



Jahresbericht

des

Institutes für Elektrische Energietechnik

TU Clausthal

Bericht Nr. 9 (1998)

Dezember 1998

Univ.-Prof. Dr. Beck

Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort	1
1	Lehre	2
1.1	Vorlesungen, neue Studiengänge	2
1.2	Übungen, Praktika	5
1.3	Seminarvorträge	6
1.4	Studien- und Diplomarbeiten	6
2	Veröffentlichungen, Dissertationen	11
2.1	Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente	11
2.2	Vorträge / Seminare	13
2.3	Technische Notizen	14
2.4	Geförderte Forschungsvorhaben	15
2.5	Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte	17
3	Forschungsarbeiten + Forschungsgebiete des Institutes	18
3.1	Ausbau der Institutseinrichtungen	18
3.2	Projektblätter	18
4	Personelle Besetzung	50
4.1	Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts (siehe auch Anlage 19a)	50
4.2	Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer	51
4.3	Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte	51
4.4	Wissenschaftliche Hilfskräfte	52
4.5	Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität	53
5	Anlagen	55

0 Vorwort

Liebe MitarbeiterInnen, Freunde und Förderer des Institutes, auch das Jahr 1998 stand im Zeichen der Umstrukturierung der TU Clausthal, die sich auch wegen abnehmender Studentenzahlen an die sich ändernden Anforderungen an Hochschulen und deren Absolventen anpassen muß. Durch Einführung weiterer sogenannter Bindestrichstudiengänge, die alle samt etwas mit Wirtschaftswissenschaften zu tun haben (Wirtschaftsingenieurwesen, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsmathematik, Wirtschafts-Chemie) und die Zusammenlegung von Fachbereichen von sieben auf vier zur Effizienzsteigerung ist die Neuorientierung, wie steigende Einschreibeziffern des WS 98/99 belegen, auf einem guten Weg. Die Einschreibungen im Studiengang Energiesystemtechnik, dessen Einführung vom IEE besonders mitgetragen wurde, sind im dritten Jahr konstant bei ca. 20 Anfängern. Damit ist dieser Studiengang offenbar etabliert, obwohl Nichtfachleute manchmal über den ungewöhnlichen Namen stolpern. Der Studiengang wird, vor dem Hintergrund des sich neustrukturierenden Energiemarktes und der beabsichtigten Einführung von Energiesteuern, weiter gedeihen, bis Energieberater genauso populär sind wie Steuerberater. Für das Institut heißt das eine konstante bis steigende Auslastung, trotz stagnierender Anfängerzahlen in den herkömmlichen Studiengängen.

Im Forschungsbereich gibt es in diesem Jahr ebenfalls eine recht erfreuliche Entwicklung. Neben einigen genehmigten Normal-Projekten ist es uns erstmals gelungen, ein EU-Forschungsprojekt samt Federführung mit fünf teilnehmenden europäischen Partnern an das IEE zu holen. Das Projektvolumen beträgt insgesamt 3,5 Mio. DM; dafür sollen neue Verfahren zur Regenerierung von Bleibatterien in dezentralen Energiesystemen entwickelt und erprobt werden.

Trotz der allgemein "unruhigen See" ist es uns bisher gut gelungen, alle Klippen des Institutsalltags zu umschiffen, was natürlich nur Dank Ihrer Hilfe und Ihres möglich war. Dafür danke ich Ihnen im auslaufenden Jahr 1998 sehr herzlich und wünsche ein gesundes, erfolgreiches Jahr 1999.

Es grüßt



1 Lehre

1.1 Vorlesungen

Trotz abnehmender StudentInnenzahlen konnten die meisten der angebotenen IEE-Vorlesungen stattfinden. Die folgenden Vorlesungen wurden in diesem Jahr von Mitarbeitern des IEE durchgeführt. Die Zahlen geben jeweils die ungefähre Teilnehmeranzahl an.

Beck	Grundlagen der Elektrotechnik I/II (W 8800 / W 8801)	125
Beck	Elektrische Energietechnik (S 8803)	35
Beck	Regelung elektrischer Antriebe (W 8808)	8
Beck	Energieelektronik (S 8811)	6
Beck u.a.	Energiesysteme (W 8804)	
Heldt	Sonderprobleme Elektrischer Maschinen (W 8805)	6
Helmholz	Theorie der Wechselströme I/II (W8811 / S 8809)	7
Wehrmann	Elektrische Energieerzeugung (S 8815)	4
Wehrmann	Elektrische Energieverteilung (W 8812)	7
Sourkounis	Regenerative Elektrische Energietechnik (W 8818)	7
Mertig	Photovoltaik-Anwendungen (W 8820)	8
Salander	Elektrizitätswirtschaft (S 8819)	8

Baake	Theorie Elektromagnetischer Felder (S8817) + Übungen	5
Rehkopf	Betriebsführung von Energie- und Verkehrsleitsystemen (S 8823)	6

Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 326 Vor- und Hauptdiplomsprüfungen von den prüfungsberechtigten Hochschullehrern bzw. Lehrbeauftragten des Institutes abgenommen.

Außer im Fach "Grundlagen der Elektrotechnik I/II", in dem auch Klausuren geschrieben wurden (182 Teilnehmer), fanden alle übrigen Haupt- (144 Teilnehmer) und Nachprüfungen mündlich statt.

Die StudentInnen belegten die angebotenen Fächer des IEE im Rahmen folgender Studiengänge der Fakultäten I,II :

Vor dem Vordiplom :

Grundlagen der Elektrotechnik I/II

In den Studiengängen

Maschinenbau

Verfahrenstechnik

Chemieingenieurwesen

Energiesystemtechnik

Wirtschaftswissenschaften

Werkstoffwissenschaften

Kunststofftechnik

Informatik

Physikalische Technologien

Geotechnik

Nach dem Vordiplom :

Im Rahmen des Fachstudiums werden die Angebote des IEE in erster Linie folgenden Studiengängen als Pflicht-, Wahlpflicht- und Schwerpunktfach zugeordnet :

Maschinenbau, Studienrichtung Elektrotechnik und Systemautomatisierung

Energiesystemtechnik

Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Rohstoff und Energie

Technomathematik

Zur Qualitätsfeststellung der Lehre an Niedersächsischen Hochschulen findet 1999 eine Evaluation in den Studiengängen Maschinenbau und Energiesystemtechnik (nur TUC) statt, die in diesem Jahr begonnen wurde. Das Institut wird in der Kommission durch H. Dr. Wehrmann vertreten. Der erste Abschnitt betrifft die Selbstevaluation, die eine Bewertung anhand vorgegebener Fragen vorsieht. Im kommenden Jahr folgt eine Fremdevaluierung durch Fremdgutachter, deren abschließende Empfehlungen zur Verbesserung bestehender Zustände in den darauffolgenden 2 Jahren umzusetzen sind. Bei nicht erfolgreicher Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen kann dies finanzielle und sonstige Nachteile haben, weshalb wir schon nach der Selbstevaluation Verbesserungsmaßnahmen einleiten werden, sofern dies notwendig ist.

Im Rahmen des Studienganges Energiesystemtechnik wurde erstmals in diesem WS eine Pflichtvorlesung zum Thema Energiesysteme gestartet (W 8804). In dieser Lehrveranstaltung, die von insgesamt 6 Hochschullehrern durchgeführt wird (Anlage 1), soll ein Überblick über bestehende und künftige Energiesysteme gegeben werden, um StudentInnen im Fachstudium qualifiziert in das Gebiet einzuführen. Alle Teilgebiete werden in dieser Ringvorlesung mit dem Ziel angesprochen, die Teilgebiete nach den Neigungen der Hörer in späteren Fachvorlesungen zu vertiefen. Die theoretischen Inhalte, die im fachübergreifenden Zusammenhang vorgetragen werden, sind gemäß Diplomprüfungsordnung später in einer Pflicht-Projektarbeit zu vertiefen. Diese Neuheit wurde eingeführt, um den Systemaspekt in der Ausbildung nachhaltig zu fördern; denn erfahrungsgemäß wird der heute immer wichtiger werdende integrale Wissenschaftsansatz im heutigen Studium, das immer noch sehr fakultätsorientiert ist, vernachlässigt. Über Erfahrungen mit diesem didaktischen Ansatz wird zu gegebener Zeit berichtet.

1.2 Übungen, Praktika

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

Große Übung	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wehrmann)	100
Tutorien	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	100
Tutorien	zur Klausurvorbereitung Vordiplom Elektrotechnik (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	20
Praktika	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wolf, wissenschaftliche Mitarbeiter und Hilfskräfte)	169
Übung	zu Elektrische Energietechnik (Wolf)	19
Übung	zu Regelung elektrischer Antriebe (Goslar / Turschner)	8
Übung	zu Energieelektronik (Wenske)	2
Praktikum	Hochspannungstechnik (Wehrmann)	6
Übung	zu Elektrische Energieerzeugung (Wehrmann)	4
Übung	zu Elektrische Energieverteilung (Wehrmann)	7
Praktikum	Elektrische Antriebe I für EST (Turschner / Tulbure)	3
Praktikum	Elektrische Antriebe II für EST (Vollmer)	3
Grundpraktikum	im Hauptstudium (Pflichtversuch Elektrische Antriebe) (Turschner)	26

1.3 Seminarvorträge

Söffker, Carsten	Entwurfsverfahren zur Regelung elektrischer Antriebe
Neumann, Peter	Autotuning und adaptive control industrieller Regler
Hausberg, Harald	Vom Batteriefahrzeug zum Elektro-Brennstoffzellen-PKW
Waßhausen, Dennis	Einsatz und Funktionsweise von Energiemanagementsystemen
Nimmo, Matthew	Der freie Zugang zu Elektrischen Energieversorgungsnetzen am Beispiel: "open access" in den USA
Stichweh, Heiko	Bauarten und Steuerungsmöglichkeiten bei Windkraftanlagen mit unterschiedlicher Bauart
Speil, Thorsten	Funktionweise und Steuerung von Energieerzeugungsanlagen, die eine Kombination unterschiedlicher regenerativer und fossiler Energieträger beinhalten
Dowrueng, Arnuphap	Der Einsatz von FACTS in komplexen vernetzten Systemen

1.4 Studien- und Diplomarbeiten

Studienarbeiten

Rösner, Julian	Modellierung und Implementierung der Funktion einer Photovoltaik-Anlage in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von autonomen Energieversorgungssystemen Betreuer : Sourkounis
----------------	--

Puchert, Jens	Untersuchung von Grenzschrwingungen in einem zustandsregulierten Antriebsstrang mit Getriebelose Betreuer : Goslar
Gärtner, Volker	Entwurf und Realisierung eines dreiphasigen Pulsmustergenerators für U- Umrichter Betreuer : Wenske
Kurde, Mario	Energiebilanz im Antriebsstrang von Shredder-Anlagen Betreuer : Sourkounis
Bosse, Michael	Windenergiekonverter in Deutschland Die Erwartungshaltung der Hersteller, die Akzeptanz der Bevölkerung Betreuer : Sourkounis
Habbe, Matthias	Lärmverminderung in einer Transversalflußmaschine durch konstruktive Maßnahmen Betreuer : Tavana-Nejad
Wachsmuth, Guido	Entwicklung einer elektronischen Steuereinheit für eine vierphasige Transversalflußmaschine Betreuer : Tavana-Nejad
Marckmann, Ulrich	Modellierung und Implementierung der Funktion von Windenergiekonvertern in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von autonomen Energieversorgungssystemen Betreuer : Sourkouis
Wilhöft, Olaf Adolf	Ermittlung des Einflusses von Anlagentransformatoren auf die Ergebnisse der Netzverträglichkeitsmessung an Windenergieanlagen Betreuer : Sourkounis

Dunz, Alexandra	Modelluntersuchungen der thermischen Belastungen von Gas-Hauseinführungskombinationen unter besonderer Berücksichtigung eines Stahl-Polyethylen-Überganges im Produktrohr Betreuer : Wehrmann
Wachsmuth, Guido	Programmieren einer echtzeitfähigen Bedienoberfläche zur Visualisierung der Steuerung einer vierphasigen Reluktanzmaschine Betreuer : Tavana-Nejad
Hosseini, Masoud	Untersuchung eines PI-Zustandsreglers mit Parameterumschaltung unter besonderer Berücksichtigung der Stellgrößenbegrenzung Betreuer : Goslar
Smolenski, Christian	Identifikation von Netzzinnenwiderständen durch rekursive Parameterabschätzung Betreuer : Wenske
Hofmann, Tim	Erstellung eines Konzeptes für eine Datenübertragungsanlage zur wetterbedingten Betriebsführung einer dezentralen Energieversorgungsanlage Betreuer : Beck
Wang, Zhi Yong	Simulation about Three-Phase Rectifier and Inverter Betreuer: Beck
Hofmann, Tim	Realisierung einer Datenübertragungsanlage zum Betrieb einer Energieversorgungsanlage im Inselbetrieb Betreuer : Beck

Wachsmuth, Guido

Programmierung einer echtzeitfähigen 16-Bit-Mikrocontroller-
Applikation zur Steuerung einer geschalteten vierphasigen Re-
luktanzmaschine

Betreuer : Tavana-Nejad

Assenmacher, Rolf

Identification Of Mechanical Models By Experiments On A
Rail Vehicle Drive On A Test Ranch

Betreuer : Beck

2 Veröffentlichungen, Dissertationen

2.1 Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente

Zeitschriften- und Tagungsaufsätze

Siehe hierzu auch die Anlagen 4-7.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| Beck/ Goslar | Aktive Schwingungsdämpfung in elektrischen Antrieben
Veröffentlicht in VDI-Berichte Nr. 1416, 1998 |
| Beck/ Tavana-Nejad | A New Inverter with Loadcommutation for Reluctance Machines
Koreanisch-Deutsches Symposium 02-06.11.98, Seoul, Korea |
| Janning/ Beck | High-Dynamic Vector Control with Adaptive Line Harmonic Adjustment for High Power Source Link Converters
Archiv für Elektrotechnik 12/1998 |
| Beck / Sourkounis / Wenske | Elektronische Synchronmaschine zur Energiekonditionierung in Verteilnetzen mit hohem Windenergieanteil DEWEK 1998 |
| /Soukounis / Beck / Wenske | Gesamtkonzept zur Konditionierung elektrische Energie aus fluktuierenden Quellen in dezentralen Netzen am Beispiel der Windenergie DEWEK 1998 |
| Winterling/ Beck/ Söffker/
Deleroi | Experimental Validation of Electromechanical Traction Drive Models
3.-5.6.98, Sorrento, Italien |

- Engel/ Beck/ Alders Verschleißreduzierende Radschlupfregelung mit hoher Kraftschlußausnutzung
Elektrische Bahnen 96, 1998
- Goslar / Beck Experimentelle Erprobung der Eigenwertvorgabe mittels Faustformeln
VFWH, AW 126, Abschlußbericht

Patentanmeldungen

- Thamodaran / Beck Verfahren zur Steuerung eines Lichtbogenschweißgerätes
Nr. 198 22 130.4-34
- Tavana / Beck Verfahren zur Speisung von geschalteten Reluktanz- und Transversalflußmaschinen mit integrierter Maschinenkommunikation
Nr. 198 51 712.2

Dissertationen:

- Rick, Frank Zur Erfassung der Geschwindigkeitsabhängigkeit des Kraftschlußbeiwertes eines hochbelasteten Rad-Schiene-Kontaktes (extern) TU Clausthal.
- Scholz, Michael Echtzeitberechnung des Luftspaltpomentes der Asynchronmaschine im stationären und dynamischen Betrieb mittels parameterunempfindlichem Beobachter
(extern)

Goslar, Marius Ein Beitrag zur anwendungsorientierten Zustandsregelung
elektrischer Hochleistungsantriebe 6 / 1998

Winterling, Max Oszillations in Rail Vehicle Traction Drives
TU Delft, 1997

2.2 Vorträge / Seminare

Beck Liberalisierung des Energiemarktes
06.05.98, Ev. Studentengemeinde Clausthal

Beck Aktive Schwingungsdämpfung in elektrischen Hochleistungs-
antrieben ; VDI-Tagung , 10./11. 09.98, Frankenthal

Beck Energieforschung an der TU Clausthal
12.02.98, Hannover

Beck / Sourkounis Technische Möglichkeiten zukünftiger Versorgungsstrukturen
CUTEC Clausthal, 16.08.98

Hausberg ”Vom Batteriefahrzeug...zum Elektrobrennstoffzellen-PKW”
18.06.98, IEE

Vollmer Gasnetzsimulation und Gasbeschaffenheitsverfolgung
23./24.09.98, IDS, Karlsruhe

Beck Lebensdauersteigernde Kraftschlußregelung
01.07.98, Deutsche Bahn AG, Bad Homburg

Beck / Vollmer Online-Zustandsschätzungen für regionale Transportnetze der
GVT, 25./26.03.98, Erfurt

Wenske/ Sourkounis Elektronische Synchronmaschine zur Energiekonditionierung in Verteilnetzen mit hohem Windenergieanteil
DEWEK 1998, 21.+22.10.98, Wilhelmshaven

2.3 Technische Notizen, Berichte

Beck/Sourkounis/Rösner Schalten von Asynchrongeneratoren mittels Softstarter, 04/98

Beck/Wolf Simulation eines Pulswechselrichters zur Speisung von Inselnetzen, 08/98

Vollmer Zustandsbeobachtung für das 25-bar-System der GVT bei Verwendung echter Meßdaten, 08/98

Vollmer Zur Dynamik regionaler Erdgastransport- und Verteilnetze, 08/98

Vollmer Systemtechnische Betrachtungen der Teilnetzmengenschätzung, 09/98

Dunz / Wehrmann / Beck Prüfung der thermischen Belastbarkeit von Gashauseinführungskombinationen

Rösner Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben "Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller"

2.4 Geförderte Forschungsvorhaben

Im Berichtszeitraum wurden folgende geförderten Forschungsvorhaben bearbeitet :

DFG-Vorhaben A 18 des Sonderforschungsbereiches 180, zusammen mit dem Institut für Betriebsfestigkeit und Maschinelle Anlagentechnik der TU Clausthal

”Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredderanlagen (Shredder)”

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dr.-Ing. Sourkounis

DFG-Vorhaben Nr. Be 1496 / 3-2

”Stromrichterspeisung und Maschinenregelung für neuartige Reluktanzmotoren mit doppelseitiger Polausprägung”

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Tavana-Nejad

VFWH-Forschungsantrag AW 127

On-line Parameteridentifikation mit genetischen Algorithmen für Walzantriebe mit

Zustandsregler

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Turschner

DFG-Vorhaben

”Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller”

(Be 1496 / 9-1)

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Rösner

VFWH-Antrag AW 128

”Adaptive Zustandsregelung mit genetischen Algorithmen für Haspelantriebe”

Status: genehmigt

Start 01/99

DGF-Vorhaben

”Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller”

(Be 1496 / 9-2)

Status. genehmigt

Start 01/99

Gasversorgung Thüringen (GVT) GmbH

Gasnetzsimulation für das Gasnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH (GVT)

Status: genehmigt, Laufzeitende 6/99

Bearbeiter: Vollmer

EU-Projekt :

High performance power conditioner for electricity storage : Optimized control of charging and discharging currents in renewable energy systems

(JOR 3-CT-98-0216)

Bearbeiter : Dr. rer.-nat. Wenzl

Dr.-Ing Wehrmann

Dipl.-Ing. Ropeter

Deutsche Bahn-AG :

Berechnung der magnetischen Ersatzflußdichte im Innern von Schienenfahrzeugen am Beispiel des ICE-3

Bearbeiterin : Dipl.-Phys. Salander

Status: genehmigt

Start 01/99

2.5 Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte

Exkursionen:

Besichtigung des ICE-Werkes in Hamburg-Eidelstedt

Besichtigung der DETA Akkumulatorenwerke, Bad Lauterberg

Excursion zu ALSTOM-Linke-Hoffmann-Busch GmbH, Salzgitter

Zum Abschluß der Vorlesungen "Geschichte der Energietechnik II" und "Elektrizitätswirtschaft" wurde eine dreitägige Exkursion durchgeführt. Zusätzlich zu einem Vortrags- und Seminarprogramm wurden folgende Besichtigungen durchgeführt

- Urananreicherungsanlage Gronau
- Brennelementzwischenlager Ahaus
- Thyssen Stahl AG, Duisburg
- Steag Essen

Besuch der GASAG - Berliner Gaswerke AG - mit folgenden Programmpunkten :

- Vorträge zu Netzaufbau und -organisation
- Besichtigung von Netzleitwarte, Erdgasspeicher und eines neuen Verlegeverfahrens und der Berliner Verkehrsbetriebe BVG
- Leittechnik
- Neue Antriebskonzepte

Gastaufenthalte:

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

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

3 Forschungsarbeiten

3.1 Ausbau der Institutseinrichtungen

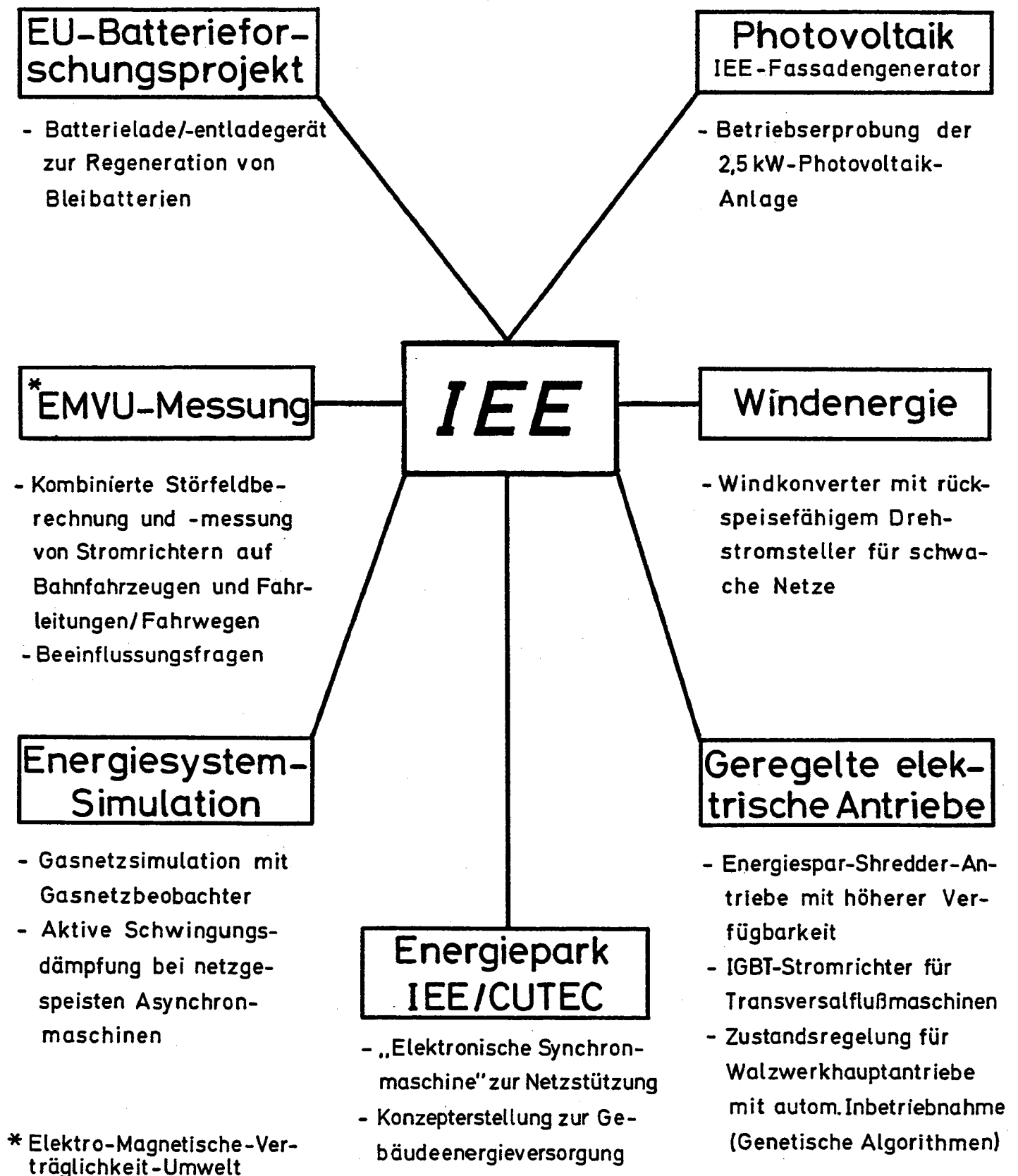
Zur weiteren Komplettierung der Institutseinrichtungen wurden folgende Neuanschaffungen getätigt:

- Fertigstellung des AMOEVES-Prüfstandes für Grundswingungs-Vierquadranten-Getriebe
- "Power-Analyser" zur Untersuchung der Netzqualität und hochgenauer Wirkungsgradbestimmung
- 8-Kanal-Schnellschreiber
- WAP-Rechnerpool zur Erneuerung der Rechnerplatzausstattung für wissenschaftliche Mitarbeiter
- Vollständiger Anschluß an das Glasfasernetz der Hochschule
- Fertigstellung eines selbstgeführten 20kVA-Maschinenstromrichters mit -MC-Steuerinrichtung zur Speisung von Transversalflußmaschinen

3.2 Projektblätter

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

Forschungsgebiete des Instituts



Ausgangssituation: Zunehmend werden von Gasversorgungsunternehmen als Hausanschlüsse sogenannte Hauseinführungskombinationen (HEK) eingesetzt, bei denen das druckfeste „Produktrohr“ innerhalb des Hauses aus Stahl (St 37) besteht und nach außen in ein Kunststoff-Gasrohr aus Polyäthylen hoher Dichte (PE-HD) übergeht (Bild 1). Das Stahlrohr stellt mit Anschlußflansch und Hauptabsperreinrichtung die Verbindung zum hausinternen Netz dar. Das PE-Produktrohr ist flexibel verlegbar und läßt sich leicht an die hausederne Gasversorgungsleitung anschließen. Um die gesamte Anordnung befindet sich im Bereich der Grundmauer oder Haus-Bodenplatte ein Kunststoffmantel, welcher dem Korrosionsschutz dient und über eine mineralische Außenhülle eine innige mechanische Verbindung mit dem umgebenden Mauerwerk gewährleistet.

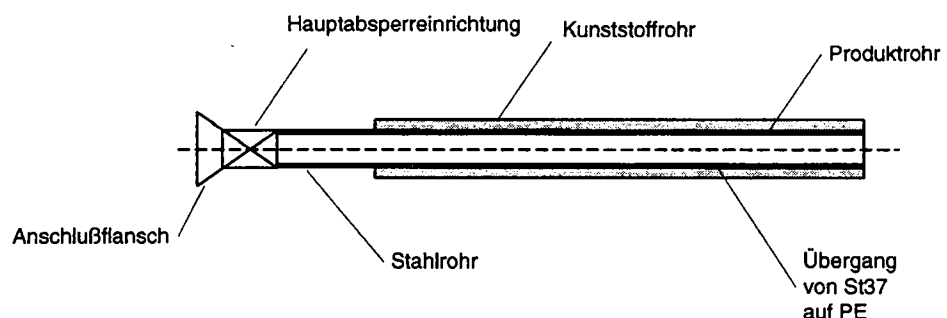


Bild 1 Prinzip-Darstellung einer Gas-Hauseinführungskombination

Problem: Das DVGW-Vorschriftenwerk stellt hohe unter anderem Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit der Gasinstallation. Auch bei einer Temperatur von 650 °C, evtl. hervorgerufen durch einen Brand, muß die Gas-Dichtheit über einen Zeitraum von mindestens 30 Minuten gewährleistet sein. Gasleitungen aus Polyäthylen sind auf eine maximal zulässige Einsatztemperatur von 70° C beschränkt. Daraus folgt, daß auch unter den o.g. Bedingungen am Übergang vom St 37 auf PE diese Temperaturgrenze nicht überschritten werden darf.

