Podiumsdiskussion Anforderungen an die Ingenieurausbildung am Bsp. der Erdgasversorgung Prof. Dr. Christian Beckervordersandforth, Ruhrgas Essen Dr. Ing. Hans-Willy Wiese, Goslar, Nordharzer Kraftwerke GmbH (bis 31.08.96)	Prof. Dr. Hans Peter Beck, Institut für Elektrische Energietechnik Prof. Dr. Claus Marx Institut für Tiefbohrtechnik
19.00	Harzer Abend, kaltes und warmes Buffet	

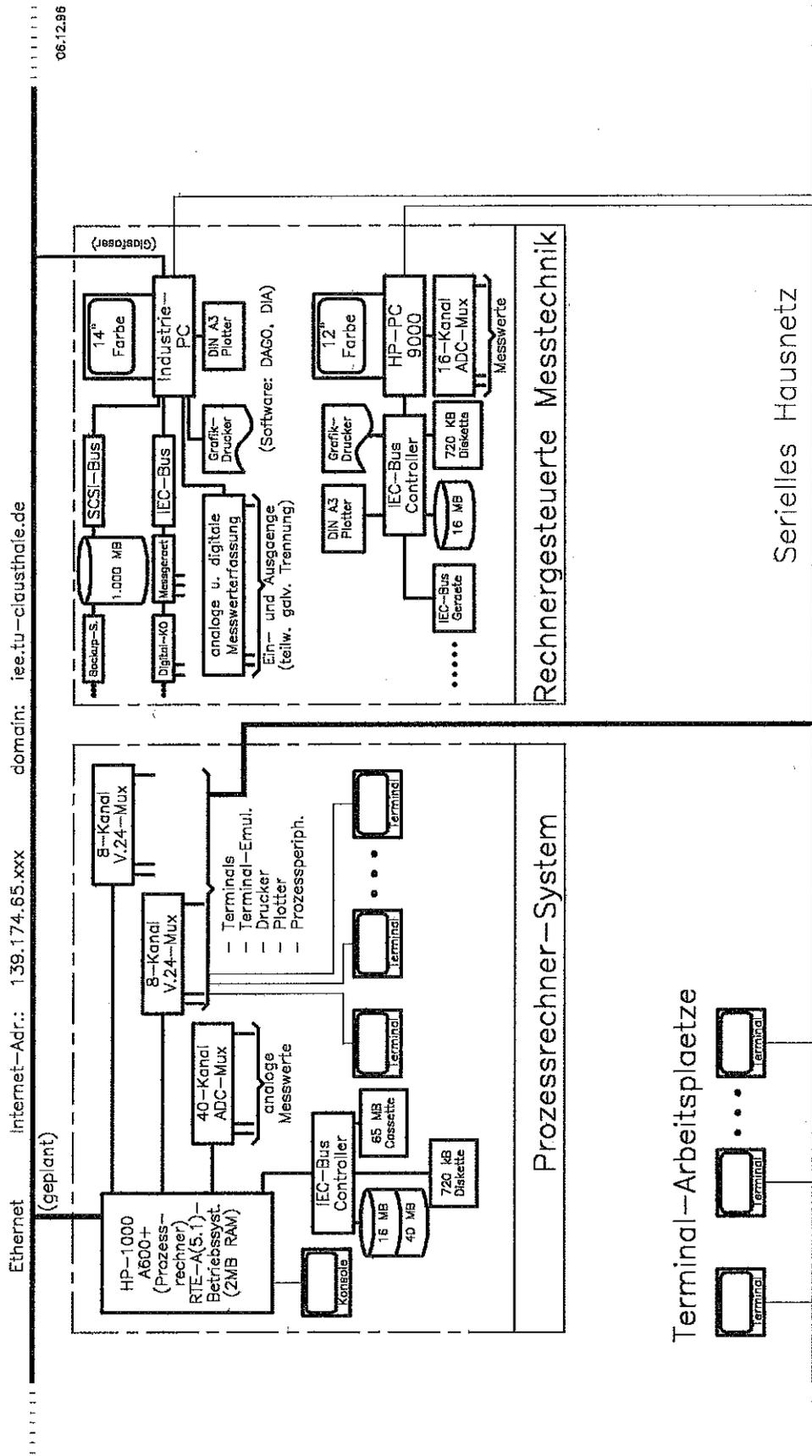
### Mittel für studentische Hilfskräfte in 1996