Lösungsweg: Zur Klärung des Gefährdungspotentials werden Messungen an einem den realen Verhältnissen nachempfundenen Modellprüfstand mit verschiedenen realen HEK durchgeführt. (Bild 2) Ergänzend zu den Messungen wird der Temperaturverlauf in der HEK und dem umgebenden Mauerwerk mit Hilfe der Methode der finiten Elemente (Programm ANSYS) berechnet. Zusätzlich zu Untersuchungen an HEK wird anhand einer Näherungsrechnung und der FEM-Simulation ermittelt, ob im Falle eines Hausbrandes für im Erdreich unter der Bodenplatte verlegte Gasleitungen eine thermische Gefährdung besteht.

Projekt: Thermischen Belastung von Gas-Hauseinführungskombinationen unter besonderer Berücksichtigung eines Stahl-Polyethylen-Überganges im Produktrohr

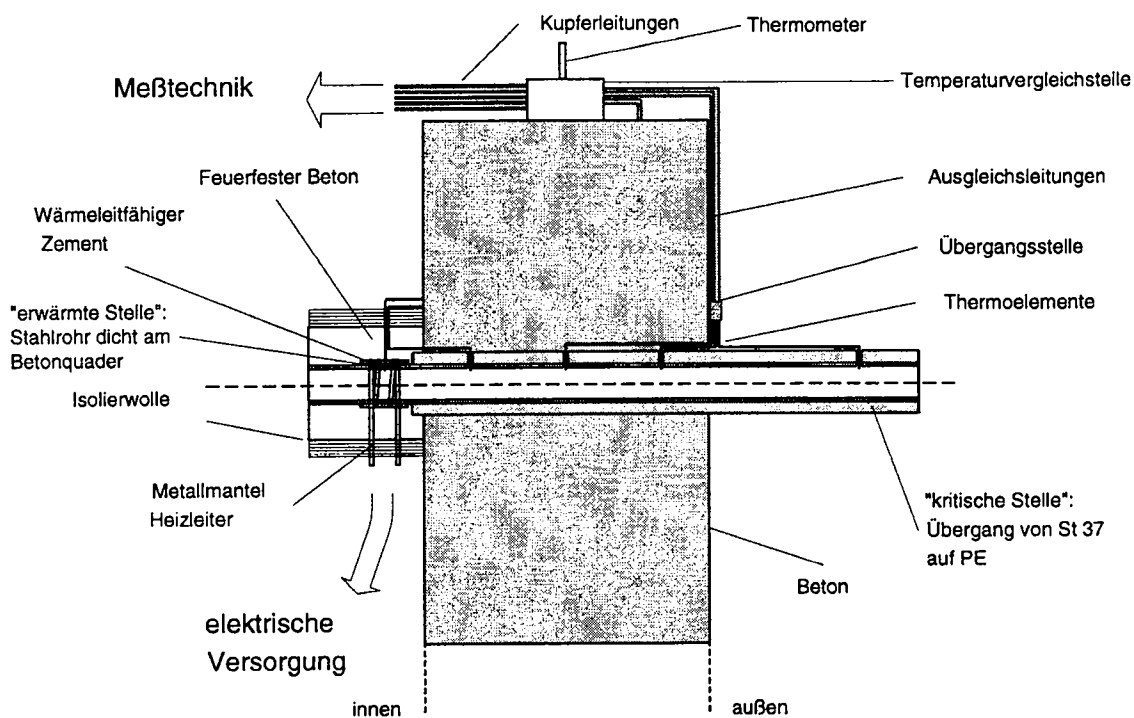


Bild 2 Modellprüfstand zur Erwärmungsmessung von Gas-Hauseinführungskombinationen

Meßergebnisse:

Für die Messung wird das Stahl-Produktrohr direkt an der Innenwand mittels Heizleiter innerhalb von 3 Minuten auf ca. 650 °C erhitzt. An 5 Punkten (MP6 bis MP 10) wird die Temperatur des Stahlproduktrohres über Thermolemente gemessen. Meßpunkt 6 gibt die Temperatur der Aufheizstelle wieder, an Meßpunkt 10 liegt der Übergang ST / PE. Bild 3 verdeutlicht, daß die Temperatur an der kritischen Stelle (MP 10) nach 30 Minuten nur geringfügig (ca. 1 K) über die Umgebungstemperatur von 20 °C angestiegen ist. Des weiteren ist aus Bild 3 ersichtlich, daß sich der Tem-

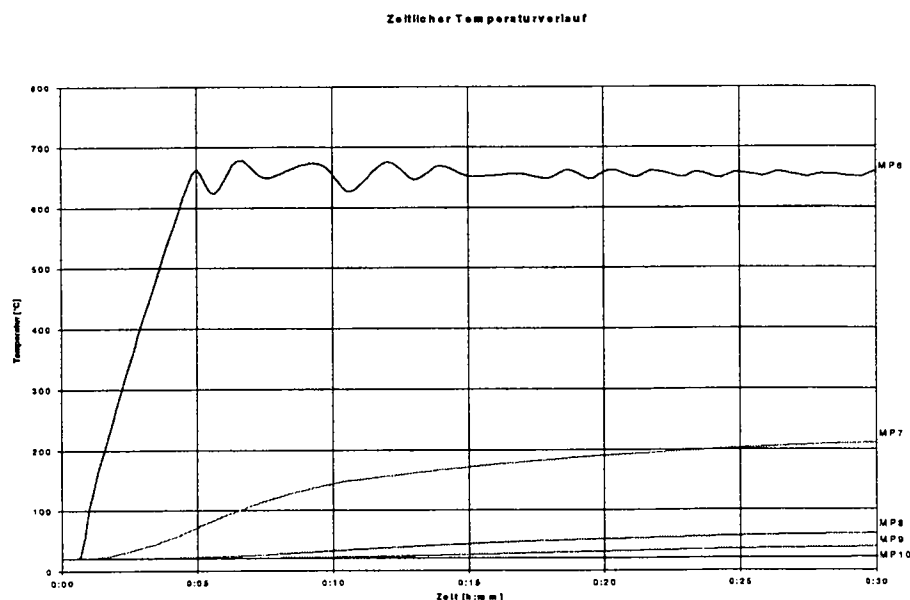


Bild 3 Gemessener Temperaturverlauf im Modellprüfstand

Projekt: Thermischen Belastung von Gas-Hauseinführungskombinationen unter besonderer Berücksichtigung eines Stahl-Polyethylen-Überganges im Produktrohr

peraturverlauf dem stationären Fall annähert. Dies läßt die Annahme zu, daß auch bei längerer Aufheizung die kritische Temperatur von 70 °C am Meßpunkt 10 nicht erreicht wird.

Die Temperaturverteilung über die Längsachse der HEK zum Zeitpunkt $t = 30$ Minuten zeigt Bild 4. Hier ist der steile Temperaturabfall im Anfangsbereich der Einmauerung der HEK zu erkennen (MP 6 bis MP 8). Die Heizleistung wird also zu einem großen Teil über den Kunststoffmantel der HEK in das umgebende Mauerwerk abgeführt, und nur zu einem geringen Anteil in Längsrichtung des Stahlproduktrohres geleitet. Am Übergang St / PE entsteht daher nur eine geringfügige Temperaturerhöhung (ca. 1 K).

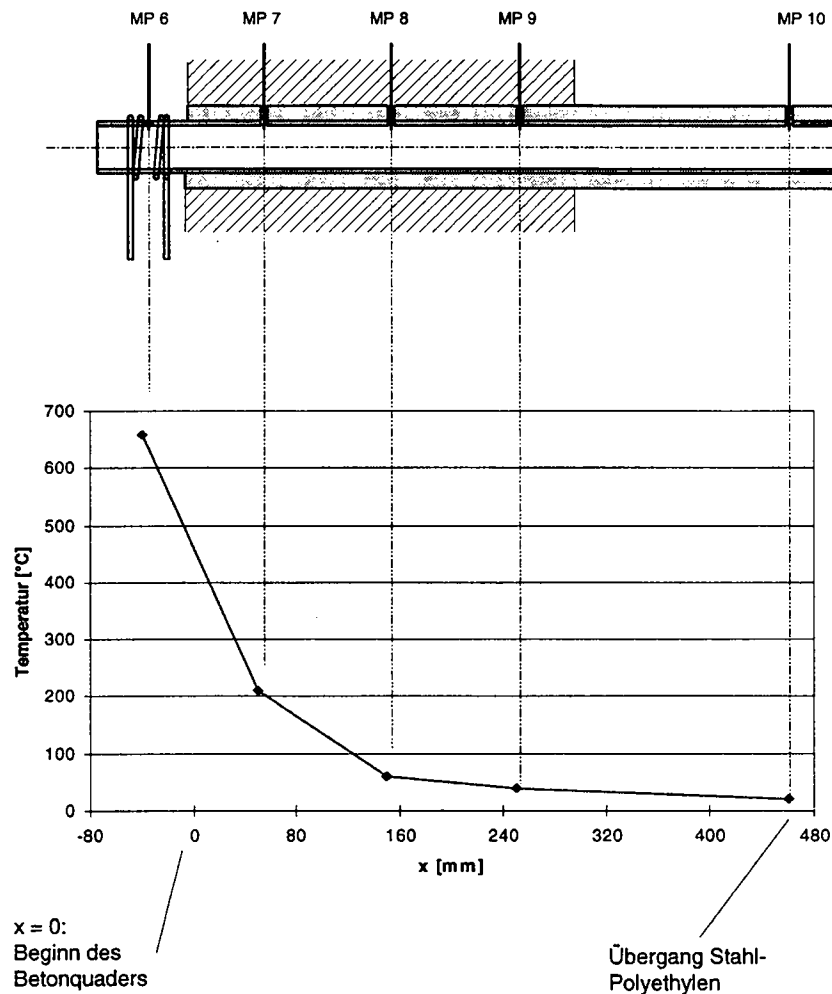


Bild 4 Gemessener räumlicher Temperaturverlauf im Modellprüfstand

Simulationsergebnisse: Die gemessenen Erwärmungsverläufe werden durch die FEM-Simulation mit ANSYS (Bild 5) bestätigt. Auch hier ergibt sich am Übergang ST / PE (in Bild 5 unten rechts) nur eine geringfügige Temperaturerhöhung (ca. 1,4 K). Die gute Übereinstimmung von Messung im Modellprüfstand und Simulation wird in Bild 6 deutlich.

Projekt: Thermischen Belastung von Gas-Hauseinführungskombinationen unter besonderer Berücksichtigung eines Stahl-Polyethylen-Überganges im Produktrohr

Geringfügige Abweichungen sind nur im Anfangsbereich der Einmauerung zu erkennen, wo eine große Wärmeableitung in das Mauerwerk erfolgt. Hier wird durch die hohe Temperatur der Kunststoffmantel aufgeschmolzen und zersetzt (Bild 7), so daß die Materialdaten für die Simulation nicht so präzise angebar sind.

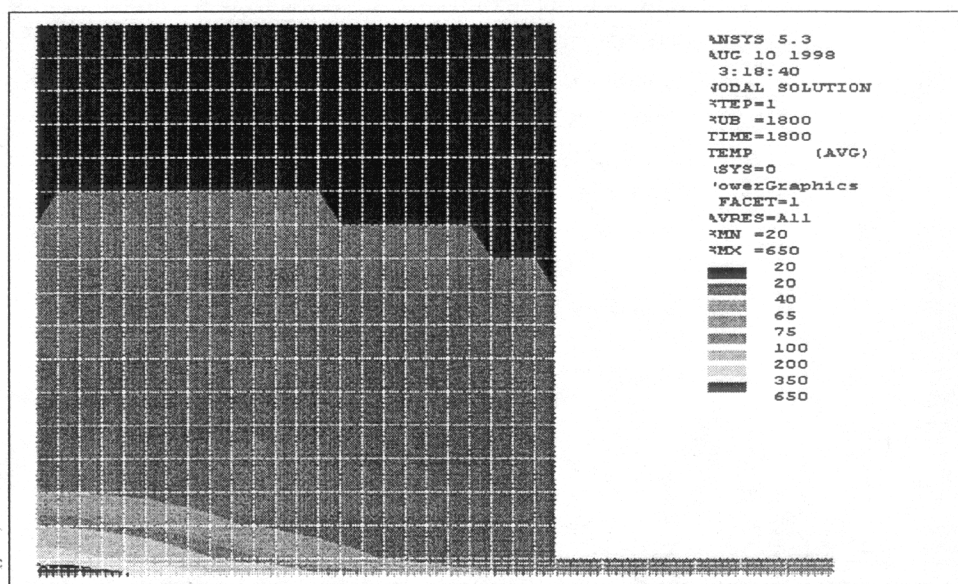


Bild 5 Instationärer simulierter Temperaturverlauf zum Zeitpunkt $t = 30$ Minuten

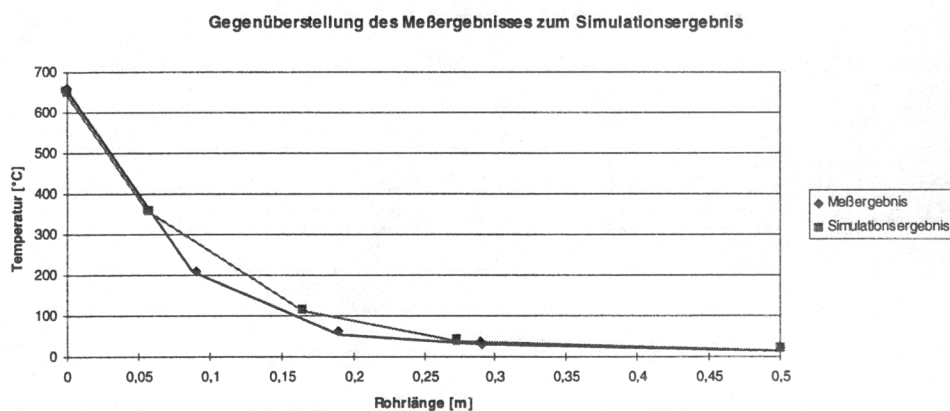


Bild 6 Vergleich des gemessenen und simulierten räumlichen Temperaturverlaufes

Bearbeiter:

Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann
Tel.: 05323 / 72-2595
E-mail: wehrmann@iee.tu-clausthal.de

Cand.-Ing. A. Dunz

Datum:

01.12.98

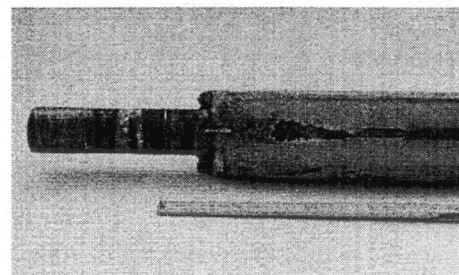


Bild 7 Foto einer HEK nach dem Erwärmungsversuch

Projekt: Thermischen Belastung von Gas-Hauseinführungskombinationen unter besonderer Berücksichtigung eines Stahl-Polyethylen-Überganges im Produktrohr

Ziel: Energiekonditionierung mit Hilfe einer Elektronischen Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis (ELSAD) zur netzverträglichen Einbindung von regenerativen Energiequellen in leistungsschwache Verbund- und autonome Inselnetze

Lösungsweg: siehe Jahresbericht 1994

Prüfstand: - (Siehe **Bild1**) Grundswingungsleistungsflußregelung im Netzparallelbetrieb mit entkoppelter Wirk- und Blindleistungsflußregelung durch den Pulswechselrichter (PWR) und Inselnetzbetrieb mit passiven und aktiven Lasten (R, ASM, SM)

Stand der

Untersuchungen: - Implementierung einer digitalen Regelung zur Stützung eines schwachen Versorgungsnetzes mit Hilfe eines GTO-Pulswechselrichters. An der sog. ELSAD-Anlage mit Leistungsflußregelung werden derzeit Messungen im Insel- und Netzparallelbetrieb durchgeführt (**Bild 2,3**).

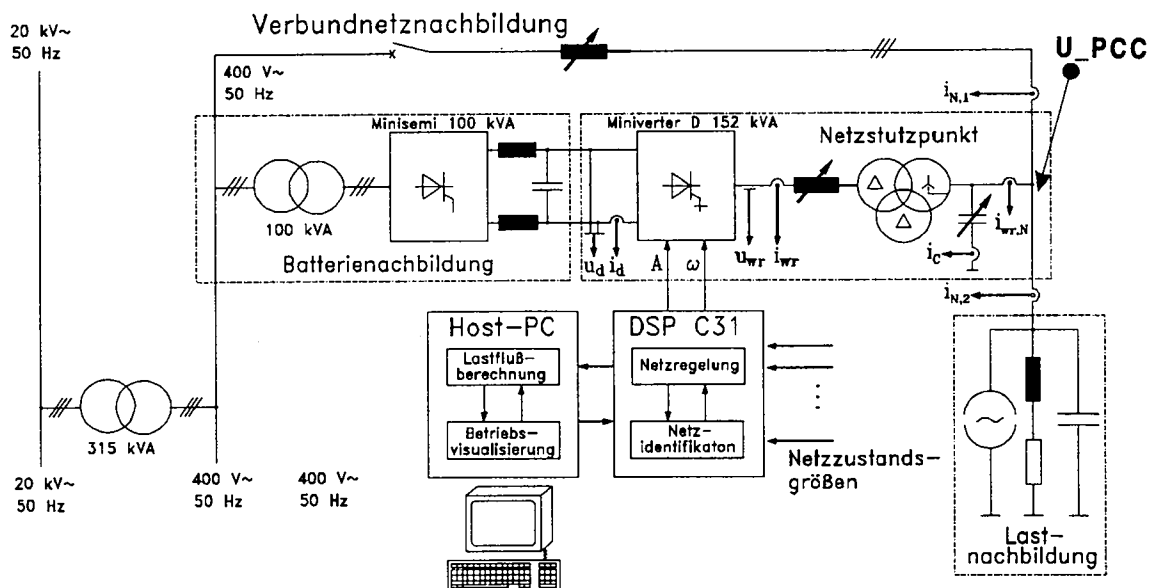


Bild 1 Prüfstands Aufbau des Netzstützpunktes in der Halle des IEE

Projekt: AMOEVES (Autonome Modulare Energieversorgungssysteme)
Teilprojekt: Aufbau einer batteriegespeisten Netzstützeinrichtung ELSAD (Elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis)

Zu diesem Projekt durchgeführte Studien- und Diplomarbeiten:

- 1) Realisierung einer on-line Lastparameterschätzung eines Energieversorgungsteilnetzes mit Hilfe eines digitalen Signalprozessorsystems
(Christian Smolenski, abgeschlossen 7/98)
- 2) Entwicklung einer grafischen Benutzerschnittstelle für ein PC-Signalprozessorsystem am Beispiel einer Zustandsregelung
(Marko Schröder, abgeschlossen 4/98)
- 3) Aufbau einer Einrichtung zur Polradwinkelmessung und Erstellung einer Software zur Meßwertvisualisierung
(Holger Heiner, voraussichtlich abgeschlossen 1/99)

Weitere Aktivitäten :

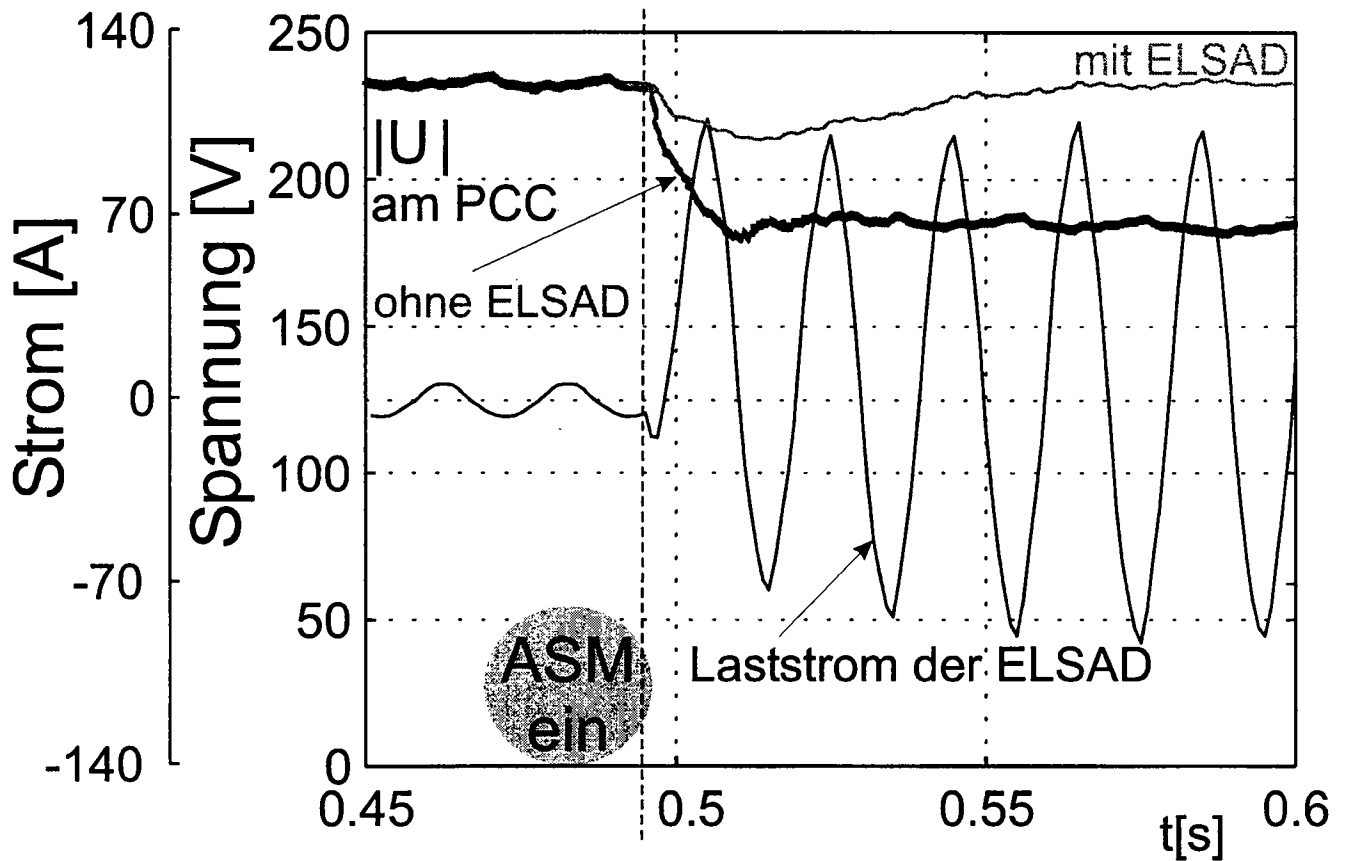
Studienarbeiten und Diplomarbeiten:

- 1) Entwurf und Realisierung eines digitalen dreiphasigen Pulsmustergenerators für U-Umrichter mit analoger und digitaler Schnittstelle
(Jörg Jahn, voraussichtlich abgeschlossen 1/99)
- 2) Entwurf und Realisierung eines Pulswechselrichters mit Spannungszwischenkreis und digitaler Steuerelektronik
(Volker Gärtner, voraussichtlich abgeschlossen 1/99)

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

Datum: 20.11.1998

Projekt: **AMOEVES** (Autonome **M**odulare **E**nergie**v**ersorgungssysteme)
Teilprojekt: Aufbau einer batteriegespeisten Netzstützeinrichtung **ELSAD**
(Elektronische **S**ynchronmaschine mit aktivem **D**ämpferkreis)

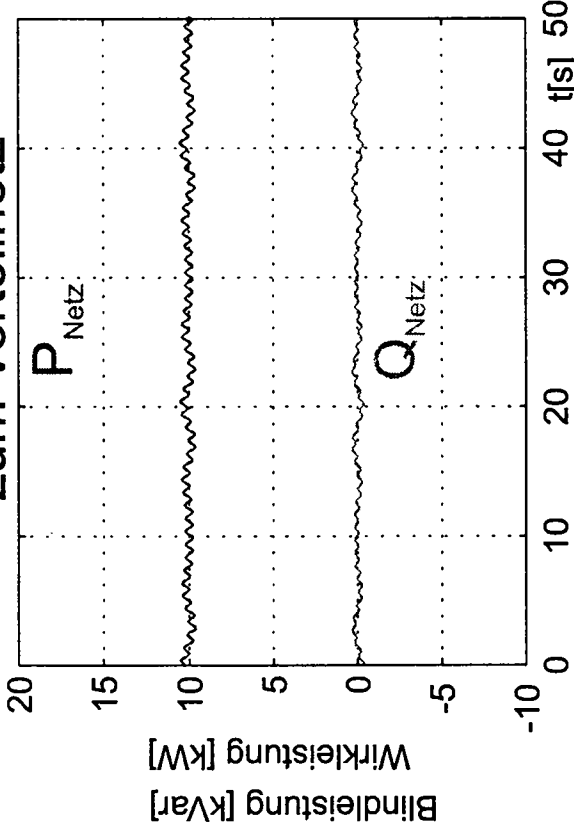


Rel. Spannungseinbruch $\Delta U/U$ am PCC:

- ELSAD abgeschaltet 20%
 - ELSAD eingeschaltet 7%
- (Ausregelzeit hier 50ms)

Abb.2 Meßergebnisse direktes Einschalten mit motorischem Anlauf

Konditionierte Leistungsflüsse zum Verteilnetz



Leistungsflüsse der Erzeuger

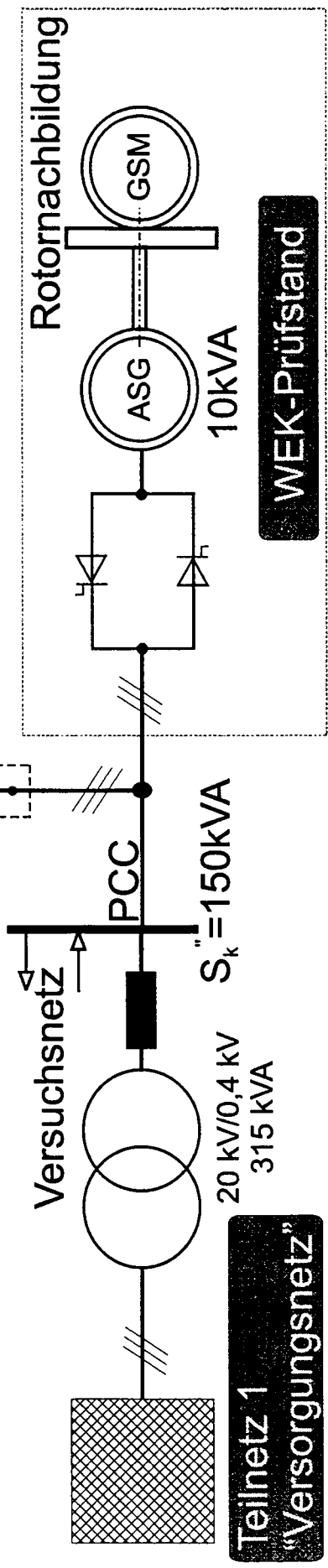
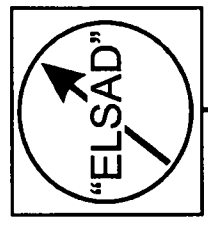
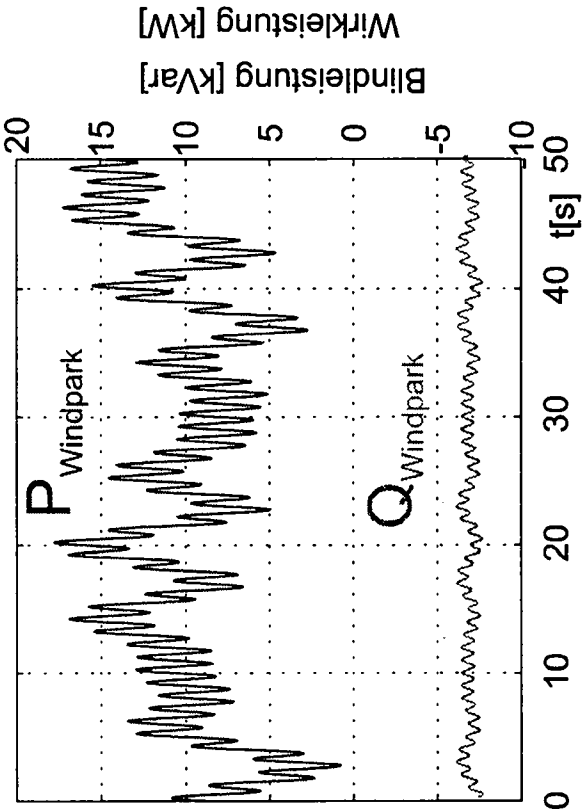


Abb.3 Prinzipieller Prüfstandsaufbau für die Energiekonditionierung durch Leistungsflußregelung

Jan Wenske
1.10.1998

-
- Ziel:** Einsatz eines Echtzeit-Gasnetzsimulationssystems zur Unterstützung einer sicheren und wirtschaftlichen Gasversorgung (Netzführung, Bezugsoptimierung).
Insbesondere: Ermittlung nicht online gemessener Ausspeisemengen durch Einsatz eines Zustandsbeobachters.
- Lösungsweg:**
- Siehe Jahresbericht 1996.
- Hinzugekommener Lösungsansatz:
- Aufteilung eines Versorgungsnetzes in Teilnetze.
 - Anwendung der sogenannten Teilnetzmengenschätzung (spezielle Betriebsart des GANBEO-Verfahrens zur Zustandsbeobachtung in Gasnetzen) zur Ermittlung nicht gemessener Ausspeisemengen.
- Stand der Untersuchungen:**
- Entwicklung eines geeigneten Beobachtermodells für das 25bar-Hochdrucksystem der GVT („Referenznetz“) entsprechend der vorhandenen Meßinfrastruktur.
 - Vergleichende Anwendung der Zustandsbeobachtungen mit dem Programmsystem Online-GANESI (Verfahren GANBEO) und dem quasistationär formulierten MATLAB-Beobachtersystem.
 - Gewinnung eines konsistenten Meßdatensatzes für das Referenznetz und Testen der Zustandsbeobachtung für das genannte Teilnetz unter Verwendung realer Meßdaten.
 - Identifikation der Rohrrauigkeiten des Referenznetzes durch Anwendung eines Evolutionären Algorithmus.
 - Systemtechnische Betrachtung der Betriebsart „Teilnetzmengenschätzung“ des Online-GANESI zur Ermittlung nicht gemessener Ausspeisemengen.
 - Teilnetzbildung für das Versorgungsgebiet der GVT.
 - Anwendung der Teilnetzmengenschätzung auf zwei weitere Netzbereiche des GVT-Versorgungsgebietes.
- Dokumentation:**
- „Zustandsbeobachtung für das 25bar-System der GVT bei Verwendung echter Meßdaten“
Technische Notiz des IEE, 08. August 1998

- „Zur Dynamik regionaler Erdgastransport- und -verteilnetze“
Technische Notiz des IEE, 28. August 1998
- Vortrag „Online-Zustandsschätzung für regionale Transportnetze der GVT“
Workshop „Gasnetzsimulation / Gasbezugsoptimierung“ am 25./26.03.98 in Erfurt
- Vortrag „Gasnetzsimulation und Gasbeschaffungsverfolgung“
Anwendersymposium „Fernwirk- und Leitsysteme für die Gaswirtschaft“ der Fa. IDS GmbH am 23./24.09.98 in Karlsruhe

- Weitere Aktivitäten:**
- Mitarbeit bei der Vorbereitung des Workshops „Gasnetzsimulation / Gasbezugsoptimierung“ am 25./26.03.98 in Erfurt.
 - Redaktion und redaktionelle Bearbeitung des Tagungsbandes zum genannten Workshop.

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

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

Die genannte Teilnetzbildung erfolgte gemeinsam mit der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH und dem Ingenieurbüro Dr. Weimann (IBW).

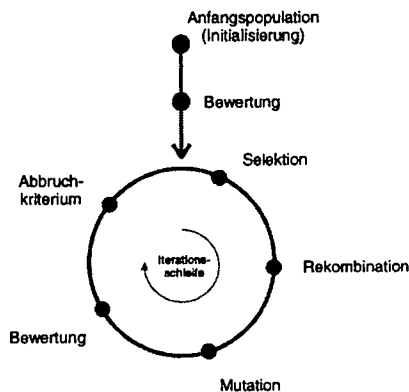


Abb. 1: Grundschema eines Evolutionären Algorithmus (EA)

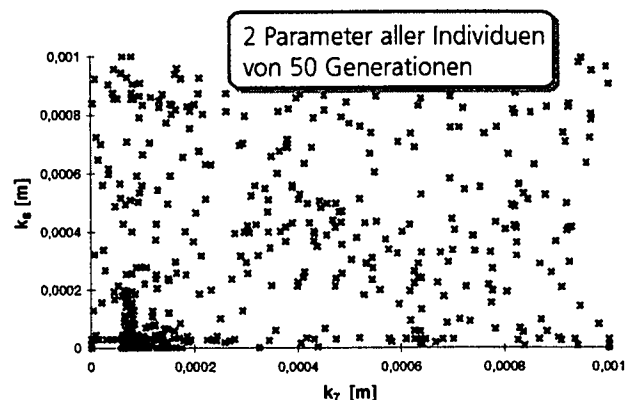


Abb. 2: Identifikation von Rohrrauigkeiten des Referenznetzes durch Anwendung eines EA

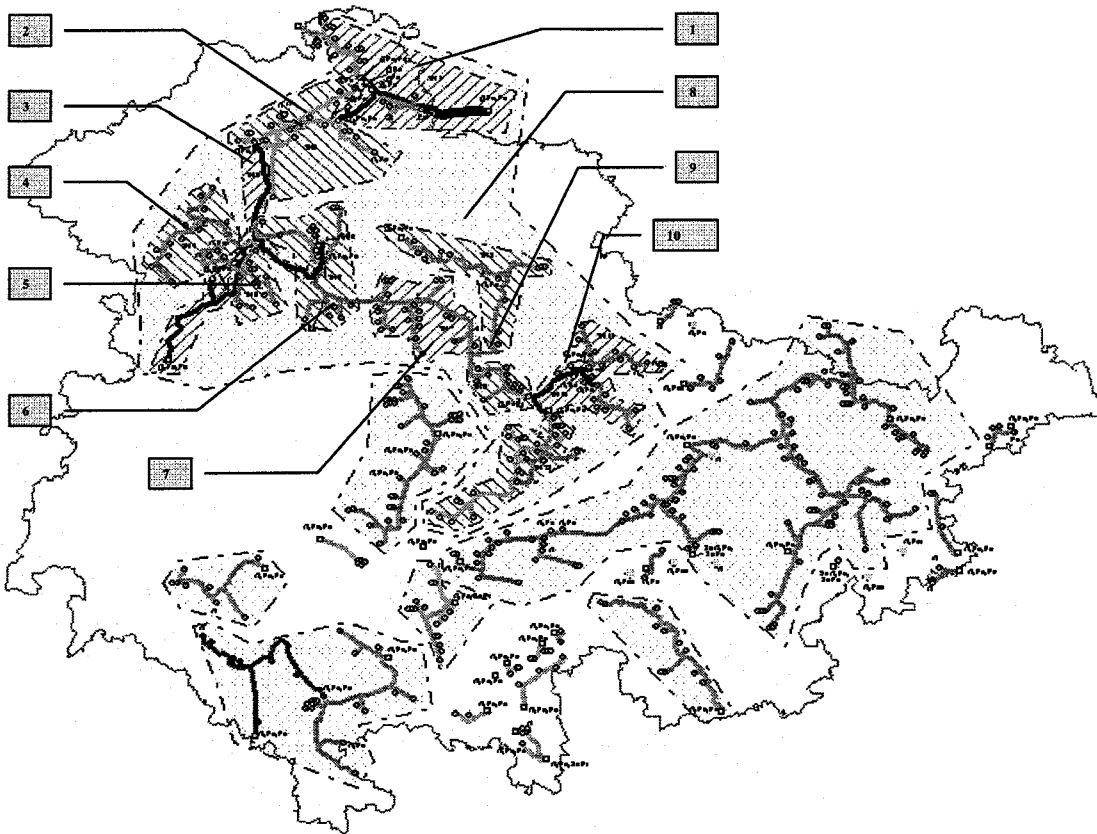


Abb. 3: Teilnetzbildung für das Versorgungsgebiet der GVT (mit den 12 Teilnetzen des Bereichs Nordthüringen)

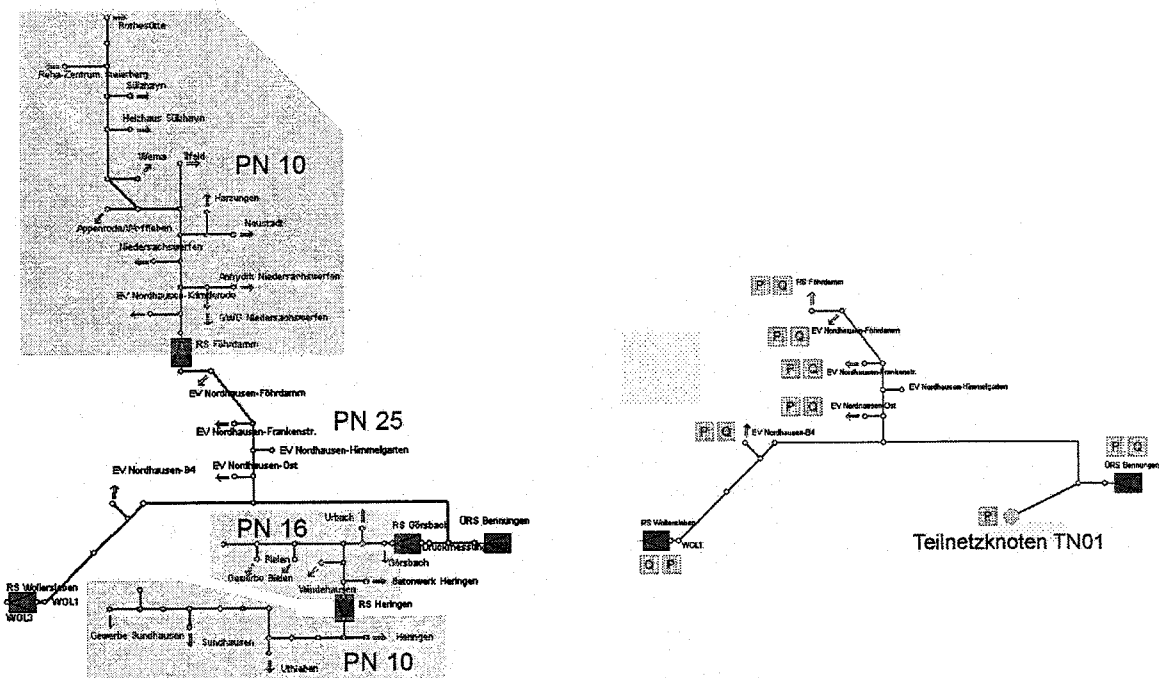


Abb. 4: Modell eines Teilnetzes (links) und Beobachter-Netzmodell für die Zustandsbeobachtung mit Teilnetz-mengenschätzung (rechts)

- Problem:** Zur Auslegung und Inbetriebnahme eines PI-Zustandsreglers für elektrische Antriebe mit schwingungsfähiger Mechanik ist die genaue Kenntnis der Streckenparameter nötig. Erschwerend kommt hinzu, daß sich bei manchen Anwendungen die Streckenparameter ändern, so daß eine Adaption der Regelparameter nötig wird. Mit Hilfe geeigneter Verfahren können die Parameter der Strecke aus den gemessenen Signalverläufen identifiziert werden.
- Ziel:** Ziel des Vorhabens ist es, eine Strategie zu entwickeln und am Prüfstand zu erproben, die die Inbetriebnahme des PI-Zustandsreglers ohne Expertenwissen und ohne Kenntnis der Streckenparameter erleichtert. Zusätzlich sollen sich ändernde Streckenparameter identifiziert und der Regler durch Adaption der Regelparameter selbständig an die Erfordernisse angepaßt werden. Das Verfahren soll mit Hilfe eines handelsüblichen Umrichters erprobt werden.
- Arbeitsschritte:**
- Beschreibung der Regelstrecke (Mehrmassenschwingers) durch das Modell eines Zweimassenschwingers.
 - Programmierung eines numerischen Integrationsverfahrens zur Simulation des Zweimassenschwingers auf dem Prozeßrechner.
 - Implementierung des Genetischen Algorithmus zur Identifikation, des Integrationsverfahrens und eines Gütefunktional in ein ablauffähiges Hochsprachenprogramm.
 - Programmierung einer Windows-Oberfläche zur leichteren Bedienbarkeit und zur Darstellung der Ergebnisse des Identifikationsvorganges.
 - Untersuchung alternativer Identifikationsverfahren auf ihre Eignung hinsichtlich einer echten Online-Identifikation und Erprobung in der Simulation.
 - Adaption der Regelparameter bei sich ändernden Streckenparametern.
 - Erprobung der Strategien am Prüfstand.
- Stand der Untersuchung:** Entwicklung der Identifikation über genetische Algorithmen inklusive einer Bedienoberfläche ist abgeschlossen
- Dokumentation:**
- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Online-Parameteridentifikation mit genetischen Algorithmen für Walzantriebe mit Zustandsregler*, Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW 127, Dezember 1998
 - Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, überarbeiteter Antrag auf Begutachtung bei der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., September 1998
- Vorträge:**
- 14. Mai 1998: *Online-Parameteridentifikation mit genetischen Algorithmen für Walzantriebe mit Zustandsregler*, Bericht über das Projekt VFWH-AW 127, Düsseldorf.
 - 29. Oktober 1998: *Online-Parameteridentifikation mit genetischen Algorithmen für Walzantriebe mit Zustandsregler*, Bericht über das

13. November 1998: *Parameteridentifikation für Walzantriebe mit Zustandsregler*, Vortrag anlässlich der Einweihung des neuen ITZ-Hörsaalgebäudes und des Gebäudes des Instituts für Informatik, Clausthal-Zellerfeld.

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

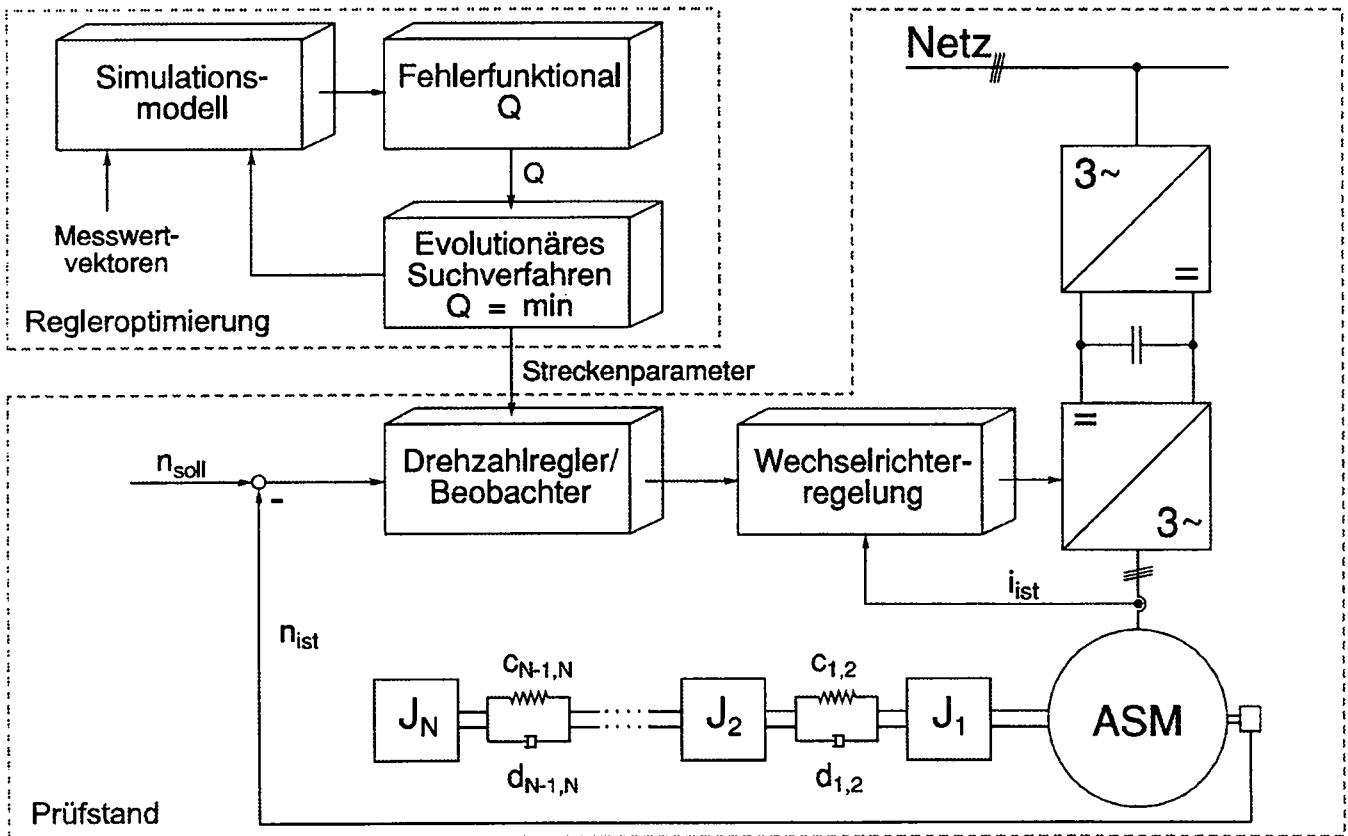


Bild 1: Allgemeines Strukturbild

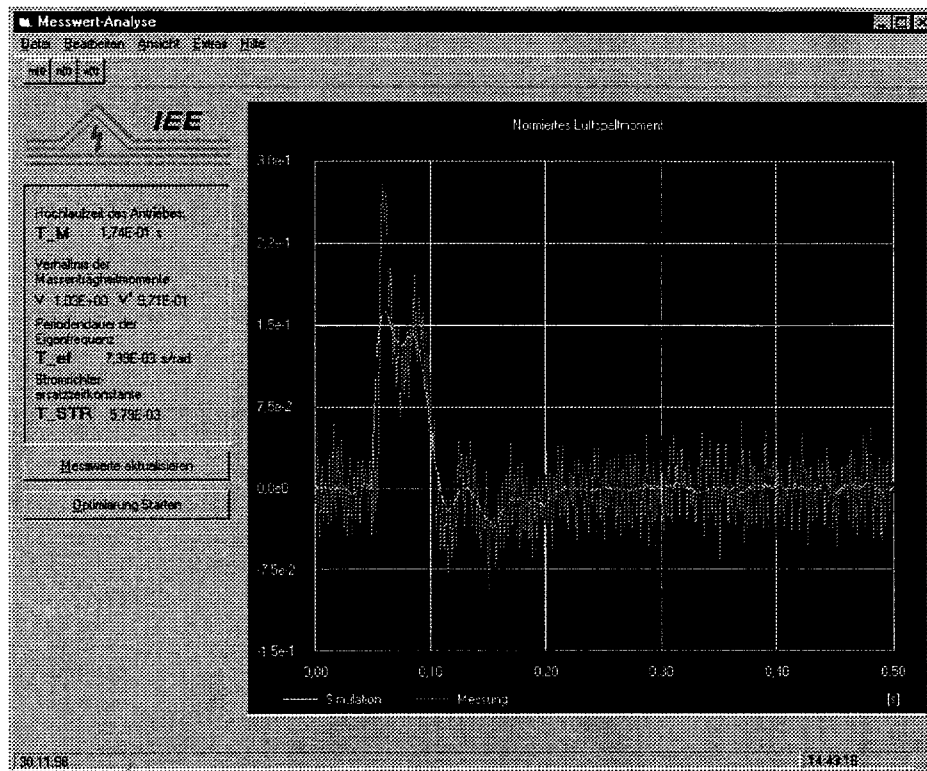


Bild 2: Meßwertanalyse nach erfolgter Optimierung

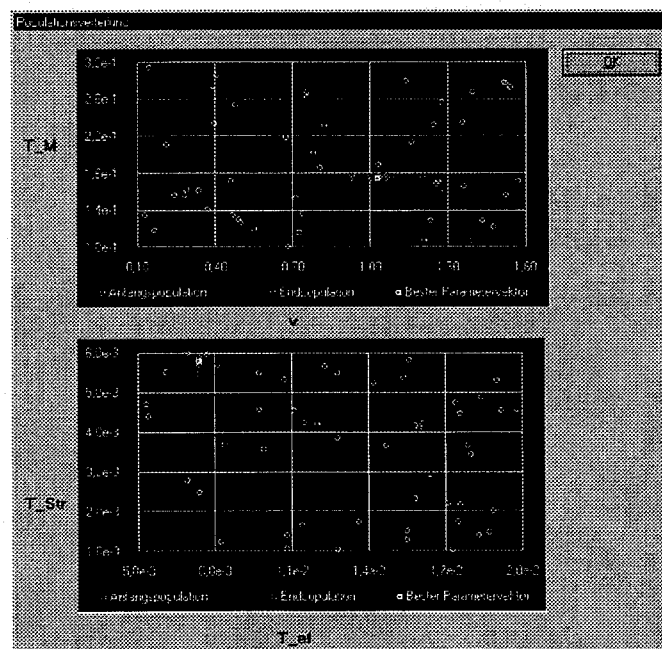


Bild 3: Populationsverteilung nach erfolgter Optimierung

Problem: Die selbsterregten Torsionsschwingungen in elektrischen Antrieben führen zu erhöhter Beanspruchungen in den elektromechanischen Komponente. Durch diese Beanspruchungen werden die Lebensdauer und die Verfügbarkeit von Maschinenanlagen verringert.

Ziel: Entwicklung einer Einrichtung, die eine aktive Bedämpfung der lastbedingten Torsionsschwingungen im Antriebsstrang eines Zwei-Massen-Systems durch wellenmomentabhängige Steuerung des Schlupfes vornimmt.

Lösungsweg:

- Simulationstechnische und experimentelle Untersuchung des Verhaltens von Antriebssystemen mit Asynchronmaschine ASM bei erzwungenen Schwingungen
- Realisierung und Verifizierung eines Programms zur Simulation eines Antriebssystems mit ASM und Doppelkäfigläufer
- Umrüstung einer Asynchronmaschine mit Doppelkäfigläufer ASMDK mit rotierender gepulster Läuferimpedanz.

Prüfstand: Zwei-Massen-Schwinger (Bild 1) bestehend aus umrichter gespeister (SIMOVERT P) Asynchronmaschine, die über eine elastische Welle mit der Gleichstrommaschine verbunden ist. Die Nachbildung der Lasteingangsfunktion LEF erfolgt über den stromrichter gespeisten (MINISEMI D) Gleichstrommotor. Ein Funktionsgenerator liefert die entsprechenden Stellgröße für den lastseitigen Umkehrstromrichter.

Stand der Untersuchungen:

- Untersuchung des Betriebsverhaltens der netz- und umrichter gespeister Asynchronmaschine bei sinusförmigen erzwungenen Schwingungen durch Simulation in MATLAB (Bild 2) und NETASIM und Messung am Prüfstand (Bild 3) wurde abgeschlossen.
- Ein Programm in NETASIM-Sprache zur Simulation eines Antriebssystems mit ASMDK (Bild 4) ist im Entwicklungsphase.

Dokumentation:

- Technische Notiz des *IEE* (Verfasser: A. Tulbure): "Möglichkeit zur aktiven Bedämpfung der Torsionsschwingungen im Antriebsstrang eines Systems mit ASMDK" (in Vorbereitung)
- genehmigter Antrag zur Bewilligung eines Promotionsstipendiums der Konrad-Adenauer-Stiftung.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Adrian Tulbure (Tel: 72-2939)

Datum: 25.11.1998

Projekt: Netzgespeiste ASM mit verlustarmer dynamischer Kennlinienverstellung

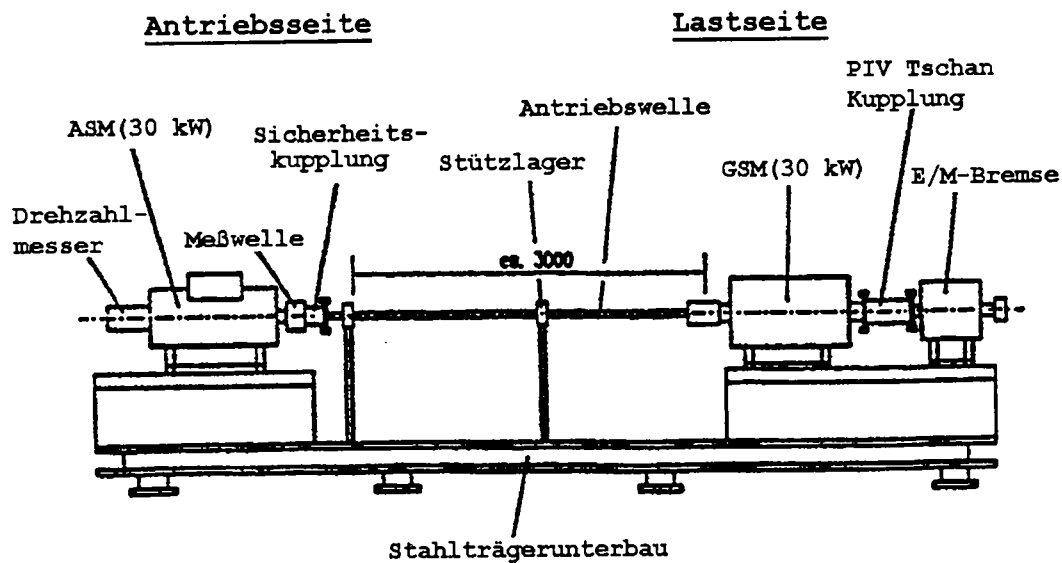


Bild 1: Aufbau des Prüfstandes

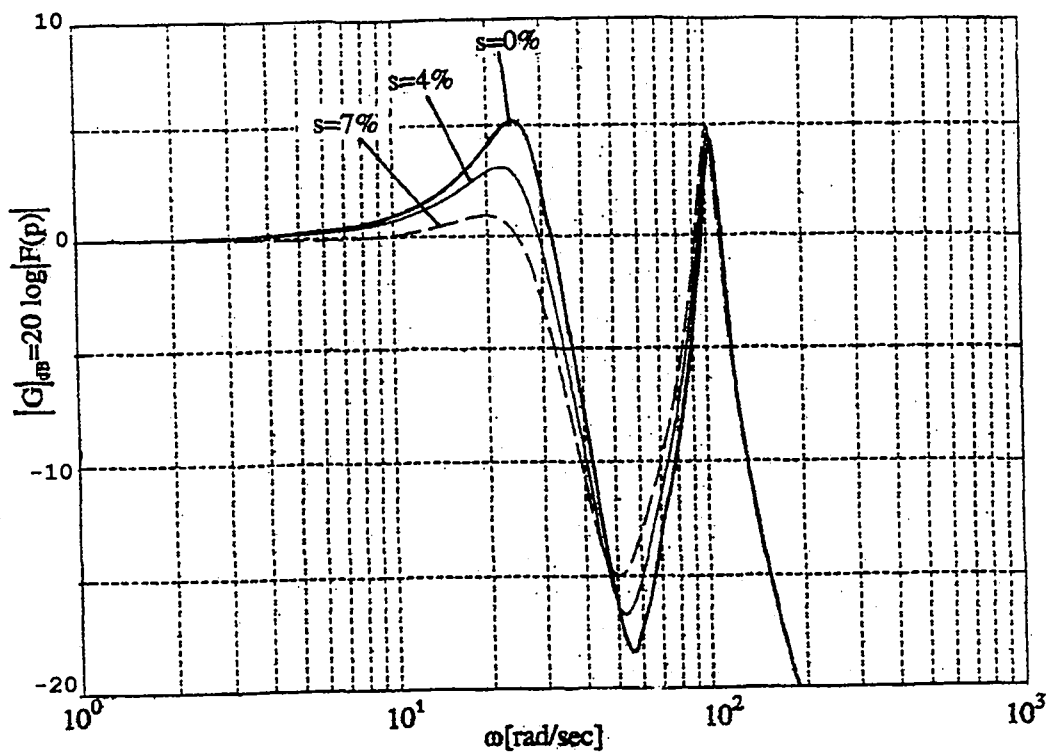


Bild 2: Bodediagramm der Übertragungsfunktion $F(p)=\Delta M_w(p)/\Delta M_L(p)$ für 2MS mit 30 kW ASM. Simulationsergebnisse mit MATLAB.