100 % = 67188,8 DM (4285 Stunden)

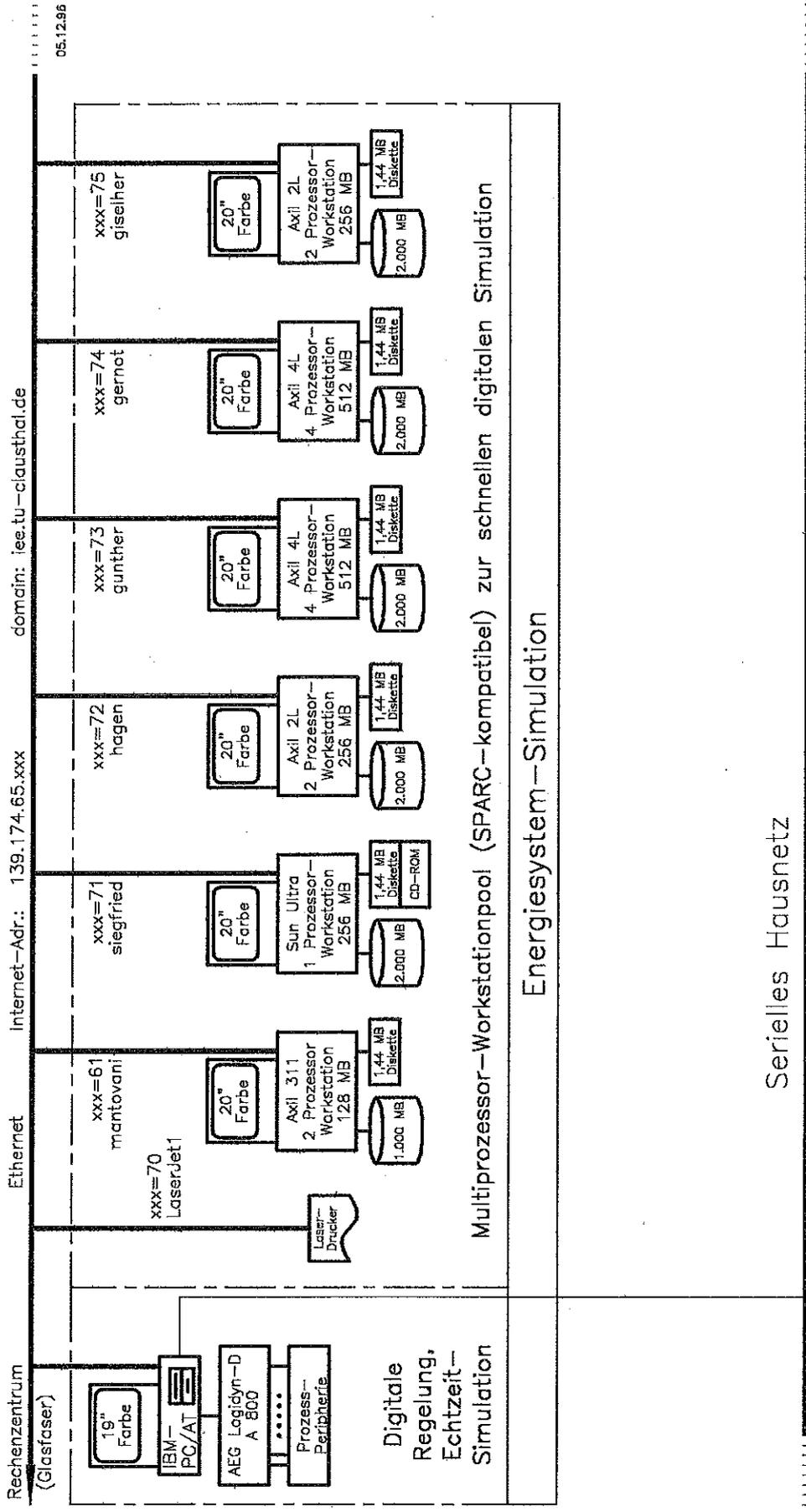


### Einsatz studentischer Hilfskräfte 1996

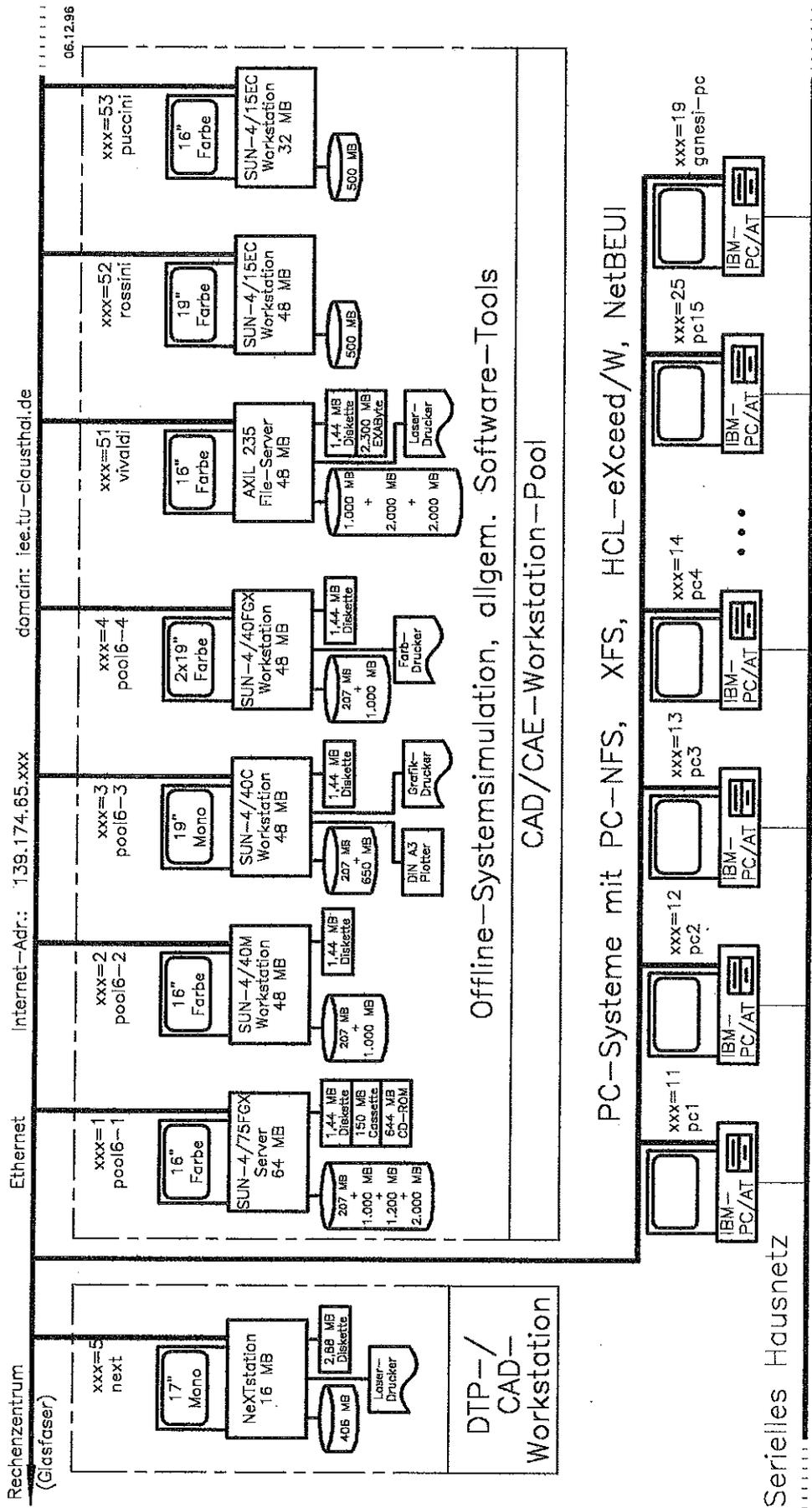




# Recherausstattung zur Messtechnik im Prueffeld



# Recherausstattung zur Simulation von Energiesystemen



# UNIX-Workstations zur Offline-Simulation und Dokumentation