Projekt: Netzgespeiste ASM mit verlustarmer dynamischer Kennlinienverstellung

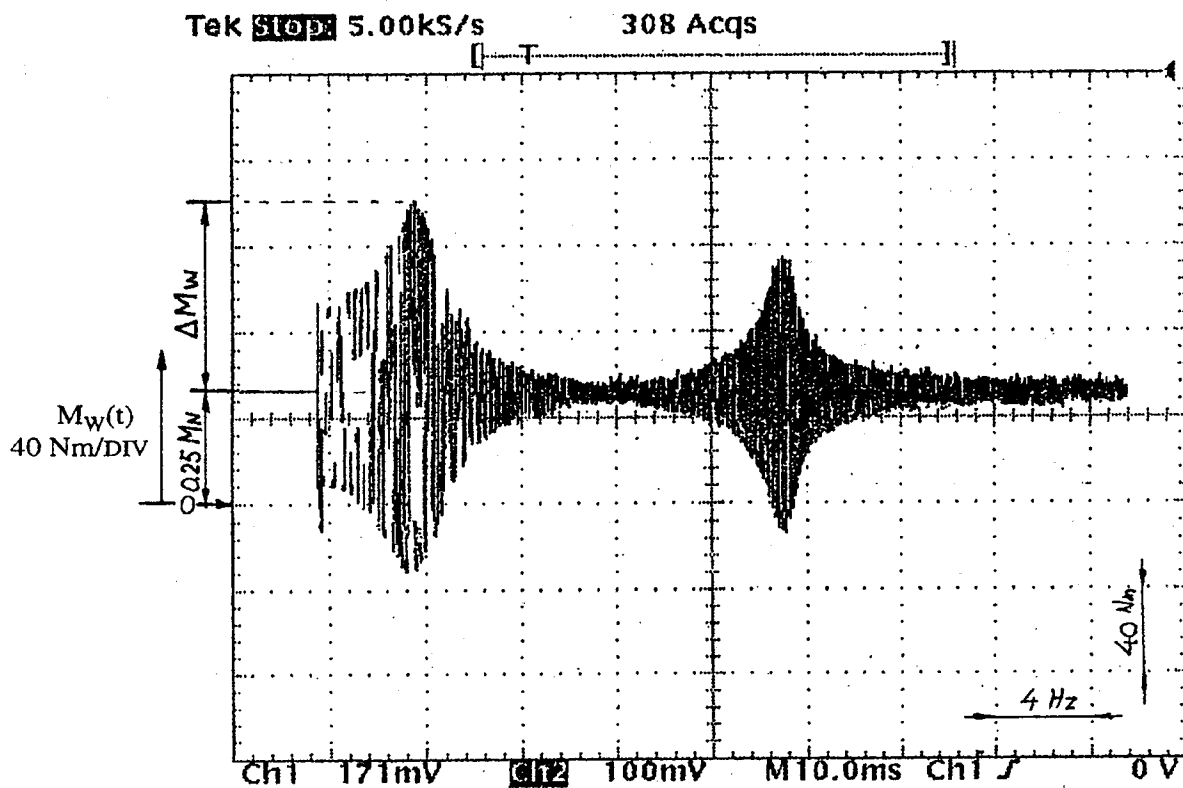


Bild 3: X/Y-Darstellung von Wellenmoment/Anregungsfrequenz.
 Meßergebnisse am Prüfstand

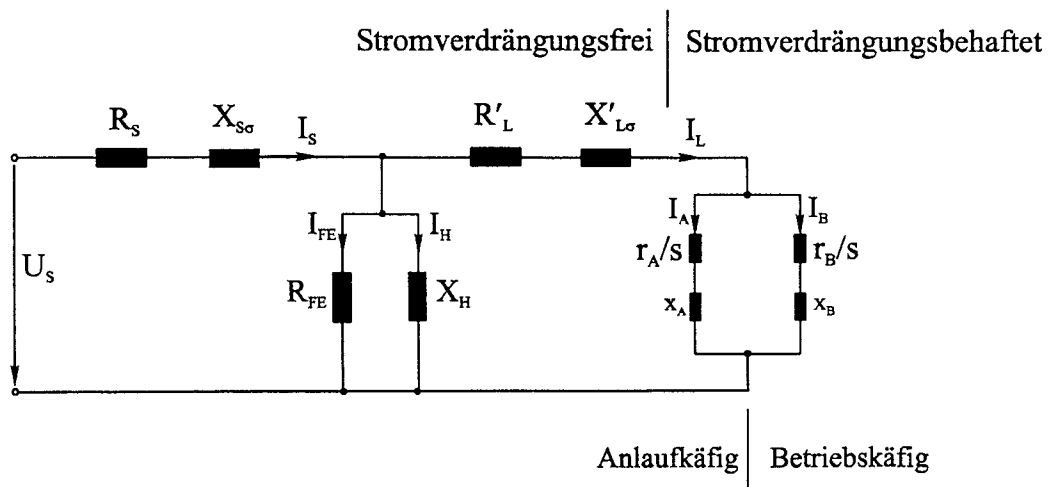


Bild 4: Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine mit Doppelkäfigläufer ASMDK

Projekt: Netzgespeiste ASM mit verlustarmer dynamischer Kennlinienverstellung



- Problem:** - Vergleichende Untersuchungen des Betriebsverhaltens eines geschalteten Reluktanzantriebes (Prototyp einer vierphasigen elektrisch erregten Transversalflußmaschine, s. Bild 1) mittels verschiedener Stromrichter-Topologien
- Ziel:** - Aufzeichnen der Vor- und Nachteile des neuen Stromrichterkonzeptes (Kommutierungskonverter, Bilder 3a, -b u. -c) gegenüber der Standardschaltung (2QS, Bild2) durch eine Vergleichende Untersuchung hinsichtlich der Leistungs- und Momentenausbeute sowie der Leistungsfaktoren und Wirkungsgrade im Nennbetrieb und der Reduzierung des Stromrichteraufwandes.
- Voraussetzungen:**
- Störungsarmer Betrieb durch Neugestaltung und Abschirmung der Steuereinrichtung
 - Schaltungstechnische Verbesserungen des Kommutierungskonverters durch:
 1. Ersetzen von jeweils zwei Hauptzweigdioden (s. Bild 3a) durch eine Nebenzweigdiode pro Strangpaar (s. Bild 3b)
 2. Integration eines für den Nennbetrieb ausgelegten Kommutierungstransformators in die Maschinenstränge zur Symmetrierung der Stranginduktivitäten (s. Bild 3c)
 - Einstellung des jeweils optimalen Vorzündwinkels zur Maximierung der Leistungs- und Momentenausbeute bei jeder Schaltungsvariante und in allen Betriebspunkten
- Prüfstand:**
- Der klassische Standardstromrichter und die Kommutierungskonverter jeweils mit selbständigen Steuereinheiten ausgerüstet aber mit der selben Gleichrichtereinrichtung verbunden
 - Wassergekühlter Prototyp einer Transversalflußmaschine
- Forschungsstand:**
- Siehe IEE-Jahresbericht Nr.8 (1997)
 - Die für den Standardstromrichter in Bild 4 und für Kommutierungskonverter nach Bild 3a in Bild 5 dargestellten gemessenen Zeitverläufe der Strangspannung u. -ströme sind in einem Betriebspunkt bei $n=500$ 1/min und $I_{soll}=125A$ aufgenommen worden, wobei der Antrieb nach Bild 3a um 5% größeres Moment liefert.
 - Die Kommutierungsspannung wird im Unterschied zu Schaltung nach Bild 2, wo nur der Zwischenkreis sie liefert, sowohl von dem Zwischenkreis als auch von dem benachbarten Maschinenstrang bereit gestellt; die maximale mechanische Leistung kann nach neuem Konzept mit einem geringeren Vorzündwinkel erreicht werden.
- Dokumentation:**
- IEE-Technische Notizen, Berichte: s. IEE-Jahresberichte Nr.5/Nr.6/Nr.7/Nr.8
 - Genehmigter DFG-Antrag`95 und Folgeantrag mit Abbeitsbericht `97
 - Diverse IEE-Studien- und Diplomarbeiten
 - DFG-Abschlußbericht (Januar `99)
- Bearbeiter:** - Dipl.-Ing. Pascha Tavana-Nejad (Tel: 72-3821) **Datum:** 27.11.98
- Projekt:** - Stromrichterspeisung neuartiger Reluktanzmotoren mit Doppelseitiger Polausprägung

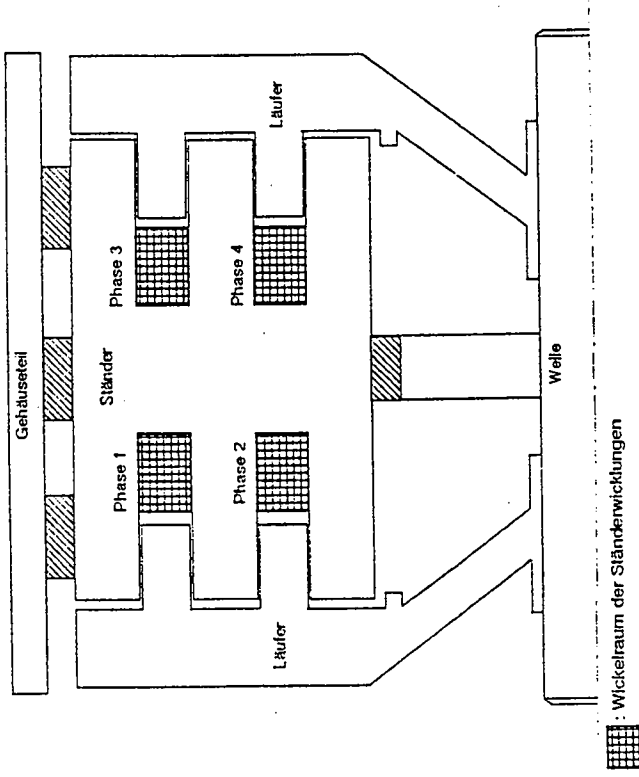


Bild 1: Prinzipielle Darstellung einer vierphasigen Reluktanzmaschine
 -Axialschnitt einer Transversalflußmaschine -

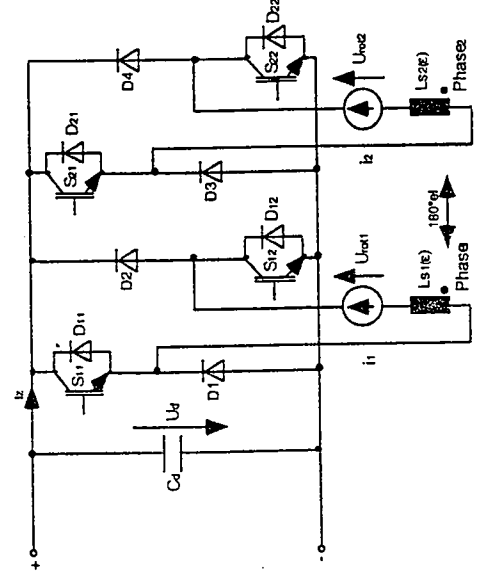
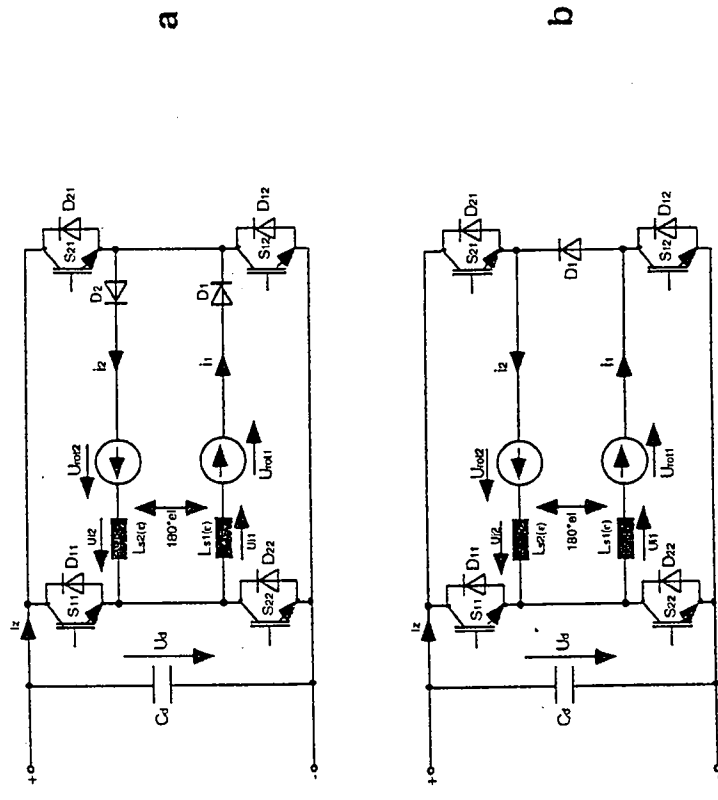
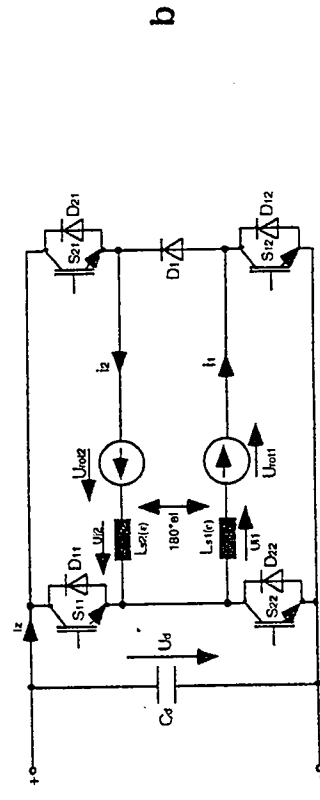


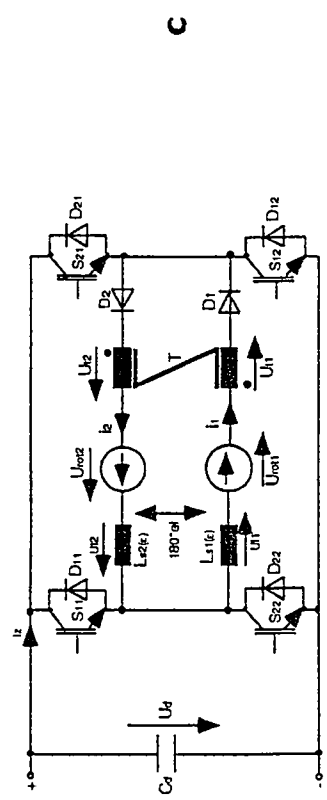
Bild 2: Standardstromrichterschaltung
 -2QS-Einzelstrangschaltung -



a



b



c

Bild 3: Doppelstrangschaltung
 a- Variante des Kommutierkonverters
 b- Variante des Kommutierkonverters
 c. Kommutierkonverter mit Symmetrier-Transformator
 (Schaltung mit sanfter Kommutierung)

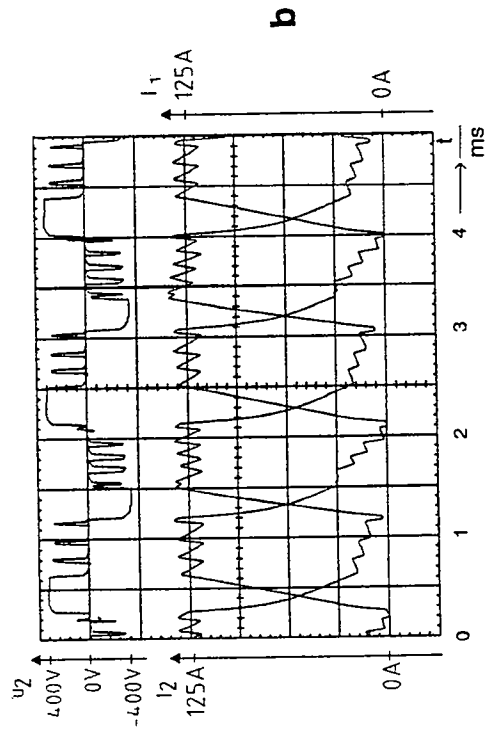
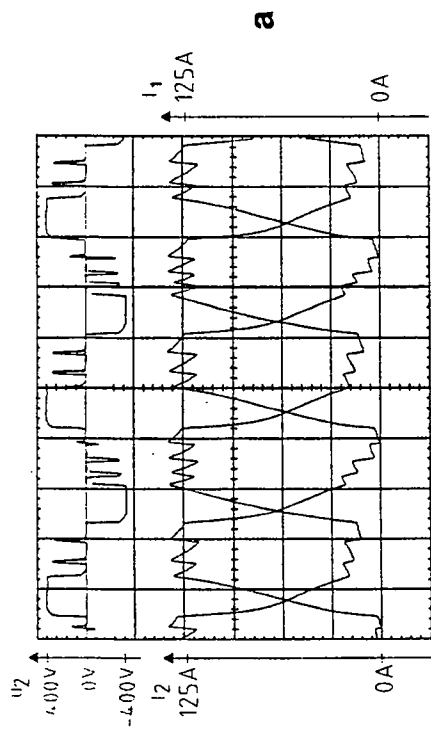


Bild 5: Zeitverläufe der Strangspannung v. Phase 2 und der Phasenströme 1 und 2 bei einer Grundfrequenz von 530 Hz und einem Stromsollwert von 125A
Schaltungsart: Kommutierungskonverter nach Bild 3a

- a) ohne Vorzündung : 0°el.
- b) mit optimalem Vorzündwinkel : 40°el.

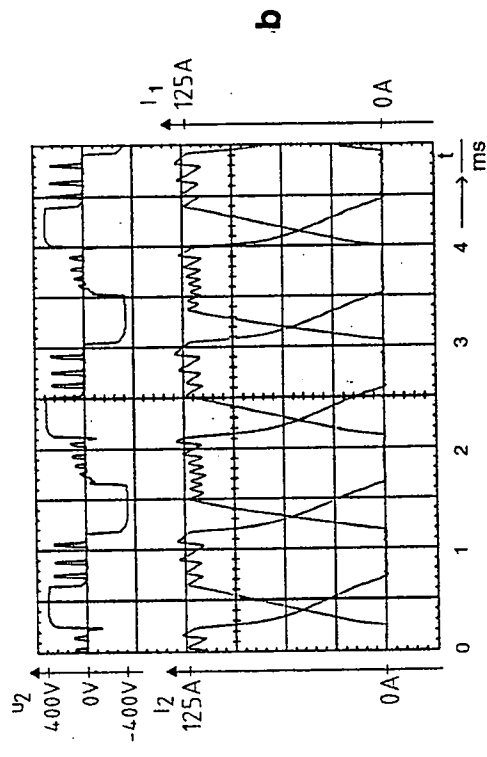
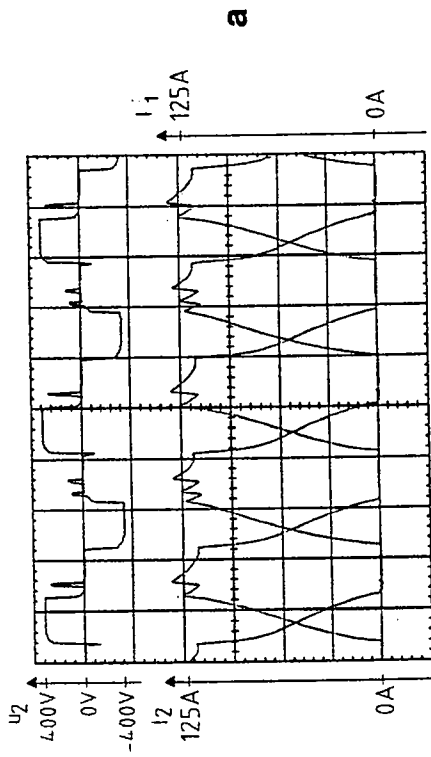


Bild 4: Zeitverläufe der Strangspannung v. Phase 2 und der Phasenströme 1 und 2 bei einer Grundfrequenz von 530 Hz und einem Stromsollwert von 125A
Schaltungsart: Standardstromrichter nach Bild 2

- a) ohne Vorzündung : 0°el.
- b) mit optimalem Vorzündwinkel : 80°el.

Problem: Die Berechnung niederfrequenter Magnetfelder, die von leistungselektronischen Anlagen emittiert werden, die durch leitfähige Platten in der Umgebung verändert und geometrisch und elektrotechnisch komplex aufgebaut sind, ist mit den gängigen numerischen Methoden nur unter einem hohen Zeitaufwand zu realisieren. Eine zuverlässige und schnelle Bestimmung dieser Felder ist jedoch im Zusammenhang mit der Diskussion um gesetzliche Grenzwerte von grundlegendem Interesse.

Ziel: Entwicklung eines Algorithmus, der den räumlichen Verhältnissen von leistungselektronischen Anlagen und dem physikalischen Verhalten von in den leitfähigen Platten induzierten Wirbelströmen gerecht wird. Anschließend soll als Anwendung und Überprüfung der Methode eine leistungselektronische Anlage berechnet und vermessen werden.

Lösungsweg: Auf der Grundlage des Gesetzes von Biot-Savart zur Berechnung des Nahfelds von zeitabhängigen Magnetfeldern ist ein Algorithmus entwickelt worden, der sowohl die umfangreiche Leiterverlegung innerhalb eines leistungselektronischen Komplexes und die nichtlinearen Bauelemente der Stromrichtertechnik berücksichtigen kann, als auch die in leitfähigen Platten, die sich in der Umgebung der Anlage befinden, induzierten Wirbelströme und deren Magnetfelder, die sich dem ursprünglichen Feld überlagern. Die Wirbelströme werden über den Fluß des Ur-Felds durch die Platte und die nachfolgend induzierte Spannung in einer virtuellen Leiterschleife im Rand der Platte nachgebildet. Dann werden sie auf eine sinnvolle Anordnung von mehreren virtuellen Leiterschleifen in der Platte aufgeteilt und schließlich ihr Feld ebenfalls mit der Methode nach Biot-Savart berechnet und dem Ur-Feld überlagert.

Stand der Untersuchungen: Die Entwicklung des Algorithmus ist abgeschlossen, und seine Zuverlässigkeit wurde bereits mit Hilfe von einfachen Messungen am Prüfstand untersucht. Die Anwendung des Programms und eine meßtechnische Verifizierung an einer realen Anlage erfolgt im kommenden Jahr.

Bearbeiter: Dipl.-Phys. Corinna Salander (Tel.: 72 – 37 36)

Datum: 30.11.1998

Projekt: Numerische Erfassung niederfrequenter Magnetfelder von leistungselektronischen Anlagen in der Umgebung leitfähiger Platten

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. Allg. zur Verminderung des Durchsatzes (geringerer Ausnutzungsgrad).

Ziel:

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

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

Ergebnisse '98 :

- Erprobung des Lasteingangsfunktions-Rechners (LEF-Rechner) zur Gewinnung der realen LEF aus dem an großtechnischen Anlagen gemessenen Wellenmomentverlauf (s. Bericht '97 Abb. 1).
- Entwicklung eines weiteren Antriebskonzeptes (vgl. Bericht '95), welches auf der dynamischen Anpassung der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie vom Asynchronmotor basiert (s. Abb. 1).
- Konzipierung und Realisierung der leistungselektronischen Einrichtung zur Steuerung der rotierenden zusätzlichen Läuferwiderstände.
- Durchführung von Betriebsmessungen an zwei weiteren großtechnisch ausgeführten Shredder-Anlagen zur Differenzierung zwischen den Einflüssen der konzeptspezifischen Parameter und den der jeweils anlagenspezifischen Parameter auf das Betriebsverhalten.

Dokumentation:

- /1/ Beck, H.-P.; Sourkounis, C. und Wenske, J.
Torsionsschwingungen in Antriebssträngen mit hydrodynamischer Kupplung
Antriebstechnik Heft 5/95
- /2/ Sourkounis, C.; Beck, H.-P.
Shredder- Energiesparende, Lastminimierte Shredder-Antriebe
Kolloquium des DFG-Sonderforschungsbereichs 180, Clausthal, 1996
- /3/ Sourkounis, C.; Beck, H.-P.; Zenner, H.; Peter, F.
Drehzahlelastische Antriebe zur Lastminimierung bei Shredder-Anlagen
VDI-Schwingungstagung, Veitshöchheim, 1996
- /4/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Kirchner J.; Schubert, G.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredder-Anlagen

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

- /5/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Shredder-Belastungsmessungen und lastminimierte, energiesparende
Shredderantriebe
ACHEMA '97
9-14 Juli 97, Frankfurt
- /6/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Zusammenhang von Zerkleinerungsprozeß und Beanspruchungen im
Antriebsstrang am Beispiel eines Shredders
zum XLVIII. Berg- und Hüttenmännischen Tag '97, Freiberg
Freiberger Forschungshefte A 840 '97

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

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

Datum: 09.12.98

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

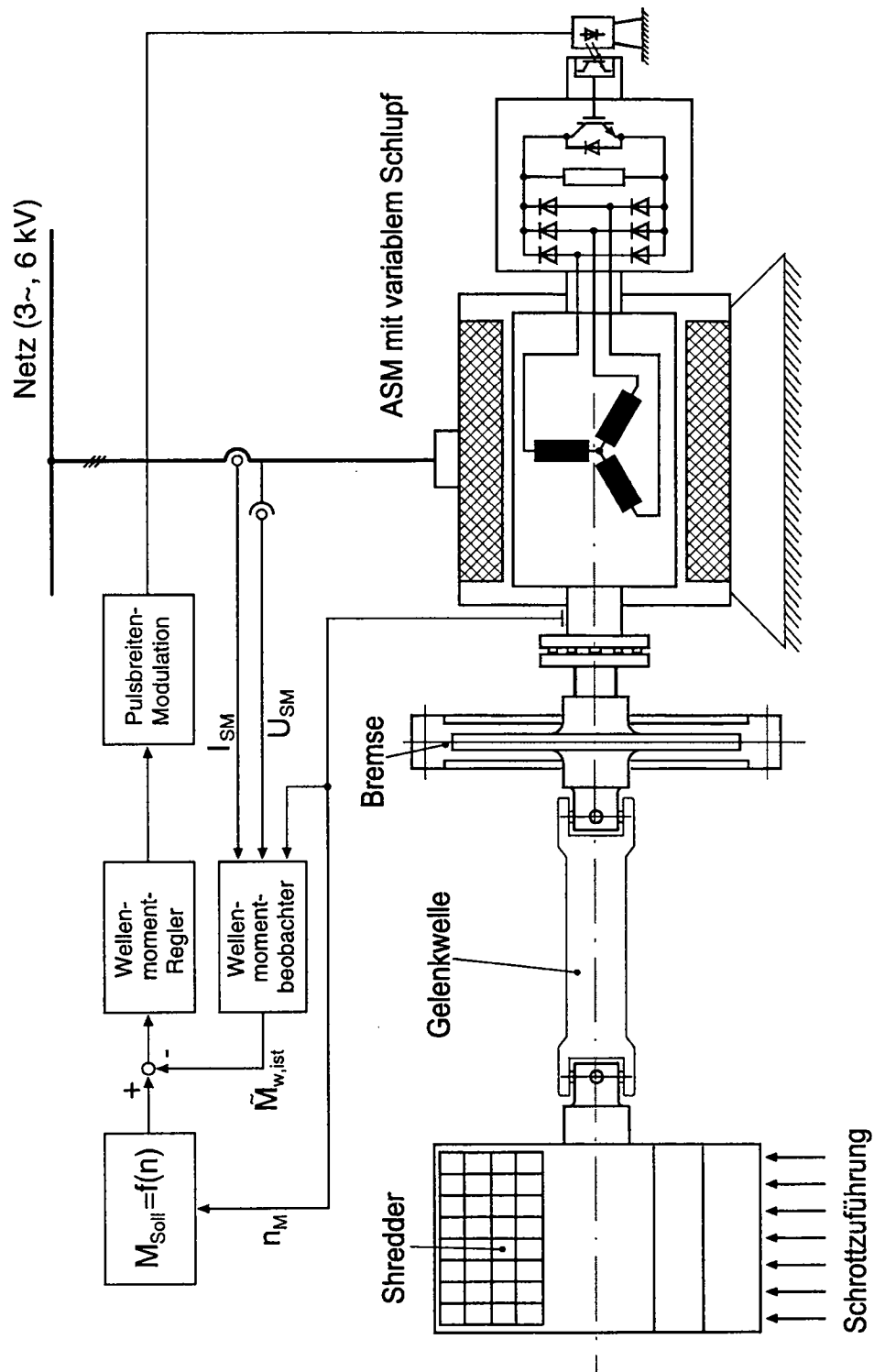


Abb. 1: Blockschaltbild eines neuen Antriebskonzeptes mit dynamischer Schlupf-Anpassung

- Problem:** Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren sind i.a. mit einem Drehstromsteller zur sanften Netzaufschaltung ausgerüstet. Beim Aufschalten unter Vollast kann es trotz Sanftanlasser zu Stromüberhöhungen kommen.
Durch Windschwankungen und Turmschatteneffekt kommt es zu Torsionsschwingungen im Antriebsstrang und Leistungsschwankungen im Netz.
- Stand der Technik:** Zur Zeit sind Drehstromsteller nur im Motorbetrieb einsetzbar und werden nach der Aufschaltung überbrückt. Eine Leistungsregelung erfolgt nur mittels mechanischer Blattverstellung.
- Ziel:** Durch Verwendung eines Generators mit variablem Schlupf („Opti-Slip“) soll eine Aufschaltung ohne Stromüberhöhung realisiert werden. Der Drehstromsteller soll im Generatorbetrieb zur Drehzahlenpassung und zum Ausregeln schneller Leistungsschwankungen eingesetzt werden.
- Arbeitsschritte:**
- Simulation des Aufschaltvorgangs mit Hilfe von Netasim am Beispiel der Windkraftanlage V42/600kW der Firma Vestas sowie für die am Prüfstand eingesetzte Schleifringläufermaschine
 - Konzeptuntersuchung des Drehstromstellers im Generatorbetrieb mittels analytischer Betrachtungen und Simulationen
 - Realisierung einer gesteuerten Aufschaltung mit Hilfe eines Signalprozessors (Ergebnisse: Bild 1)
 - Entwicklung einer Leistungsregelung und einer geeigneten Betriebsführung (Bild 2)
 - Definition der Arbeitspunkte für unterschiedliche Windgeschwindigkeiten, Simulation der Leistungsregelung mit Netasim (Ergebnisse: Bild 3)
 - Nachbildung des Windrotors durch eine stromgeregelte Gleichstrommaschine
 - Realisierung am Prüfstand
- Dokumentation:** IEE-Technische Notiz „Schalten von Asynchrongeneratoren mittels Softstarter“
DFG-Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben „Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller“
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. J. Rösner (Tel. 72-2938)

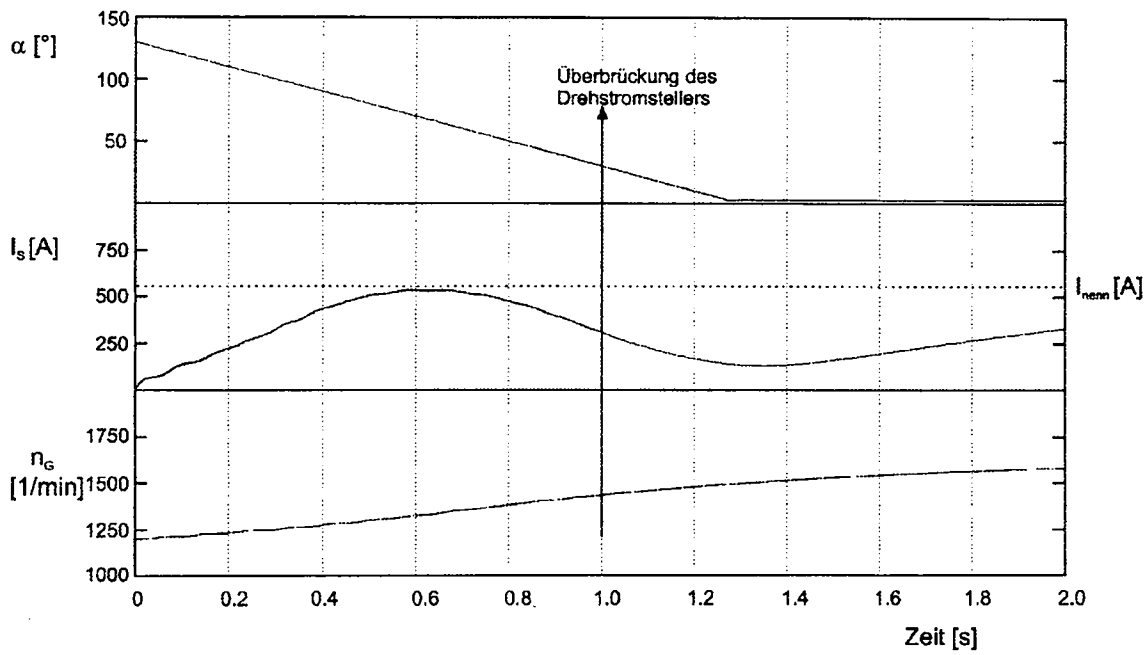


Abb.1: Simulierter Strom- und Drehzahlverlauf bei linearer Steuerwinkeländerung

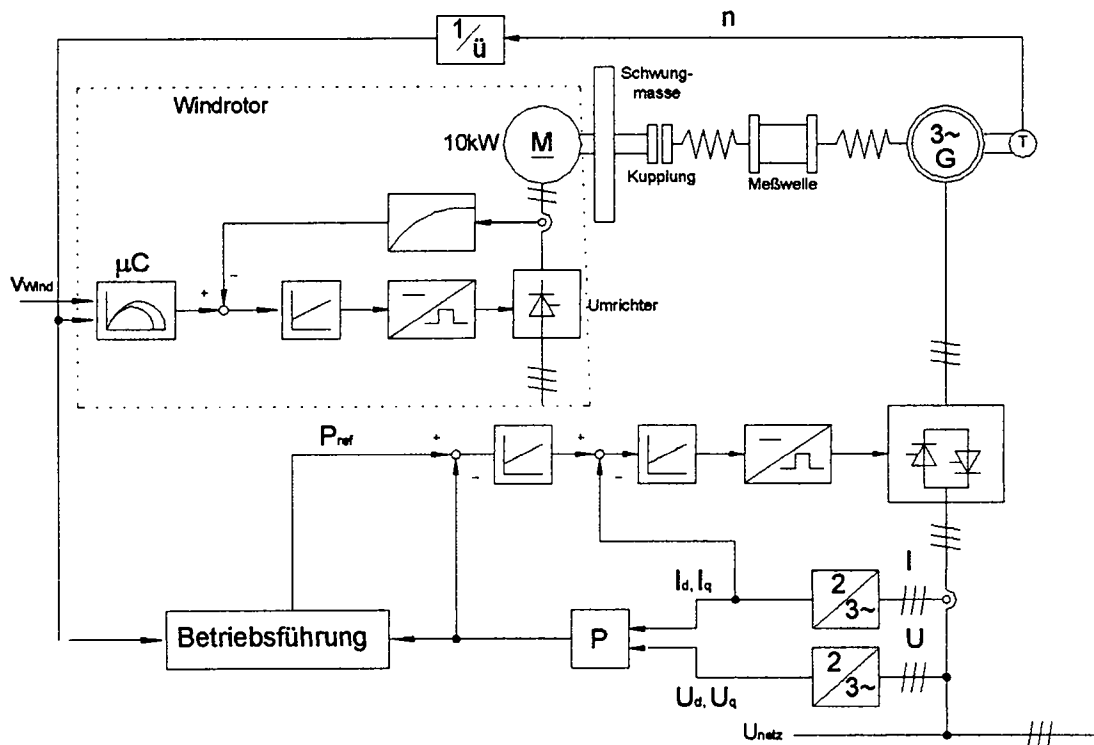


Bild 2: Aufbau des Prüfstandes und der Leistungsregelung

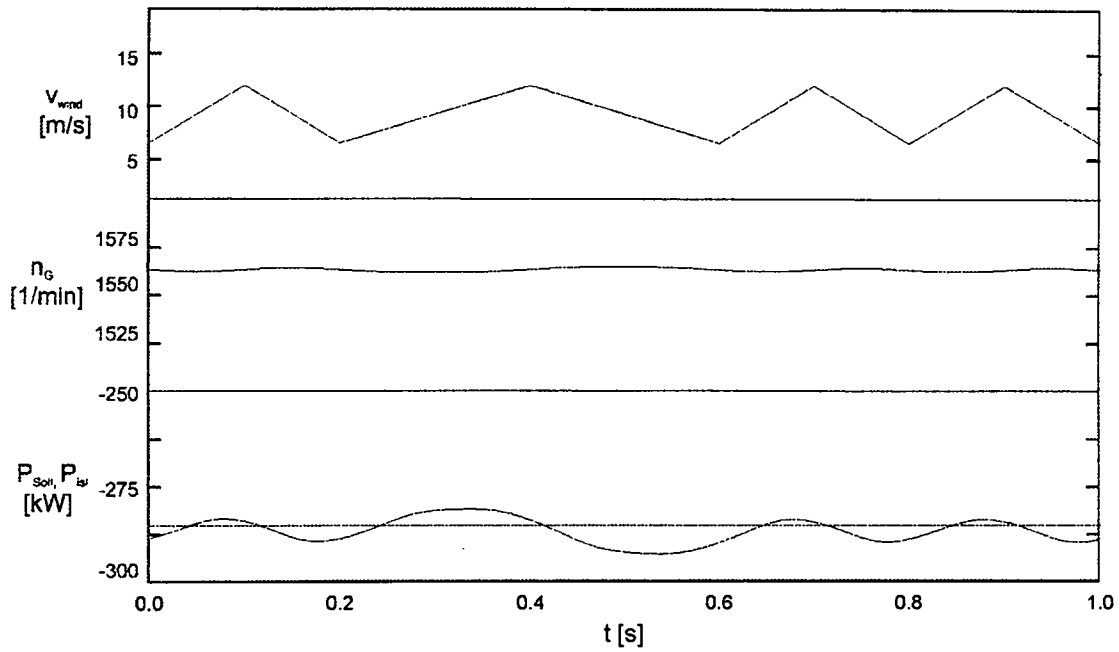


Abb. 3a: Generatorbetrieb ohne Leistungsregelung

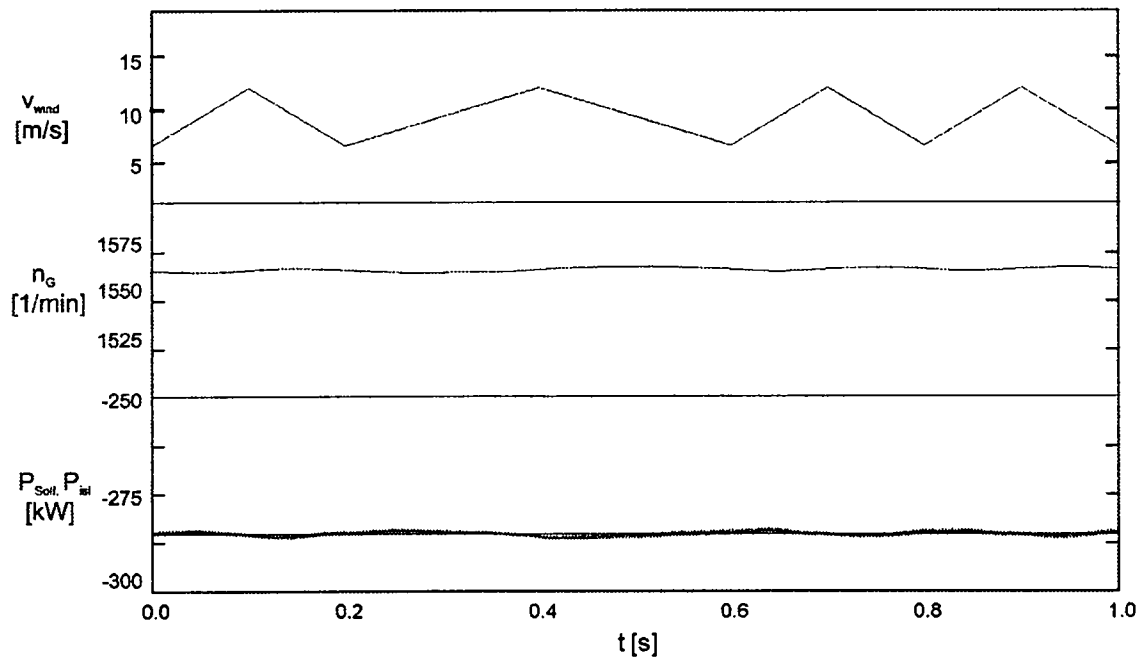


Abb. 3b: Generatorbetrieb mit Leistungsregelung



-
- Problem:** Inselnetze und leistungsschwache Verbundnetze benötigen zur Spannungs- und Frequenzhaltung rotierende Maschinen (i. d. R. unter Einsatz fossiler Energieträger angetriebene Synchronmaschinen), auch wenn die Leistungsbilanz dies nicht erfordert.
- Ziel:**
- Ersatz der Synchronmaschine durch einen batteriegepufferten Pulswechselrichter (Bild 1).
 - Möglichkeit Inselnetze ausschließlich regenerativ zu speisen.
- Lösungsweg:**
- Regelung des Pulswechselrichters so, daß er die Netzbildung und Netzführung übernimmt.
 - Berücksichtigung von stark schwankenden Lasten durch eine der DSR verwandte Regelung des Pulswechselrichters.
 - Berücksichtigung von unsymmetrischen Lasten durch Eingriff in den Pulsmustergenerator.
- Prüfstand:** - Siehe AMOEVES Teilprojekt Dipl.-Ing. Wenske.
- Stand der Untersuchungen** - Simulation von pulswechselrichtergespeisten Inselnetzen mit aktiven und passiven Lasten, dreiphasig symmetrisch und unsymmetrisch in NETA-SIM (Bild 2)
- Dokumentation:** - Technische Notiz des *IEE* (Verfasser: A. Wolf):
"Simulation eines Pulswechselrichters zur Speisung von Inselnetzen"
(08/98)
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Albrecht Wolf (Tel: 72-2939) **Datum:** 27.11.1998

Projekt: Pulswechselrichter zur Speisung von Inselnetzen

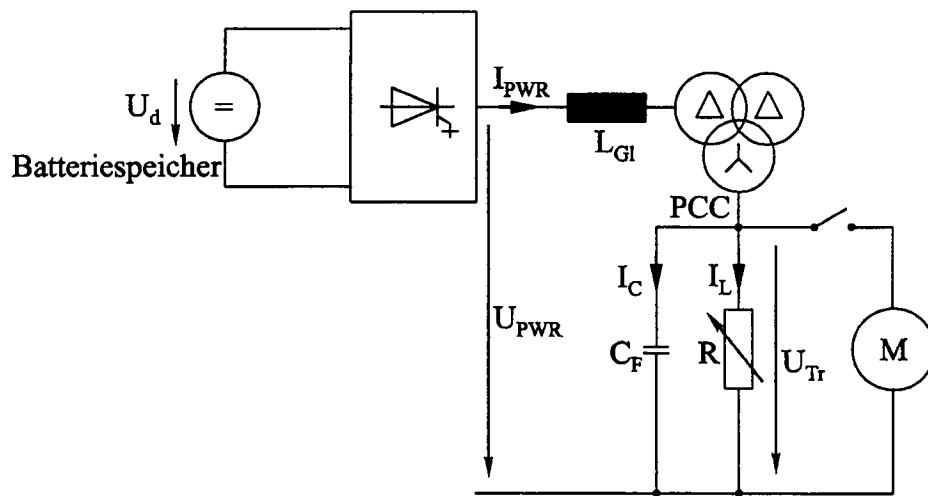


Bild 1: Aufbau eines Inselnetzes mit Pulswechselrichter, Glättungsdrossel, Transformator, Kondensatorfilter und Last

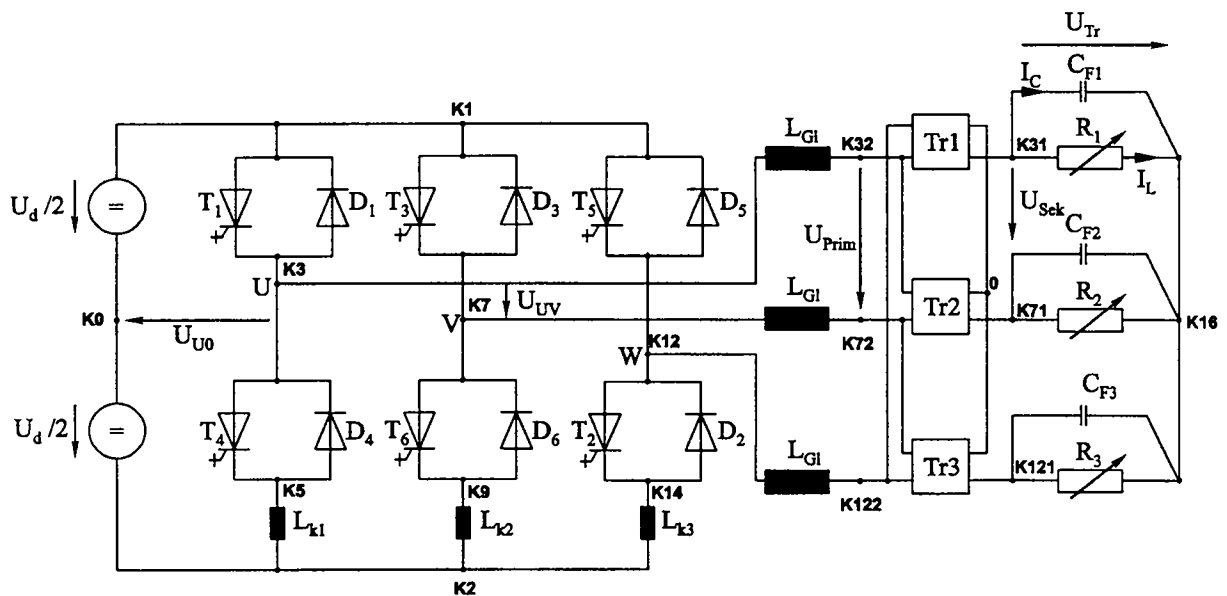


Bild 2: Simulationsmodell zur Simulation in NETASIM

Projekt: Pulswechselrichter zur Speisung von Inselnetzen

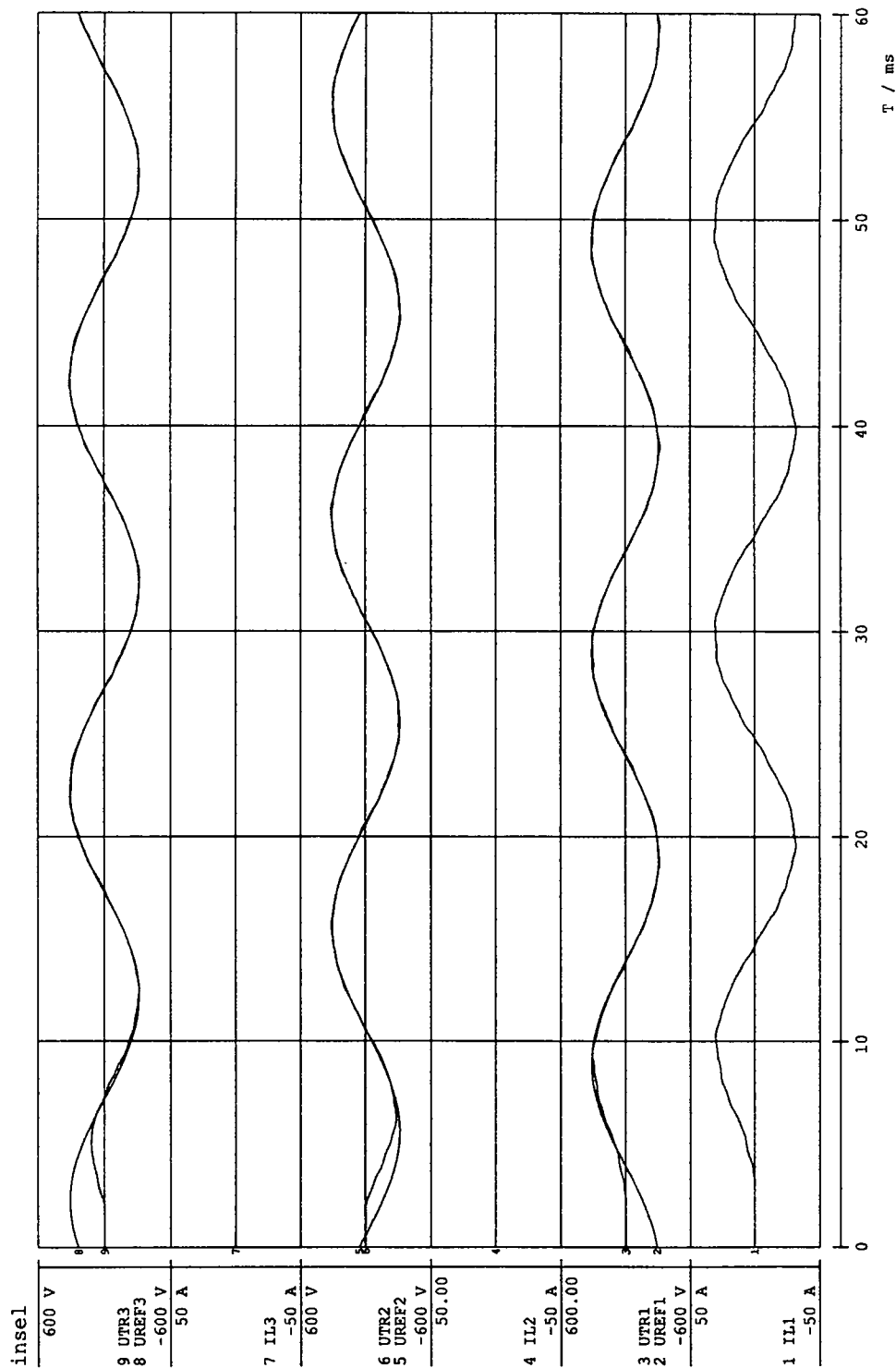


Bild 3: Simulation der Ausgangsspannungen und -Ströme bei unsymmetrischer Last (einphasig ohmsch-induktiv); Einschwingvorgang (Simulationsbeginn); Regelung dreimal einphasig auf sinusförmige Referenzspannungen u_{ref}

Projekt:

Pulswechselrichter zur Speisung von Inselnetzen

Thema	Hochleistungs-Energiekonditionierer zur Reduzierung der Kosten für Energiespeicher - Dreijähriges Forschungsprojekt zur Optimierung der Lade- und Entladebedingungen von Batterien in Systemen mit erneuerbaren Energiequellen
Projektträger	Europäische Union, Vertragsnummer JOR3CT98-0216
Projektpartner	Fraunhofer Institut für Solare Energieforschung, Freiburg Rutherford Appleton Laboratory, England AMSET Centre Ltd., England Vergnet SA, Frankreich Trama Techno Ambiental, Spanien Bread Industries Elite, Griechenland
Ziel	Entwicklung eines Ladesystems für Batterien, das ihre Lebensdauer verlängern und die Lebensdauerkosten deutlich verringern soll. Der Schwerpunkt der Arbeiten betrifft die Verbesserung der Lade- und Entladebedingungen durch passive Filter, Veränderung der Lade- und Entladeströme und Ladestrategien.
Lösungsweg	<p>Die Optimierung der Lade- und Entladebedingungen von Batterien ist nur dann möglich, wenn die genauen Anforderungen einer Anwendung bekannt sind. In dem Projekt erfolgt deshalb als erster Schritt eine Einteilung von Anlagen in Kategorien, in denen ähnliche Betriebsbedingungen für die Batterien vorhanden sind. Anlagen aus dem Norden Schottlands bis zu Anlagen aus dem Mittelmeerraum werden dafür untersucht. Da auch Batterieströme mit überlagertem Wechselstromanteil die Batterieeigenschaften verändern können, müssen diese mindestens bis 15 kHz berücksichtigt werden</p> <p>In diesem Projekt werden handelsübliche Bleibatterien verwendet, da sie am weitesten verbreitet sind und auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen werden.</p> <p>Für jede Kategorie von Anlagen werden die Batteriesysteme gewählt, die dafür am geeignetsten sind. Für die Optimierung der Lade- und Entladebedingungen wird auf die vorhandenen Erfahrungen im Bereich der Batterietechnologie zurückgegriffen, die anwendungsspezifischen Restriktionen und die Akzeptanz durch die Endbenutzer werden mitberücksichtigt. Diese Fragen werden in einem Workshop behandelt, der Ende März 1999 stattfinden wird.</p> <p>Unter Laborbedingungen werden beschleunigte Lebensdauer tests von Batterien durchgeführt, um Verbesserungen der Lebensdauer und der Kapazität zu messen. Die dafür notwendigen Stromrichter, die Rechteckimpulsströme mit bis zu 200 Ampere und 15 kHz erzeugen können. Werden am IEE entwickelt und gebaut. Batterien in bestehenden Anlagen werden ebenfalls mit besonderen Lade- und Entladebedingungen behandelt, um Regenerationseffekte zu untersuchen.</p>

Es ist bekannt, daß Batterien unter ungünstigen Lade- und Entladebedingungen sowohl reversible als auch irreversible Schäden erleiden. Durch günstige Lade- und Entladebedingungen müßte es möglich sein, die reversiblen Schäden zu beseitigen. Im Rahmen dieses Projekts werden auch Prototypen gebaut, mit denen die Lade- und Entladebedingungen von Batterien in ausgeführten Energiesystemen modifiziert werden können, wobei der Strom zwischen Energieerzeugern, Batterie und Verbrauchern kontrolliert wird. Das Problem nichtlinearer Lasten wird dabei besonders berücksichtigt.

Zusätzlich wird auch ein Energiemanagementsystem entwickelt, das den Energiefluß steuert. Testinstallationen werden durchgeführt, um die Auswirkungen der verbesserten Lade- und Entladebedingungen zu überprüfen und es wird eine Analyse der Wirtschaftlichkeit von Systemen unter den veränderten Bedingungen erfolgen.

Stand des Projekts	Start des Projekts war im September diesen Jahres. Zur Zeit wird ein Prüfstand entwickelt, der Batterien mit Stromimpulsen mit maximal 200 Ampere und 15 kHz laden und entladen und viele unterschiedliche Lade- und Entladekennlinien für Batterien realisieren kann.
Bearbeiter	Dr. rer. nat. Heinz Wenzl, Tel: 05522 72 2593 Dipl.-Ing. Carsten Ropeter, Tel: 05522 72 2593

4 Personelle Besetzung

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

Hochschullehrer: (Institutsdirektor)	Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
Oberingenieur:	Dr.-Ing. C. Sourkounis
Wissenschaftlicher Angestellter:	Dr.-Phys. H. Wenzl
Akademischer Rat	Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Frau Dipl.-Phys. C. Salander Dipl.-Math. M. Goslar Dipl.-Ing. P. Tavana-Nejad Dipl.-Ing. J. Rösner Dipl.-Ing. D. Turschner Dipl.-Ing. D. Vollmer Dipl.-Ing. J. Wenske Dipl.-Ing. A. Wolf Dipl.-Ing. (BAC) Tulbure, Bukarest Dipl.-Ing. J. Rösner Dipl.-Ing. C. Ropeter
freie wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. Mertig (Eurosolar) Dipl.-Ing. Steinforth (MTU) Dipl.-Ing. C. Söffker (Alstom/LHB)
Gastwissenschaftler:	Dr. Chen, Lionang University Fuxin

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 Kühn (Praktikant)
Herr H. Schultze (Hausmeister)
Herr Hocke (Auszubildender)
Herr Herrmann (Auszubildender)
Herr Wolf (Auszubildender)
Herr Schulz (Auszubildender)
Herr Steinforth (Praktikant)

4.2 Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer

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

4.3 Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte

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

4.4 Wissenschaftliche Hilfskräfte

Frau cand.-Ing. A. Dunz

Frau cand.-Ing. B. Heusler-Sourkounis

Frau cand.-Ing C. Haaß

Frau cand.-Ing. B. Wehrmann

H. cand.-Ing. M. Abdul Mawla

H. cand.-Ing. R. Assenmacher

H. cand.-Ing M. Aoulkadi

H. cand.-Ing. R. Bankwitz

H. cand.-Ing. Biermann

H. cand.-Ing. M. Bornitz

H. cand.-Ing. A. Dowrueng

H. cand.-Ing. V. Gärtner

H. cand.-Ing. M. Häring

H. cand.-Ing. J. Heckmann

H. cand.-Ing. J. Jahn

H. cand.-Ing. M. Kurde

H. cand.-Ing. H. Lamsahel

H. cand.-Ing. O. Nolte

H. cand.-Ing Richter

H. cand.-Ing. Roder

H. cand.-Ing. Ch. Smolenski

H. cand.-Ing. C. Söffker

H. cand.-Ing. T. Schwetje

H. cand.-Ing. T. Speil

H. cand.-Ing. Stobbe

H. stud.-Ing. U. Urban

H. cand.-Ing. G. Wachsmuth

H. cand.-Ing. Wilhöft

H. stud.-Ing T. Wegener

4.5 Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck Prodekan des Fachbereichs Maschinen- und Verfahrenstechnik,
Mitglied des Senates der TUC
Mitglied des Konzils der TUC,
Fachbetreuer des Praktikantenamtes,
Vorsitzender der Berufungskommission C4-Professur Kunststofftechnik,
Vorsitzender der Berufungskommission C4-Professur Prozeß-
energie und betriebliche Energiewirtschaft,
Sprecher der TU Clausthal auf dem Fakultätentag Elektrotechnik,
Vorstandsmitglied des Forums Clausthal (FC),
Mitglied des Beirates des Deutschen Gewerkschaftsbundes
(DGB) für neue Studienkonzepte
Member of the International Scientific Committee for Electrical
Power Quality and Utilisation,
Mitglied des Informationstechnischen Zentrums (ITZ)
Mitglied der Strukturkommission Professur für Erdgasversor-
gungstechnik
Mitglied der Berufungskommission Professur für Betriebswirt-
schaft
Mitglied der Berufungskommission Wirtschaftsinformatik
Mitglied der Berufungskommission Experimentalphysik
Mitglied der Jury des "Eta Wettbewerbes" der Energieversorger
des Landes Niedersachsen

Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann	stellv. Mitglied der Haushalts- und Planungskommission des Senats, Mitglied des Konzils, Mitglied des Fachbereichsrates MVT stellv. Mitglied des Senats Mitglied der Jury bei "Jugend forscht"
Dipl.-Math. M. Goslar	stellv. Mitglied im Prüfungsausschuß des FB MVT für den Studiengang Maschinenbau
Herr W. Hansmann	Mitglied des Arbeitsausschusses der TU, Gefahrstoffbeauftragter
Herr H. Kirchner	Institutsratsmitglied, Ersatzmitglied im Personalrat, Brandschutzbeauftragter
Herr R. Koschnik	Ausbilder, Sicherheitsbeauftragter

5 Anlagen

- Anlage 1 Programm zur Vorlesung Energiesysteme
- Anlage 2 Kurzfassung des Vortrages "Energieforschung an der TU Clausthal"
- Anlage 3 Auszug aus "Gasnetzsimulation, Gasbezugsoptimierung"
- Anlage 4 Tagungsprogramm des CUTEC, 16.08.98
- Anlage 5 Gesamtkonzept zur Konditionierung elektrischer Energie aus fluktuierenden Quellen am Beispiel der Windenergie
- Anlage 6 Elektronische Synchronmaschine zur Energiekonditionierung in Verteilnetzen mit hohem Windenergieanteil
- Anlage 7 Institutsausstattung des IEE; Personal, Geräte, Gebäude
- Anlage 8 Mittel für studentische Hilfskräfte
- Anlage 9 Rechnerausstattung



16.10.1998

Be/Me-35.1ge-

Programm zur Vorlesung Energiesysteme (W 8804)

Die Vorlesung "Energiesystemtechnik" beginnt im WS 1998/99 (mittwochs, 10.30 - 12.45 h).

Die Ringvorlesung umfaßt folgende Teilvorlesungen:

- | | |
|---|---|
| <p>1. Einführung (Prof. Beck, Prof. Scholz)
Themen: Energieträger, Vorräte, Gewinnung, Transport,
Thermische Energiesysteme (Scholz)
Elektrische Energiesysteme (Beck)</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)

14.10.1998
21.10.1998</p> |
| <p>2. Chemische Energie (Prof. Hoffmann)
Themen: Brennstoffzellen
und Anwendungen</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
28.10.1998
04.11.1998</p> |
| <p>3. Thermische Energie (Prof. Scholz)
Themen: Kraftwerke, Heizkraftwerke, Entsorgung,
Hochtemperatur-Stoffbehandlung (Zement, Glas, Stahl)</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
11.11.1998
18.11.1998</p> |
| <p>4. Mechanische Energie (Prof. Barth)
Themen: Vom Dampf-/Gas-/Diesel- bis zur Elektrogeneratorwelle
Blockheizkraftwerke, Pumpen-/Verdichter</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
25.11.1998
02.12.1998</p> |
| <p>5. Nukleare Energie (Dipl.-Phys. Kahlstatt)
Themen: Kraftwerkstypen, Brennstoffkreislauf
Zwischen- /Endlagerung</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
09.12.1998
16.12.1998</p> |
| <p>6. Solare Energie (Prof. Pötke)
Themen: Sonnenenergienutzung
Regenerative Energiequellen</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
06.01.1999
13.01.1999</p> |
| <p>7. Elektrische Energie (Prof. Beck)
Themen: Erzeugung, Transport,
Verteilung, Nutzung,
Einbindung regenerativer Quellen elektrischer Netze</p> | <p>2 x 3V (2 Wochen)
20.01.1999
27.01.1999</p> |

Σ 14 x 3V (14 Wochen)



12. Februar 1998

**Kurzfassung des Vortrags
"Energieforschung an der Technischen Universität Clausthal"
Arbeitsgruppe "Energieforschung" des Wissenschaftsrates
12.02.1998, Hannover**

hier: Institut für Elektrische Energietechnik

Das Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal ist gekennzeichnet durch eine enge Anbindung an die Bereiche Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Chemie sowie Geotechnik und Rohstoffe. Die dementsprechende Aufgabenstellung bezieht sich auf die Energietechnik und Konditionierung (Bild 0), d. h. auf die bedarfsgerechte Steuerung und Aufbereitung von Energieflüssen mittels Energietechnik und Automatisierungstechnik (Bild 1). Das Innovationspotential in diesem Bereich ist gegeben durch die erheblichen Technologiefortschritte in der Halbleitertechnik (neue Leistungshalbleiter: GTO, IGBT, IGCT) der Stromrichter- und Mikrorechnerstechnik. Energiepolitisch steht derzeit das Ziel: Reduktion der Treibhausgase im Vordergrund, welches u. a. durch

- die Erhöhung der Energieeffizienz und
 - die zunehmende Verwendung CO₂-armer Energieträger
- erreicht werden soll.

Zur Erhöhung der Energieeffizienz kann die Energietechnik und Mechatronik einen nennenswerten Beitrag, da derzeit ca. 70 % der erzeugten elektrischen Energie in mechanische Energie wandelt wird. Hierzu laufen derzeit mehrere Forschungsprojekte (auch Drittmittel) am IEE. Durch effektive Steuerung der elektrischen Energieflüsse mit Hilfe von rückspisefähigen energietechnischen Einrichtungen (Umrüchtern) läßt sich zum Beispiel bei Aufzügen mit neuen Lösungen erhebliche Energie einsparen (Bild 2, 3). Ähnliches gilt für Windkraftanlagen.

Ein indirekter Ansatz mit demselben Ziel kann mit leistungsmechanischen Lösungen ("aktive Schwingungsdämpfung") für mechanische Antriebskomponenten durch Senkung der Betriebs- und Wartungskosten erzielt werden (z. B. Lokomotiven). Es werden im IEE in Zusammenarbeit mit dem Institut für Reibungstechnik und Maschinenkinetik auch neue Lösungen zur Bereitstellung von Sekundenreserve mit dynamischen Wasserkraftspeichern (Pumpturbinen mit Umrichterantrieben) angedacht. Die Einbindung in den Energiepark (Bild 8) als Ersatz für Batterien ist geplant.

Ein anderes Gebiet, in dem die Energietechnik zur Energiekonditionierung Anwendung findet, ist der Bereich elektrischer Netze (Bild 1).

Durch die anstehende Deregulierung des Strom- und Gasmarktes wird die Bezugsoptimierung für Energieversorger immer wichtiger, weil der Leistungspreis bei schwankendem Bezug ("Spitzen im Netz") bei Gas- und Strompreisen zunehmend eine wichtige Rolle spielen wird. Die Konsequenz besteht darin, Strom- und Gasbezug zu vergleichmäßigen (Bild 4). Bei elektrischer Energie kommt noch die Spannungshaltung und Oberschwingungsproblematik hinzu. Mit Hilfe der sog. FACTS-Elemente (Bild 1), die aus energietechnischen Stelligliedern bestehen, kann eine "Stromveredelung" und Lastflußsteuerung durchgeführt werden. Im IEE wird hierzu ein Netzstützpunkt mit neu entwickelter "elektronischer Synchronmaschine" und eingebundenen regenerativen Energiequellen aufgebaut (Nennleistung 60 KVA), um einen Teil der bei der Deregulierung auftretenden Probleme im Labor studieren und Abhilfemaßnahmen vorschlagen zu können.

Bild 6 zeigt ein Prinzipschaltbild für eine elektronische Synchronmaschine zur Netzführung und hochdynamischen Wirk- und Blindleistungskompensation (Grund- und Oberschwingungen). Diese wird ebenfalls derzeit im IEE wirklichkeitsnah erprobt, wobei auch lebensdauer- verlässliche Maßnahmen für Batterien im Rahmen eines EU-Projektes angewendet werden sollen.

Neben diesen energietechnischen Lösungen werden auch steuerungstechnische Lösungen zur Netzführung entwickelt. Zur Führung von Gas- und Stromnetzen ist die Zustandserkennung und -beobachtung sehr hilfreich, weil dann vorausschauende Simulationen mit Einsatz-

Anlage 2

optimierungen möglich sind (Speicherbetrieb, Rohrnetzattung, Abschaltkunden, Vertragsgestaltung, etc.). Hierzu gibt es ein am Markt verfügbares Simulationswerkzeug (GANESD), das im Rahmen eines Drittmittelprojektes zusammen mit einem Gasversorgungsunternehmen ertüchtigt und in den Netzbetrieb implementiert werden soll.

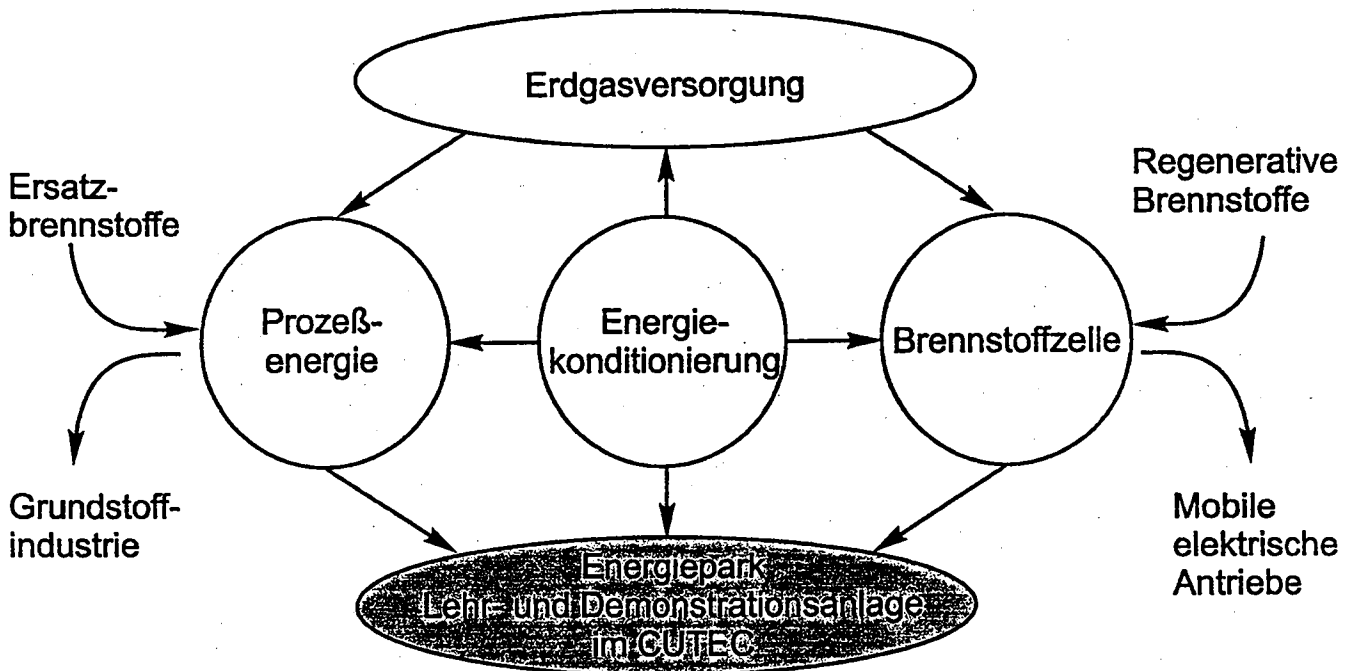
Zur realitätsnahen Erprobung der vorgestellten Forschungsansätze und zur Demonstration der Ergebnisse ist die Erstellung eines Energieparks geplant (Bild 8). Dazu soll das Hausnetz des CUTEK-Institutes mit einer "Elektronischen Synchronmaschine" unterbrechungsfrei gespeist werden. Die elektrische Energie wird durchweg aus regenerativen Quellen gespeist. Eine Einbindung von regenerativ erzeugtem Strom aus dem Netz der Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld mit Kurzkupplung zum Zwecke der Stromdurchleitung ist geplant. Auch die Abwärme der Verbrennungskraftmaschinen und Feuerungen sowie die Umgebungswärme soll genutzt werden.

Darüber hinaus ist geplant, die energetische Abfallentsorgung ebenso zu erproben, wie die PEM-Brennstoffzellentechnologie.

Der Energiepark dient darüber hinaus auch Lehrzwecken. So sollen Studenten/innen der Studiengänge "Energiesystemtechnik" und "Wirtschaftsingenieurwesen" (Rohstoffe/Energie) Praktika sowie Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten mit Hilfe dieser Anlage durchgeführt werden. Da dadurch ist auch eine ständige Anpassung an den fortschreitenden Stand der Wissenschaft und Technik gegeben.



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

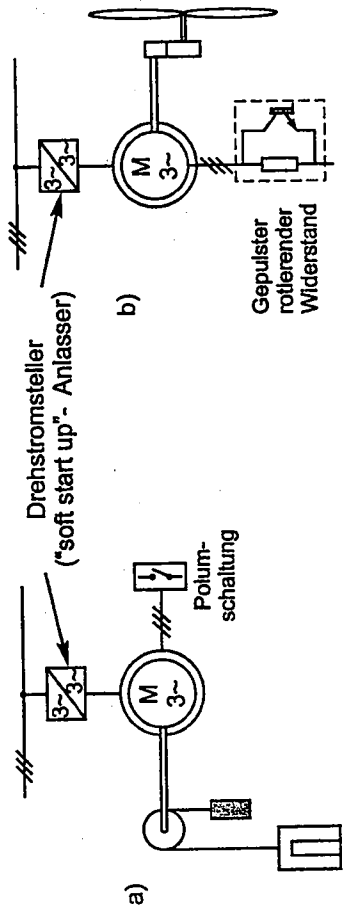


CUTEK: Clausthaler Umwelttechnik-Instituts GmbH

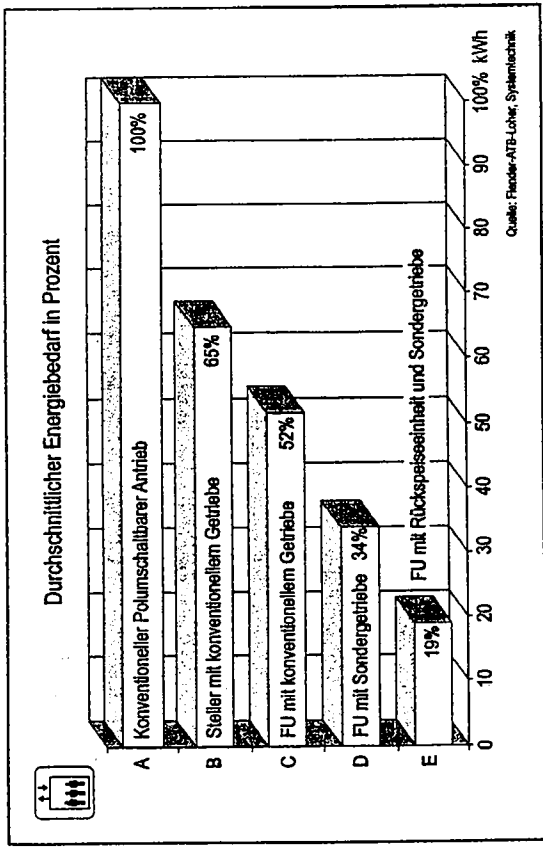
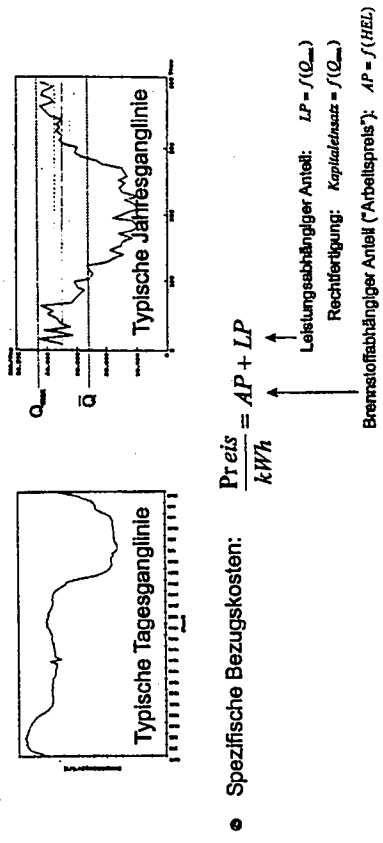
Bild 8

Forschungsschwerpunkt des Institutes

- Ziele:** Bedarfsgerechte Steuerung und Aufbereitung von Energieflüssen mittels Energieelektronik und Automatisierungstechnik
- Innovationspotential:** Neue Leistungshalbleiter, Schaltungskonzepte und Mikrorechner, neue Energiemarktstrukturen
- Anwendungsbereiche:**
- Elektrische Antriebstechnik (Mechatronik)**
 - ca. 70% der erzeugten elektrischen Energie wird in mechanische umgewandelt
 - hohes Einsparpotential durch Energierückspeisung
 - Wartungskostenreduktion durch Lebensdauererhöhung
 - Elektrische Netze (Flexible-AC-Transmission System)**
 - Deregulierung des Strom- und Gasmarktes
 - Stromveredelung durch "Elektronische Synchronmaschine" (Beispiel AMOEVES, Energiepark)
 - Energiemanagement im Energiemix (MMK, Energieflußsteuerung)

Bild 1 Energiekonditionierung Ziele und Anwendungsbereiche


- bisher:** nur Motorbetrieb
- neu:** Motor- und Generatorbetrieb mit rückspeisefähigem Drehstromsteller
- bisher:** Leistungsregelung nur über Pulsweitenstand → Verluste
- neu:** Leistungsregelung auch über Drehstromsteller im Generatorbetrieb

Bild 3 Energiesparende elektrische Antriebe

Bild 2 Energiebilanz von Aufzügen


- Ziel: Bezugskosten minimieren!
- ⇒ Konsequenz: LP minimieren! ⇒ Gasbezug vergleichmäßigen!

Bezugsoptimierung

Gasnetzsimulation Gasbezugsoptimierung

Vorträge zum Workshop am 25. Und 26. März 1998 in Erfurt



Gasversorgung Thüringen GmbH



TU Clausthal



DVGW Landesgruppe Ost

Herausgeber:

Gasversorgung Thüringen GmbH
Stotternheimer Str. 9a
99086 Erfurt

Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal
Leibnizstr. 28
38678 Clausthal-Zellerfeld

Redaktion und redaktionelle Bearbeitung:

Dr. W. Schacht
Gasversorgung Thüringen GmbH
Stotternheimer Str. 9a
99086 Erfurt

Dipl.-Ing. D. Vollmer
Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal
Leibnizstr. 28
38678 Clausthal-Zellerfeld

Vertrieb:

Gasversorgung Thüringen GmbH
Stotternheimer Str. 9a
99086 Erfurt

Tel.: 0361 / 7390-351
Fax.: 0361 / 7390-215
email: erich.boehm@gvt-erfurt.de

Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal
Leibnizstr. 28
38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323 / 72-2299
Fax.: 05323 / 72-2104
email: beck@iee.tu-clausthal.de

1. Auflage, 1998

© Gasversorgung Thüringen GmbH und TU Clausthal 1998

Druck: Oberharzener Druckerei Fischer & Thielbar, Clausthal-Zellerfeld

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung der Herausgeber ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem oder elektronischem Wege zu vervielfältigen.

Die redaktionelle Bearbeitung beschränkte sich auf die Erstellung eines einheitlichen Layouts der Beiträge sowie auf die Beseitigung von eindeutigen Schreibfehlern. In den einzelnen Beiträgen dieses Tagungsbandes sind die auf persönlichen Erkenntnissen beruhenden Ansichten der jeweiligen Vortragenden bzw. Autoren wiedergegeben.

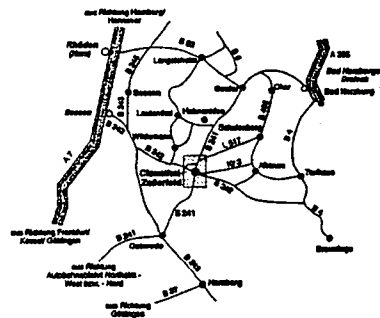
Printed in Germany

ISBN 3-00-003176-6

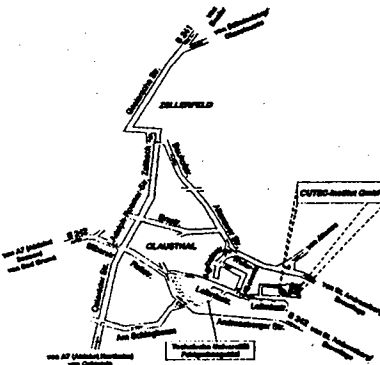
ISBN 3-00-003177-4

So finden Sie uns Teilnahmebedingungen

Anfahrt überregional



Anfahrt in Clausthal-Zellerfeld



Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH

Veranstaltungsort
 Vortragssaal
 CUTEC-Institut GmbH
 Leibnizstraße 21+23
 D-38678 Clausthal-Zellerfeld

Organisation
 CUTEC-Institut GmbH in Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal und der Firma Dr. Wenzl, Osterode.

Anmeldung
 Dr.-Ing. Britta Kragert
 CUTEC-Institut GmbH
 Tel. 0 53 23 / 9 33-208 Fax 0 53 23 / 9 33-100
 E-Mail: britta.kragert@cutec.de

Bitte benutzen Sie für Ihre Anmeldung das beiliegende Faxformular.

Teilnehmergebühr
 150,- DM, inkl. Mittagessen und Pausengetränke.

Überweisen Sie bitte die Gebühr nach Erhalt der Rechnung auf unser Konto.

Bei Stornierung bis zum 09. Oktober 1998 erheben wir eine Bearbeitungsgebühr von 30,- DM. Nach dieser Frist berechnen wir die volle Tagungsgebühr. Eine Vertretung des angemeldeten Teilnehmers ist möglich.



Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH
 Leibnizstraße 21 und 23
 D-38678 Clausthal-Zellerfeld
 Tel. 0 53 23 / 9 33 - 0
 Fax 0 53 23 / 9 33 - 1 00
 www.cutec.de

Möglichkeiten der regionalen Energieversorgung im liberalisierten Energiemarkt

am Beispiel der Harzregion



16. Oktober 1998

Clausthal-Zellerfeld
 Vortragssaal der CUTEC-Institut GmbH

Ziel der Veranstaltung

Ziel
 Das neue Energiewirtschaftsgesetz hat den Elektrizitätsmarkt in Deutschland und der EU dereguliert. Es wird mit mehr Wettbewerb gerechnet. Die neue Trennung der bisher integrierten Funktionen Erzeugung, Durchleitung und Distribution ermöglicht den Kunden eine breitere Verhandlungs- und Vertragsbasis. Kleinere industrielle Abnehmer und Verteiler-EVU werden allerdings nicht automatisch von diesem Prozess profitieren. Die Optionen und Handlungsmöglichkeiten für die einzelnen Energieabnehmer und Energieverbraucher in der Region sind unklar. Dieser Workshop möchte allen, denen die Deregulierung des Elektrizitätsmarktes Chancen bietet oder Veränderungen aufzwingt, ein Forum für den Erfahrungs- und Meinungsaustausch bieten. Es ist beabsichtigt, unterschiedliche Sichtweisen von Organisationen und den jeweiligen Vortragenden darzustellen. Die Veranstalter verstehen sich dabei als Moderator der unterschiedlichen Meinungen. Darüber hinaus versuchen die Veranstalter Fragen nach einer zukünftigen Energieversorgung - auch für das nächste Jahrtausend - aufzugreifen, die durch die neue Gesetzgebung und die Weiterentwicklung von Energieerzeugungstechnologien möglich werden.

Zielgruppe
 Mit der Veranstaltung sollen hauptsächlich die Energieerzeuger und Energiemutzer in der erweiterten Harzregion angesprochen werden:

- Vertreter der regionalen Energieversorgungsunternehmen und der Vorlieferanten,
- Verbraucher von Energie aus Industrie, ausgewählten Handel- und Gewerbebetrieben und öffentlichen Einrichtungen,
- Anbieter von Technologien,
- Beratungs- und Dienstleistungsunternehmen mit fachlichem Bezug und
- Vertreter von Wissenschaft, Forschung und Politik.

- 10.00 h Begrüßung und Einführung
Prof. Leschonski, CUTEC-Institut GmbH
Prof. Beck, Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal
- 10.15 h Die neuen rechtlichen Rahmenbedingungen
Prof. Kühne, Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht der TU Clausthal
- Regulierung der Energiewirtschaft
 - Preisaufsicht im liberalisierten Energiemarkt
Fr. Wilke, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr, Hannover
- Diskussion und Fragen
- 11.00 h Kaffeepause
- 11.15 h Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung und unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)-Anlagen
 - Beispiel einer Installation in Dresden
Hr. Darrelmann, Piller GmbH, Osterode
- Überbetriebliches Energiemanagement
 - Spitzenlast gemeinsam senken
Dr. Rittershausen, Frako GmbH, Teningen
- Diskussion und Fragen
- 12.00 h Neue Strukturen bei den Energieversorgern:
 Was bedeutet das für Abnehmer und neue Produzenten?
Hr. Göring, Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH
Hr. Fischer, MEAG, Halle / Saale
- Erfahrungen aus Schweden
 - Was ist auf Deutschland übertragbar?
Dr. Nymoen, IVO Energieanlagen GmbH Hamburg
- Diskussion und Fragen

- 13.00 h Mittagspause am Veranstaltungsort
- 14.00 h Neue Energieversorgungskonzepte
 - Intelligente Energieverteilungssysteme
Dr. Birsch, Siemens AG, Erlangen
- Technische Möglichkeiten zukünftiger Versorgungsstrukturen
Prof. Beck, TU Clausthal
Dr. Sourkounis, TU Clausthal
- Erwartungen über zukünftige Marktstrukturen
N.N.
Dr. Wenzl, Osterode
- 15.30 h Podiumsdiskussion
- 16.00 h Möglichkeit zur Besichtigung der CUTEC-Institut GmbH und des Instituts für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal

GESAMTKONZEPT ZUR KONDITIONIERUNG ELEKTRISCHER ENERGIE AUS FLUKTUIERENDEN QUELLEN IN DEZENTRALEN NETZEN AM BEISPIEL DER WINDENERGIE.

Dr.-Ing. C. Sourkounis, Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck, Dipl.-Ing. J. Wenske
 Institut für Elektrische Energietechnik, Leibnizstraße 28, 38678 Clausthal-Zellerfeld
 Technische Universität Clausthal

Zusammenfassung

Ausgehend von den Erfahrungen und Erkenntnissen über dezentralen Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze, welche fluktuierenden Energiequellen nutzen, ist ein Autonomes, Modulares Energieversorgungssystem (AMOEVES) im Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal entwickelt worden. Dabei sind neben den technischen auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt worden.

Die gesetzten Ziele reichen von der Netzführung im Falle des Betriebes im Inselnetz bis hin zur Energiekonditionierung beim dezentralen Energieversorgungssystem mit Anschluß an das öffentliche Netz. Die Aufgabe der Netzführung konnte durch den Einsatz eines Kurzzeitspeichers mit selbstgeführtem Wechselrichter, welcher durch den elektrischen Vierquadrantenbetrieb für Blindleistungskompensation ohne ständig mitlaufende Dieselgeneratoren, sowie für Glättung kurz- und mittelfristiger Wirkleistungsdifferenzen im Inselnetz sorgt, gelöst werden. Die Frequenz wird fest vom Wechselrichter vorgegeben. Bei der Energiekonditionierung im dezentralen Energieversorgungssystem konnte mit leichter Modifikation der Regelstruktur dafür gesorgt werden, daß die Leistungsflüsse ins bzw. aus dem öffentlichen Netz keine nennenswerten, kurz- und mittelfristigen Schwankungen aufweisen.

Am konkreten Beispiel der Insel Ikaria konnte mit Hilfe der Simulation gezeigt werden, daß das AMOEVES-System auch eine Verbesserung des Nutzungsgrades der Windenergie von ca. 60 % bei dem bestehenden Wind-Diesel-System auf 84 % bei dem geplanten AMOEVES-System, wobei die an WEK installierte Leistung von 9 % auf 86% gemessen an der maximalen Last (4 MW) gestiegen ist. Dies spiegelt sich in den von 57 Gdr auf ca. 30 Gdr pro kWh reduzierten Stromerzeugungskosten wieder.

1 Einführung

Das stochastisch fluktuierende Angebot regenerativer Energiequellen (z. B. Windenergie) begrenzt aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nennenswert den maximal einspeisbaren Anteil in die elektrischen Netze bzw. Inselnetze in Regionen mit guten Windverhältnissen. Aus technischer Sicht ruft das fluktuierende Energieangebot des Windes eine Minderung der Energiequalität in den elektrischen Netzen hervor. Diese äußert sich in Form von Spannungs- und Frequenzschwankungen. Darüber hinaus muß man je nach Art der eingesetzten Windenergiekonverter (WEK) mit der Ausbreitung von unerwünscht hohen Oberschwingungen im elektrischen Netz rechnen.

Die wirtschaftlichen Restriktionen liegen in der Tatsache, daß das Energieverbraucherprofil nicht mit dem fluktuierenden Energieangebot korreliert. Um die Energiebereitstellung zu sichern, müssen hohe Kraftwerksreserven durch entsprechenden Aufwand abrufbar gehalten werden. In Zuge der Liberalisierung des Strommarktes besteht daher die Gefahr, daß Energien aus stochastisch fluktuierenden, regenerativen Quellen gegenüber schnell abrufbaren Energien (z. B. aus GuD-Kraftwerken) an Attraktivität verlieren.

2 Regenerative Energiequellen zur dezentralen Energieversorgung

Aus den bisherigen Erfahrungen in Regionen mit einem hohen Anteil an Windenergie (z. B. Nordseeküstengebiet) kristallisieren sich Netzstabilitäts- bzw. Energiequalitätsprobleme heraus. Das stochastisch fluktuierende Angebot der Windenergie führt zu Leistungsschwankungen und Spannungsänderungen im

elektrischen Netz, welche sich in Form von „Flickereffekten“ äußern. Um diese zu vermeiden, wird der Anteil der im Netz installierten Leistung der regenerativen Energien nutzenden Energiewandler begrenzt. Weiterhin belasten Energiewandler mit Umrichtern (z. B. drehzahlvariablen Windenergiekonvertern) das elektrische Netz mit Strom- bzw. Spannungsüberschwingungen, welche die Funktion elektrischer Geräte beeinträchtigen.

Ein weiterer Nachteil aus technischer Sicht, welcher auch wirtschaftliche Restriktionen mit sich bringt, rührt von der Tatsache her, daß regenerative Energien wie Wind und Sonneneinstrahlung nicht abrufbar sind. Das Energieangebot der genannten Energiequellen unterliegt meteorologischen Gegebenheiten und korreliert nicht mit dem Energieverbraucherprofil. Bei Einbindung der Windenergie und Sonnenenergie in ein Verbundnetz über das Verteilernetz wird das Problem durch die Speicherwirkung des Netzes entschärft. Darüber hinaus werden die zeitlichen Differenzen zwischen Energieangebot aus stochastisch fluktuierenden Energiequellen mit Hilfe der Leistungsreserven in den konventionellen Kraftwerken abgefangen. Dies ist ohne zusätzlichen Aufwand möglich, solange die Kapazitäten der bestehenden Infrastruktur ausreichen bzw. der Anteil der regenerativen Energiequellen im Verbundnetz die von den Kapazitäten des Verbundnetzes gesetzten Grenzen nicht überschreitet.

Die Integration der Windenergie bzw. der Sonnenenergie in dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze ist diesbezüglich kritischer. Es handelt sich meistens um Wind-Diesel-Systeme, mit einer relativ hohen installierten Leistung an Windenergiekonvertern (über 10 % der gesamten installierten

Leistung). Solche Systeme weisen grundsätzlich einen geringen Ausnutzungsgrad der Dieselgeneratoren (DG) auf, da diese auch bei einem ausreichenden Energieangebot des Windes bzw. des Windparks (WP) zur Netzführung (Blindleistungskompensation) ständig mitlaufen müssen (s. Abb. 1a).

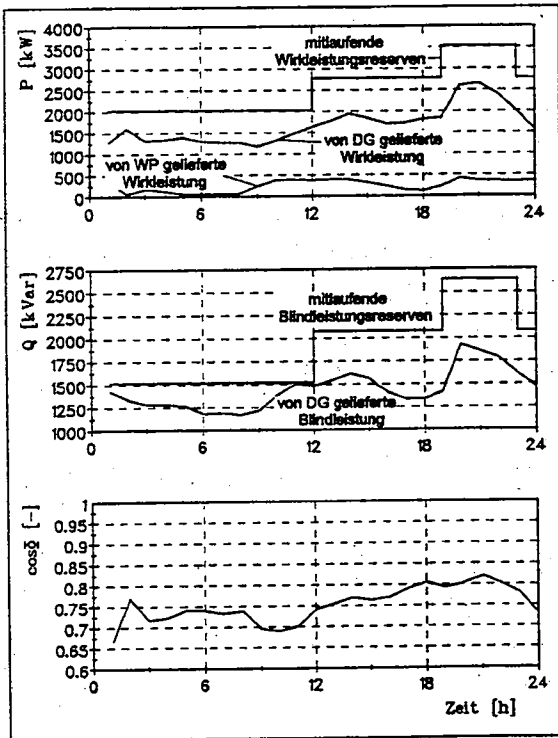


Abb.1a: Zeitverläufe des Energieverbrauchs auf der griechischen Insel Icaria am 22. Sept. '97

Am Beispiel des Wind-Diesel-Systems der Insel „Icaria“ in der Ägäis, mit einer installierten Leistung von 9.3 MVA (6.3 MW) und einer maximalen Last von ca. 4 MW, ist deutlich zu erkennen, daß durch einen hohen Blindleistungsbedarf ($\cos\phi < 0.7$) mehrere Dieselgeneratoren mit ca. 50% Belastung betrieben werden müssen, um den Bedarf an Blindleistung zu decken und damit für Spannungsstabilität zu sorgen. Die Nennleistung des in das Wind-Diesel-System integrierten Windparks beträgt $7 \times 55 \text{ kW}$. Mit einer Gesamtleistung von 385 kW kann dieser bei guten Windverhältnissen mit ca. 9% Anteil für die Versorgung der Insel bei maximaler Last beisteuern.

Darüber hinaus werden dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Inselnetze durch starke Verbrauchsschwankungen charakterisiert (s. Abb. 1b). Diese sind in zwei Kategorien einzuteilen. Einerseits ist das Tagesverbrauchsprofil, mit seinem absoluten Maximum zwischen 18.00 und 22.00 Uhr (saisonabhängig) und absoluten Minimum meistens während der Nacht, zu nennen und andererseits das Jahresprofil, welches den saisonabhängigen Verbrauch wiedergibt. Durch die genannten Verbrauchsschwankungen, welche wie auf der Insel „Icaria“ (s. Abb. 1b) bis zu 1050% betragen können, kann es unter Umständen zum Energieüberangebot kommen. Als Folge werden die Energiewandler für die regenerativen Energien abgeschaltet, obwohl günstige Bedingungen herrschen. Die Abbildung 1b zeigt im Zeitverlauf der

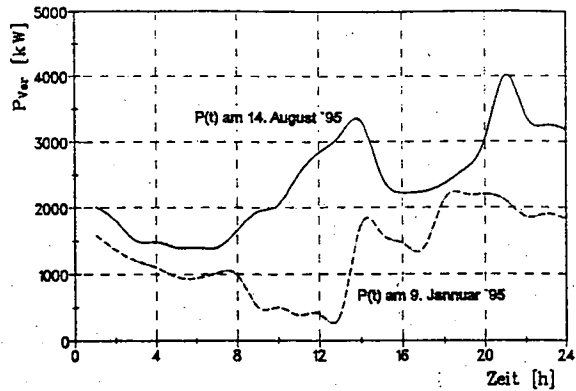


Abb. 1b: Tagesverläufe des Energieverbrauchs, welche auch die saisonalen Schwankungen zeigen

Last am 9. Januar '95 deutlich, daß diese zwischen 9:00 und 13:00 bis auf 380 kW gefallen ist. Demzufolge müßten der Windpark und alle Dieselgeneratoren bis auf einen mit 750 kW Nennleistung abgeschaltet werden. Trotz der gestaffelt verteilten Leistung auf mehrere Aggregate konnte während dieser Zeit kein höherer Ausnutzungsgrad des Dieselgenerators als 60% erreicht werden. Erfahrungen mit Wind-Diesel-Systemen in der Ägäis weisen einen sehr geringen Nutzungsgrad der integrierten regenerativen Energiequellen auf [7]. Bezogen auf die Windenergie kann nur ein Teil der durch die installierten WEK maximal nutzbare Windenergie ins elektrische eingespeist werden (s. Bild 2). Auf der Insel Icaria kann bei ca. 9% an WEK installierter Leistung gegenüber des maximalen Verbrauchs (4 MW) im Jahresdurchschnitt 60% der durch den WP maximal nutzbaren Windenergie vom Netz aufgenommen werden. Der Nutzungsgrad der regenerativen Energiequellen ist vom Verhältnis der an Windenergiekonverter installierten Leistung gegenüber der installierten Gesamtleistung abhängig. Er nimmt mit steigendem Anteil der an regenerativen Energiequellen installierten Leistung gegenüber der Gesamtleistung ab. Der Nutzungsgrad ist direkt mit der Wirtschaftlichkeit der genannten Energieversorgungssysteme gekoppelt.

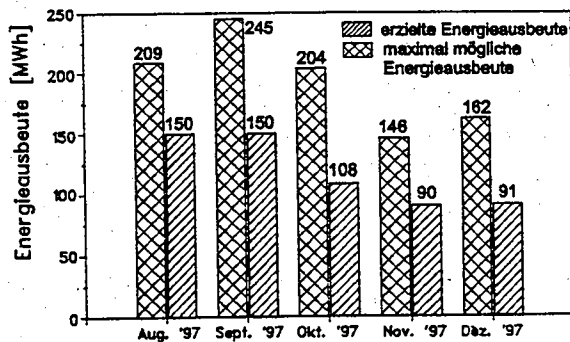


Abb. 2: Energieausbeute des Windparks auf Icaria (7 WEK x 55 kW)

3 Technische Beschreibung des Konzeptes

Ausgehend von den genannten technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen für die Einbindung von fluktuierenden, regenerativen Energiequellen in de-

zentralen Energieversorgungssystemen bzw. Inselnetzen ist am Institut für Elektrische Energietechnik (IEE) ein Autonomes, Modulares Energieversorgungssystem (AMOEVES) konzipiert [2] und mit Hilfe eines Prüfstandes mit einer Nennleistung von 60 kVA untersucht worden. Dabei sind in das Konzept die bis dahin von anderen auf dem Gebiet tätigen Forschungsinstitutionen veröffentlichten Erkenntnisse über bzw. Erfahrungen mit sogenannten Hybrid-Energieversorgungssystemen [4], [8] miteingeflossen.

Das AMOEVES-Konzept verfolgt einerseits das Ziel einen hohen Nutzungsgrad von fluktuierenden regenerativen Energiequellen und andererseits die Netz-

Wechselrichter an das Netz gekoppelt werden. Das Funktionsprinzip dieses Wandlersystems erlaubt den "Stand by"-Betrieb am Netz ohne nennenswerte Verluste und Verschleiß, so daß das System auf Leistungsdefizite bzw. -überschuß in sehr kurzer Zeit (ca. 10 ms) reagieren kann.

Der selbstgeführte Wechselrichter kann im elektrischen Vierquadrantenbetrieb arbeiten, so daß er in der Lage ist, Wirk- und Blindleistung unabhängig voneinander zu liefern bzw. aufzunehmen. Der Betrieb des Kurzzeitspeichers soll folgende Funktionen gestatten [9]:

- Entladen der Batterie durch Wirkleistungsabgabe

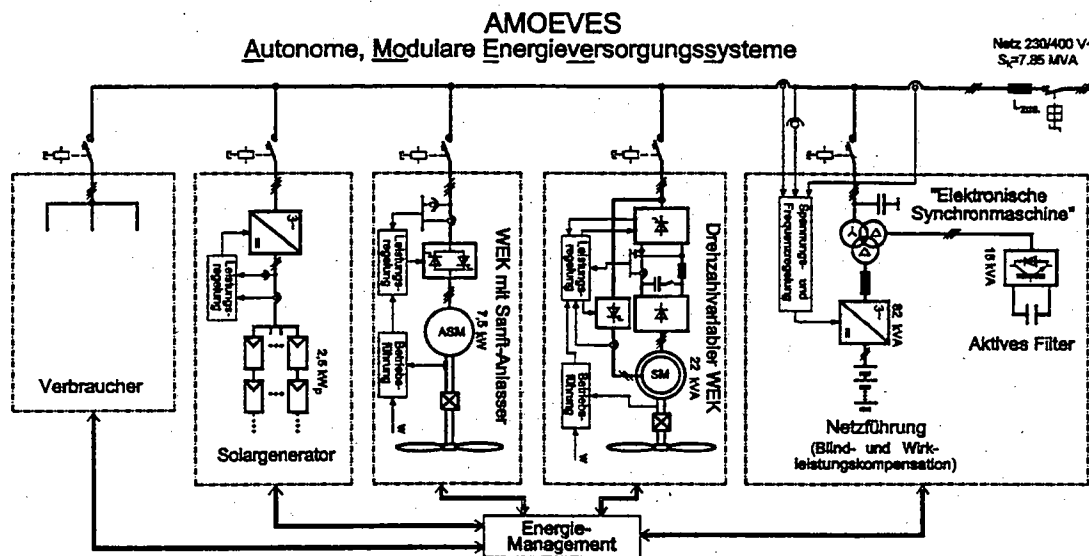


Abb. 3: Bockschaltbild des Energieversorgungssystems AMOEVES /IEE/

führung sowie Gewährleistung der Energieversorgung ohne ständig mitlaufenden Dieselgeneratoren zu erreichen. Neben dem Inselnetzbetrieb sieht das AMOEVES-Konzept auch den Betrieb als dezentrales Energieversorgungssystem mit Anbindung an das öffentlichen Netz vor. In diesem Fall steht die Aufgabe der „Energiekonditionierung“ in Vordergrund. Das fluktuierende Energieangebot der dezentral genutzten regenerativen Energiequellen soll ausgeglichen werden sowie Verbrauchsschwankungen, solange diese mit dem fluktuierenden Energieangebot vor Ort nicht korrelieren. Dadurch wird das dezentrale Energieversorgungssystem kurz- und mittelfristig konstante Leistungsflüsse ins bzw. aus dem öffentlichen Netz aufweisen.

In Abbildung 3 ist die aus den oben genannten Anforderungen resultierende Struktur des Energieversorgungssystems AMOEVES dargestellt, wie sie in der Versuchshalle des IEE aufgebaut und untersucht worden ist.

Zur Überbrückung von kurzzeitigen Lastspitzen oder kurzzeitigen Windfluktuationen bzw. Windschwankungen (z. B. bis 10 min) ist es erforderlich einen Speicher mit sehr kurzen Reaktionszeiten und hoher Regeldynamik einzusetzen. Der Kurzzeitspeicher soll mit Hilfe von elektrochemischen Speicherzellen (Batterien) realisiert werden, die über einen selbstgeführten

- Laden der Batterie durch Wirkleistungsaufnahme
- Betrieb als induktiver Blindleistungserzeuger (kapazitive Last)
- Betrieb als induktiver Blindleistungsverbraucher (induktive Last)

Damit erfüllt das Kurzzeitspeichersystem alle Voraussetzungen, um die Aufgabe der Netzführung zu bewältigen. Es soll mit einer Netzspannungsregelung arbeiten. Dabei stellen sich Wirk- und Blindleistungsabgabe bzw. -aufnahme wie bei einer Synchronmaschine ein [3],[9] (elektronische Synchronmaschine). Wie das Funktionsdiagramm (Abb. 4) zeigt, wird die Ausgangsspannung des Wechselrichters so eingestellt, daß eine Spannungsdifferenz zu der zu regelnden Netzspannung entsteht. Diese bestimmt den zur Konstanzhaltung der Netzspannung jeweils erforderlichen Strom in Amplitude und Phasenlage, sowie die abgegebene bzw. aufgenommene Leistung.

Für eine konstante Frequenz (im Inselnetz) sorgt der selbstgeführte Stromrichter über einen internen Frequenzgenerator, indem die Netzfrequenz vom Frequenzgenerator starr vorgegeben wird. Wirklaständerungen im Netz haben im Gegensatz zu rotierenden Generatoren auf die Frequenz keinen Einfluß, solange der Strom den maximal zulässigen Wert nicht übersteigt. Der selbstgeführte Stromrichter bleibt unabhängig vom Leistungsfluß im Netz ständig in Betrieb,

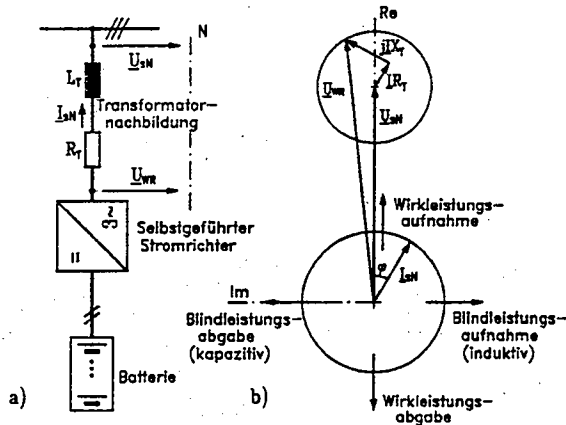


Abb. 4: Vierquadrantenbetrieb beim selbstgeführten Stromrichter; a) Schaltung, b) Funktionsdiagramm im Verbraucher-Zählpfeilsystem

so daß alle anderen jeweils in Betrieb gehenden Energiewandler sich an den vom selbstgeführten Stromrichter vorgegebenen Netzparametern synchronisieren. Damit können Phasensprünge bzw. kurzzeitige Frequenz- und Spannungsschwankungen bei der Übergabe der Energielieferung zwischen den verschiedenen Energiewandlern vermieden werden. Besonders kritisch sind die nicht vorhersehbaren abrupten Windflauten, die ein geregeltes Herunterfahren des Windparks und die geregelte Übernahme der Energieversorgung z. B. von einem Notstromaggregat als nicht realisierbar gestalten. Die Energieversorgung während der Übergangszeit übernimmt der Kurzzeitspeicher ohne Unterbrechung. Des weiteren ist der ständige Betrieb des Kurzzeitspeichers am Netz in Zeiten notwendig, in denen der Wirklastverlauf um das Wirkleistungsangebot schwankt und kurzzeitig Differenzen von einigen kW bis einigen hundert kW auftreten. Diese können ohne weiteres vom Kurzzeitspeicher abgefangen werden. Bei Integration des AMOEVES-Systems in ein übergeordnetes Energieversorgungssystem (öffentliches Netz) übernimmt der Kurzzeitspeicher mit dem selbstgeführten Wechselrichter vor Ort die Blindleistungskompensation und die Glättung des Verlaufs der aus dem öffentlichen Netz aufgenommenen bzw. ins Netz eingespeisten Wirkleistung (s. Abb. 5). Die Aufgabe wird als „Energiekonditionierung“ bezeichnet, welche mit leichter Modifikation der Regelstruktur, von Spannungsregelung auf Regelung der Leistungsflüsse, zu realisieren ist.

Ein weiterer Aspekt, der beim Projekt AMOEVES untersucht worden ist, ist die Reduzierung der Netzzurückwirkungen durch die eingesetzten Energiewandler [1]. Drehzahlvariablen WEK bieten z. B. die besten Voraussetzungen für den Betrieb an leistungsschwachen Netzen. Sie ermöglichen durch den drehzahlvariablen Betrieb eine Anpassung der Rotordrehzahl an die jeweils herrschende Windgeschwindigkeit, so daß am Windrotor die maximal mögliche Leistung umgesetzt wird. Des weiteren bietet dieser Windenergiekonverter die Möglichkeit, kurzzeitige Änderungen (bis zu einigen Sekunden) der Windgeschwindigkeit, welche an einigen Standorten einen ausgeprägten Charakter aufweisen, abzufangen und eine gleich-

mäßige Leistungsabgabe an das Netz zu erreichen. Zur Glättung der abgegebenen elektrischen Leistung können die rotierenden Massen (Rotormasse) als Energiespeicher genutzt werden. Bei einem Anstieg der Windgeschwindigkeit muß die Drehzahl erhöht werden, damit der Windrotor die maximal mögliche Leistung umsetzt. Dabei wird ein Teil der dem Wind entzogenen Leistung in Form von kinetischer Energie in den Rotormassen gespeichert. Die kinetische Energie wird durch Absinken der Drehzahl bei einer Windflaute in elektrische Energie umgesetzt. Dies setzt eine entsprechend ausgelegte Drehzahl- bzw. Leistungsregelung voraus. Der zur Entkopplung der Generatorfrequenz von der Netzfrequenz eingesetzte Zwischenkreisumrichter soll einen selbstgeführten Pulswechselrichter besitzen. Dieser kann mit einem Leistungsfaktor von $\cos\phi = 1$ und einer Pulsfrequenz zwischen 5 und 10 kHz betrieben werden. Hierdurch werden Netzzurückwirkungen durch Blindleistungsbelastung vermieden und Oberschwingungsbelastungen weitgehend reduziert.

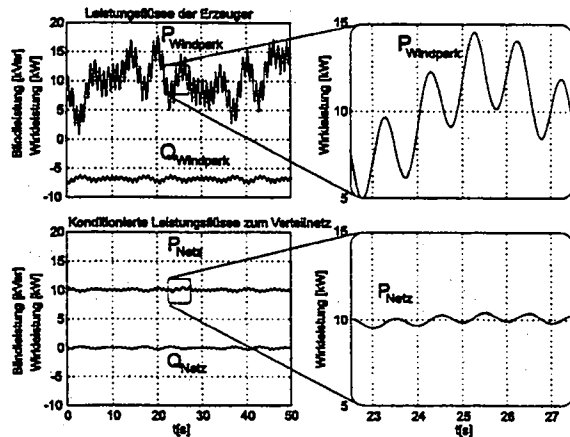


Abb. 5: Leistungsflüsse beim Betrieb des AMOEVES am öffentlichen Netz mit und ohne Energiekonditionierung

Durch den flexiblen Betrieb und die hohe Regeldynamik des Kurzzeitspeichers mit dem selbstgeführten Stromrichter kann eine dem Verbundnetz vergleichbare Energieversorgungsqualität erreicht werden.

4 Studie zur Anwendung von AMOEVES auf der Insel Ikaria

Auf der Basis des AMOEVES-Projektes ist ein Energieversorgungssystem für die Insel Ikaria konzipiert und mit Hilfe der Simulation untersucht worden. Neben den Windenergiekonvertern und dem Kurzzeitspeicher mit dem selbstgeführten Wechselrichter, welcher die Aufgabe der Netzführung, wie im Kapitel 3 erläutert worden ist, übernimmt, wurden in das Energieversorgungssystem ein Langzeitspeicher und die vorhandenen Dieselgeneratoren integriert. Als Langzeitspeicher soll ein Pumpspeicherwerk (PSW) dienen. Die Bodenmorphologie der Insel begünstigt die Speicherung der überschüssigen Energie des Windparks in Form von potentieller Energie. Zwischen dem auf der Insel bestehenden Stausee, welcher als Oberbecken in das PSW integriert werden soll, und

dem geplanten Unterbecken besteht eine Höhendifferenz von 520 m. Die große Fallhöhe und das Fassungsvermögen des Oberbeckens von 1 300 000 m³ geben dem Speicher eine hohe Energiespeichertiefe, so daß bei Windstille die Energieversorgung der Insel durch das PSW bis zu 50 h gewährleistet werden kann, ohne daß die Dieselgeneratoren in Betrieb genommen werden müssen.

Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Pumpspeicherwerkes im Teillastbetrieb zu erreichen, welcher nach der Studie die meisten Betriebsstunden im Jahr betrifft, wird die zu installierende Nennleistung des Pumpspeicherwerkes auf mehrere Pumpen- bzw. Turbineneinheiten mit einer gestaffelten Nennleistung aufgeteilt. Die Zahl der Einheiten und deren Leistungsstaffelung ist unter anderem von der Tages- und Saisonalverteilung der Windgeschwindigkeit, sowie vom Tages- und Saisonlastprofil abhängig.

Bei guten Windverhältnissen und Zeiten geringer Last reicht die Wirkleistung des Windparks aus, den Bedarf im Netz zu decken. Für den Fall, daß der Windpark mehr Wirkleistung liefert als benötigt, sollen die Pumpen des PSW in Betrieb gehen und die überschüssige Energie in potentielle Energie umwandeln, indem sie Wasser von dem Unterbecken in das Oberbecken befördern. Die Energie steht für Zeiten mit Lastmaxima bzw. für Zeiten, während denen der Windpark den Bedarf im Netz nicht decken kann, zur Verfügung und ist innerhalb von einigen Minuten jederzeit abrufbar. Die Turbinen werden in Betrieb genommen und liefern nach der für das Hochfahren erforderlichen Zeit die im Netz fehlende Wirkleistung.

Das Pumpspeicherwerk (PSW) übernimmt bei Windstillzeiten die Energieversorgung der Insel je nach Last entweder vollständig im Alleinbetrieb oder im Parallelbetrieb mit den Dieselgeneratoren. Das PSW bleibt solange in Betrieb, bis der Windpark wieder ausreichend Wirkleistung liefert. Bei lange andauernden Windflauten wird die Betriebszeit des PSW durch das Fassungsvermögen des Unterbeckens bestimmt. Nachdem die Kapazitäten des Speichers ausgeschöpft worden sind, müssen die Dieselgeneratoren die Energieversorgung übernehmen.

Die Simulationsergebnisse des aus

- Dieselgeneratoren: 5 x 750 kW
2 x 1280 kW
- Windenergiekonverter: 6 x 500 kW
7 x 55 kW
- Pumpspeichersystem: 2 MW, 104 Mwh
(bezogen auf den unteren Becken)
- Kurzzeitspeicher

bestehenden Energiesystems haben gezeigt, daß ca. 85 % des Jahresenergiebedarfs durch den Windpark gedeckt werden kann. Bei einem Jahresenergiebedarf von 14.000.000 kWh würden nach der Simulation 11.879.000 kWh vom Windpark direkt oder indirekt über die Speicher ins Netz gespeist. Gleichzeitig könnte der Nutzungsgrad der Windenergie von 60 % auf ca. 86 % gesteigert werden. Dieses ist nur durch den Einsatz des Kurz- und Langzeitspeichers mit entsprechenden Kapazitäten möglich. Gegenteiliges wäre zu erwarten, wenn keine oder nur ungenügende Speicher im Energieversorgungssystem integriert wären, weil das Verhältnis der an WEK installierten

Leistung zu maximaler Last von 9 % beim bestehenden System auf 84 % gestiegen wäre.

Die genannten Verbesserungen spiegeln sich in der Wirtschaftlichkeit des Energieversorgungssystems wieder. Das bestehende Energieversorgungssystem (Wind-Diesel-System) weist Selbsterzeugungskosten um die 57 Gdr/kWh auf. Bei dem geplanten Energieversorgungssystem würden diese zwischen 25 und 30 Gdr/kWh betragen. Gerechnet ist mit einer Amortisationszeit von 20 Jahren und ein Zinssatz von 10 %.

Literatur

- [1] Sourkounis, Constantis
Windenergiekonverter mit maximaler Energieausbeute am leistungsschwachen Netz
Dissertation, TU Clausthal 1994
Papierflieger Clausthal 1995
- [2] Beck, Hans-Peter; Sourkounis, Constantis
Autonomes, modulares Energieversorgungssystem für Inselnetze
Patentanmeldung DE 42 32 516 A1...
- [3] Pesch, H.
Energiespeicher im Netz- und Inselbetrieb
ETZ Bd. 111 (1990) Heft 10, S. 506-511
- [4] Cramer, G.; Grebe, R.
Wind/Diesel/Batteriesystem auf Cape Clear /Irland
Statusbericht für das Jahr 1990 zum Forschungsvorhaben 03E-8536-B des Bundesministeriums für Forschung und Technologie
- [5] Kleinkauf, W.; Raptis, F.; Hass, O.
Hybridanlagentechnik zur dezentralen, netzkompatiblen Stromversorgung
Forschungsverbund Sonnenenergie
Auszug aus dem Themenheft 96/97
- [6] Aredes, M.; Heumann, K.
An advanced unified power flow controller
Electrical Engineering 79 (1996)
- [7] Betzios, G.
Wind energy perspectives through hybrid system
Proc. Of the 5th European Wind Energy Association Conference, 10-14 Oct. 1994, Thessaloniki Greece, Oral Session Vol. II pg 1150-1153
- [8] Bezerra, P.; Hille, G.; Schott, Th.; Sigler, M.
Kombinierte Systeme zur dezentralen Stromerzeugung in Entwicklungsländern
etz Bd. 113 (1992) Heft 6-7
- [9] Wenske, J.; Beck, H.-P.; Sourkounis, C.
Elektronische Synchronmaschine zur Energiekonditionierung in Verteilnetzen mit hohem Windenergieanteil
Dewek '98
- [10] Beck, H.-P.; Wenzl, H.; u. a.
Reduzierung der Kosten bei Batteriespeichern; Optimierung der Lade- und Entladebedingungen in Systemen mit erneuerbarer Energie
Joule-Projekt (Europäische Union)
JOR3-CT98-0216

ELEKTRONISCHE SYNCHRONMASCHINE ZUR ENERGIEKONDITIONIERUNG IN VERTEILNETZEN MIT HOHEM WINDENERGIEANTEIL

Beck, H.-P., Sourkounis, C., Wenske, J.
Technische Universität Clausthal, Institut für Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Zusammenfassung

Bei der Integration erneuerbarer Energiequellen in schwache Netzausläufer oder Inselnetze kommt es oftmals zu einer Verminderung der Spannungsqualität am PCC (point of common coupling). Die Ursachen hierfür liegen im Falle der Windenergienutzung in den Leistungsschwankungen durch das stochastisch fluktuierende Windenergieangebot, Netzrückwirkungen durch Oberschwingungsemissionen, Einschaltvorgänge, Turmeffekte und Blindleistungsbedarf der Windenergieanlagen.

Dieser Beitrag beschreibt den Aufbau und das Wirkungsprinzip einer Elektronischen Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis (ELRAD) sowie ihren möglichen Einsatz zur Energiekonditionierung und Verbesserung der Spannungsqualität. Dabei wird ein als Phasenschieber betriebener Synchrongenerator mit Dämpferkäfig durch zwei standardisierte Antriebsumrichter unterschiedlicher Leistung, einen Dreiwicklungstransformator, passive Filter und ein daraufhin abgestimmtes Regelkonzept nachgebildet. Mit einem Batteriekurzzeitspeicher ausgestattet kann die Anlage die Wirk- und Blindleistungsflüsse am PCC unabhängig voneinander mit hoher Dynamik regeln. Das eingesetzte PI-Zustandsregelkonzept paßt sich selbsttätig an Änderungen bestimmter Netzparameter an und arbeitet mit auf dem Markt verfügbaren Antriebsumrichtern aller Leistungsklassen ebenso wie mit speziell für diese Aufgabe entwickelten Umrichterleistungsteilen.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Eine Energiekonditionierung in elektrischen Versorgungsnetzen ist i.A. notwendig, wenn aufgrund starker Fluktuationen der örtlichen Leistungsflüsse oder nichtsinusförmigen Strömen [4] eine mitunter drastische Verminderung der Netzqualität am PCC resultiert. Durch eine Netzeinspeisung aus regenerativen Quellen, wie z.B. von Windenergiekonvertern (WEK), mit stochastisch schwankendem Energieangebot, können sich die genannten ungünstigen Verhältnisse vor allem innerhalb von Netzausläufern mit kleiner Kurzschlußleistung oder in Inselnetzen leicht einstellen und die maximal mögliche Anschlussleistung dieser Quellen stark beschränken.

Oberschwingungsemissionen [2] durch Anlagen mit Umrichtern und nicht genügend angepaßte Anlagenregelungen oder Betriebsführungen die Ursachen für eine geringe oder schwankende Energiequalität in gekoppelten Netzteilen sein.

Die Hauptaufgabe eines universellen Energiekonditionierers [3] sollte daher die Glättung der Wirk- und Blindleistungsflüsse sowie die kohärente Netzführung im Inselbetrieb [1] mit Spannungs- und Frequenzregelung sein. In der einfachen Strahlennetztopologie in Abb.1 speisen mehrere Erzeuger (z.B. Windenergiekonverter) über Transformatoren eine Sammelschiene, welche mit einem übergeordneten Netzknoten PCC (point of common coupling) verbunden ist, an welchem weitere Erzeuger- und Verbraucherguppen angeschlossen sein können.

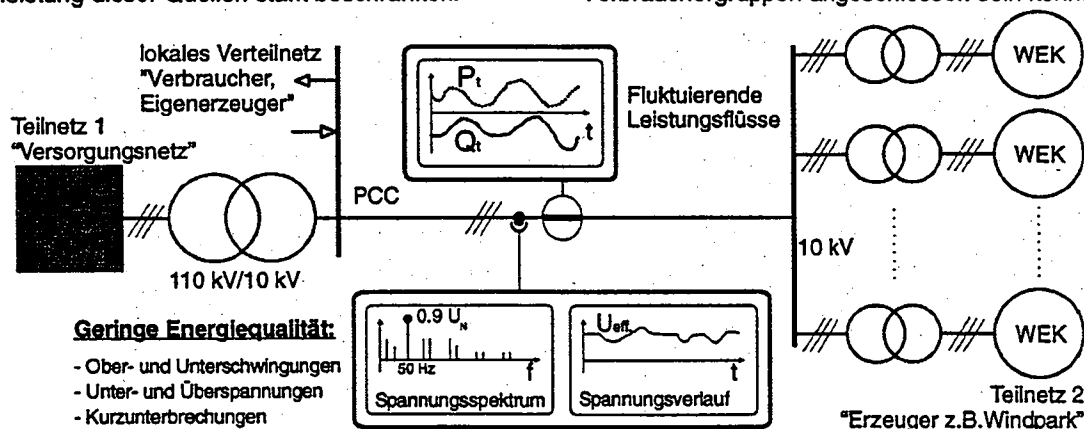


Abb.1 Energieeinspeisung eines Windparks

Neben den nicht periodisch schwankenden Wirkleistungsflüssen durch Windböen im Frequenzbereich $<1\text{ Hz}$ und periodische Turmeffekte im Bereich um ca. $1\text{--}3\text{ Hz}$, können Ein- und Abschaltvorgänge,

Der PCC repräsentiert im Netzparallelbetrieb u.a. die Schnittstelle zum übergeordneten Versorgungsnetz und im Inselbetrieb zu den Verbrauchern des lokalen Verteilnetzes.

2. Die Elektronische Synchronmaschine

2.1 Wirkungsprinzip des Energiekonditionierers

Die Synchronmaschine kann, mit ihrem speziellen subtransienten und transienten Betriebsverhalten und der Möglichkeit im Netzparallelbetrieb ihren Ständerstrom gegenüber der Ständerspannung durch Veränderung der Polradspannung über den Erregerstrom und des Lastwinkels über das Antriebsmoment in allen vier elektrischen Quadranten zu verstellen, bereits als Energiekonditionierer angesehen werden. Nachteilig sind dabei die zur Wirkleistungsglättung ungeeignete, weil starre Drehmoment-Drehzahlennlinie und die langsame Regeldynamik der Polradspannung und des Polradwinkels im Bereich von 100ms bis zu mehreren Sekunden sowie Polradpendelungen.

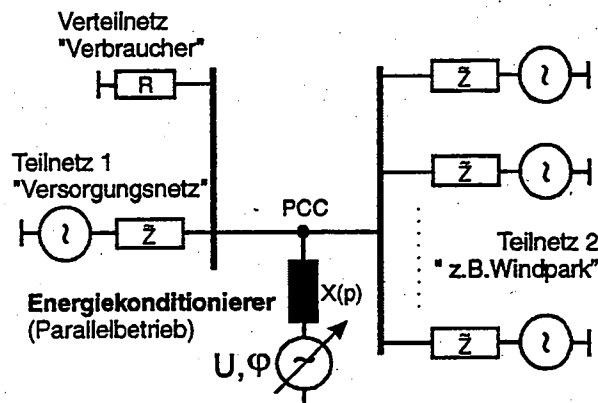


Abb.2 Ersatzschaltbild für Energiekonditionierung

In Abb.2 wird anhand des einphasigen Ersatzschaltbildes eines Strahlennetzes das Wirkungsprinzip eines Energiekonditionierers im Netzparallelbetrieb vereinfacht dargestellt.

abhängiger Operatorenimpedanz $X(p)$ und variabler (Amplitude U , Phasenwinkel φ) Quellenspannung modelliert. Mit steigenden Frequenzen verringert sich ihre Reaktanz bis zur subtransienten Reaktanz x_d' und wirkt als Oberschwingungssenke. Im Fall von Ausgleichsvorgängen aufgrund von Schaltvorgängen im Netz ergibt sich daher der Effekt der Netzstützung durch dynamische Erhöhung der Netzkurzschlußleistung am PCC. D.h. Spannungseinbrüche werden bereits ohne Regeleinriff verkleinert.

Für stationäre Vorgänge ergibt sich für $X(p)$ der Synchronmaschine die synchrone Reaktanz für Grundschwingungsbetrachtungen (z.B. für Sollwertvorgaben des geregelten Systems). Die Eigenschaften in diesem Zeitbereich werden allein durch die Dynamik der übergeordneten Regelkreise (z.B. für die Klemmenspannung) bestimmt.

Aufgrund ihres günstigen Betriebsverhaltens bietet sich die Synchronmaschine als Basis für die Entwicklung eines universelleren, zukunftsorientierten Energiekonditionierers an. Das hier vorgestellte System, im Folgenden als Elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis (ELSAD) bezeichnet, ist in der Lage die Wirk- und Blindleistungsflüsse am PCC, wie einleitend definiert, zu regeln und so die Energiequalität, an dieser Schnittstelle in gefordertem Maße zu erhöhen. Das bekannte Betriebsverhalten der Synchronmaschine wird dabei elektronisch nachgebildet. Durch den Einsatz eines Kurzzeitspeichers für die Wirkleistungsauf- bzw. -abgabe kann das System zu einem statischen Energiekonditionierer erweitert werden. Die Abb. 3 verdeutlicht die prinzipielle Wirkung eines solchen Energiekonditionierers für die einleitend definierte Problemstellung (Abb.1).

Das Konzept der ELSAD mit Nennleistungen zwischen 50kVA und 100MVA ist für den dezentralen

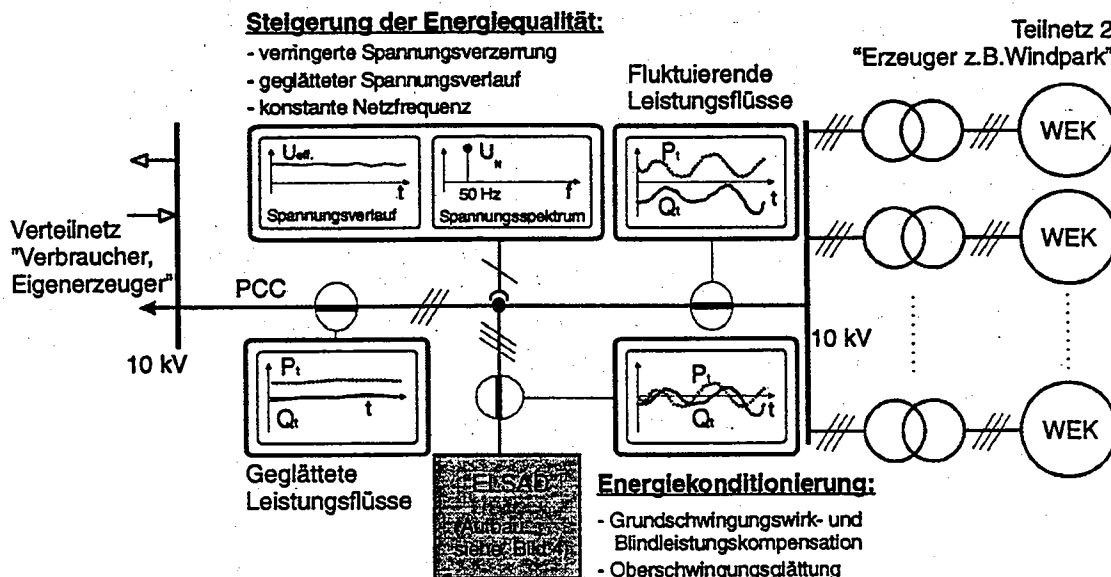


Abb.3 Einspeisung mit Energiekonditionierung

Ausgehend vom vereinfachten Modell der rotierenden Synchronmaschine mit Dämpferkreis wird dieser dabei als reale Spannungsquelle mit frequenz-

Einsatz in den oben charakterisierten Netzstrukturen im Nieder- und Mittelspannungsbereich gedacht und modular aus standardisierten Betriebsmittel aufgebaut.

2.2 Aufbau des Leistungsteiles

Die schnelle Entwicklung auf dem Gebiet der Leistungshalbleiter (IGBT, IGCT, GTO, usw.) bezüglich Schaltleistung und Schaltfrequenz bei gleichzeitigem Preisverfall dieser Komponenten, eröffnet heute die Möglichkeit, die Synchronmaschine im Leistungsbereich kleiner 100 MVA durch den Einsatz leistungselektronischer Systemkomponenten zu ersetzen. Mit einem Kurzzeitspeicher ausgestattet kann die elektronische Synchronmaschine dezentral als vollstatische, netzbildende oder netzstützende Einheit eingesetzt werden. Die Abb.4 zeigt das schematisierte Schaltungskonzept.

Das System besteht aus zwei Antriebsumrichtern unterschiedlicher Leistung (U-Umrichter), einem Dreiwicklungstransformator (Ynd5d5) sowie kombinierten passiven LC-Filtereinheiten. Für die Bereitstellung der geforderten Grundschwingungswirk- und Blindleistung wird auf der Sekundärseite des Drehstromtransformators ein leistungsstarker Pulswechselrichter aus der Antriebstechnik eingesetzt. Dieser ist mit einem Kurzzeitspeicher im Gleichspannungszwischenkreis ausgestattet, um Wirkleistungsflüsse am PCC zu glätten. In bewährter Technologie ausgeführte moderne Antriebsumrichter sind, durch entsprechende Dimensionierung, kurzzeitig überlastbar.

zungen abhängig von der Zykluszeit der Umrichtersteuerelektronik. Die Abtastzeit derzeit verfügbarer Geräte liegt zwischen 1ms und 15ms, damit sind Spannungsanregelzeiten am PCC zwischen 3ms und 50ms möglich, welche um mindestens eine Größenordnung unter denen vergleichbarer Synchrongeneratoren liegen. Eine weitere Steigerung der Regeldynamik läßt sich durch die in der Literatur bereits ausführlich diskutierten direkten Verfahren zur Pulsmustererzeugung für selbstgeführte Umrichter im Netzparallelbetrieb erreichen. Im Sinne der Realisierung eines kostengünstigen und betriebssicheren Konzeptes für die ELSAD wird in diesem Beitrag die Lösung mit Serienumrichtern vorgestellt.

Der sekundärseitige Umrichter bildet zusammen mit der Glättungsinduktivität L_F und der im Dreieck geschalteten Sekundärwicklung die "Läuferseite" der Elektronischen Synchronmaschine. Die Primärwicklung mit ausgeführtem Sternpunkt und Kondensatorbank C_F kann hingegen als "Ständerseite" interpretiert werden. Die Kondensatorbank C_F dient vor allem dem Erreichen einer genügend hohen Spannungsqualität an den Klemmen der ELSAD. Die notwendige Kapazität hängt wesentlich von dem Pulsfrequenzspektrum des verwendeten Umrichters ab. Die ebenfalls im Dreieck geschaltete Tertiär-

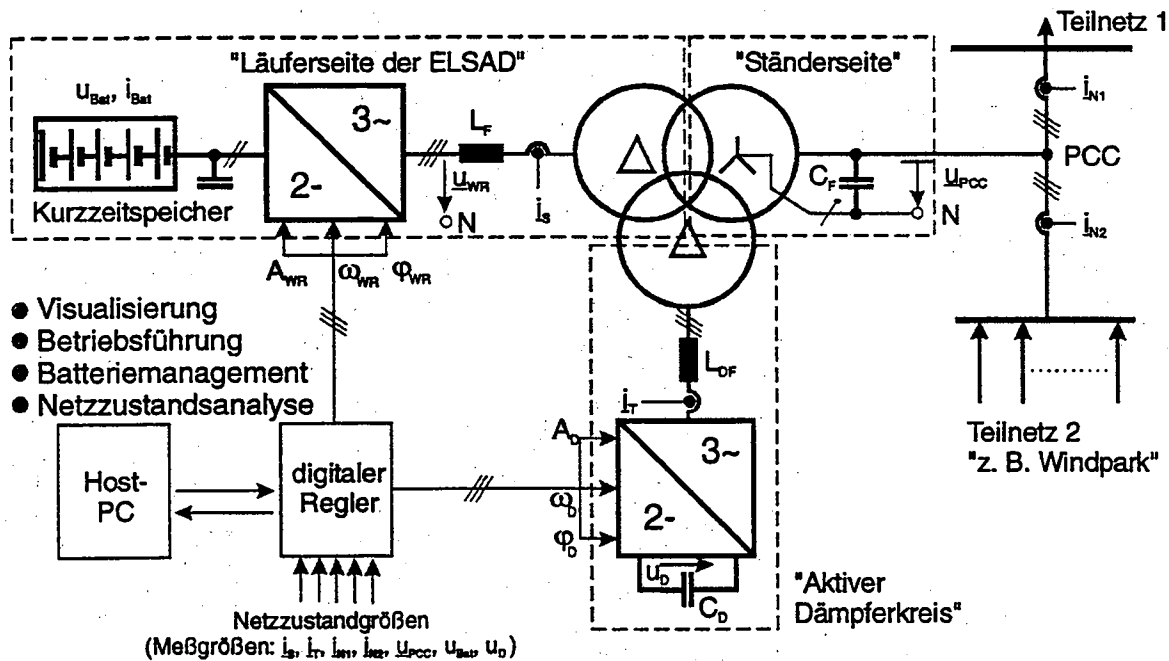


Abb.4 Vereinfachtes Schaltbild der ELSAD

Die in diesen Geräten implementierten feldorientierten Maschinenregelungen können im allgemeinen Fall nicht zufriedenstellend für die neue Aufgabe der Netzregelung vom Anwender adaptiert werden. Die statt dessen zu realisierenden digitalen Regeleinrichtungen nutzen dabei die Möglichkeit des direkten Zugriffs auf den Pulsmustergenerator über den Aussteuerungsgrad (A), die Kreisfrequenz (ω) und den Winkel (ϕ) als Stellgrößeneingänge (siehe Abb.4). Die erreichbare Regeldynamik der ELSAD ist unter den hier gemachten Vorausset-

wicklung mit dem angeschlossenen hochtaktenden IGBT-Spannungsumrichter bildet den aktiven Dämpferkreis der Elektronischen Synchronmaschine. Je nach Regelung dieser aktiven Komponente können verschiedene Dämpferverhalten realisiert werden. Das Verfahren mit dem geringsten regelungstechnischen Aufwand ist die Nachbildung einer idealen passiven Oberschwingungssenke, nach Vorbild des Dämpferkäfigverhaltens einer Synchronmaschine. Die Grundschwingungsleistungsflüsse zwischen Primärseite- und Sekundärseite bleiben stationär unbeeinflusst, indem die tertiären Stromgrundschwingungen mittels des Umrichters zu

Null ausgeregelt werden. Das subtransiente Verhalten der ELSAD wird somit wesentlich durch den aktiven Dämpferkreis bestimmt, während das stationäre und transiente Verhalten durch den $L_F C_F$ -Filterkreis und die Grundsicherungsregelung des sekundärseitigen Umrichters geprägt werden. Die Dreiecksschaltungen der Sekundär- und Tertiärwicklung verringern die Nullimpedanz und gewährleisten ein stabiles Sternpunktpotential mit einer genügend kleinen Spannungsnullkomponente auf der Primärseite, trotz Verwendung eines aufwandsärmeren Dreisckeneltransformators. Die vorgeschlagene Schaltung eignet sich aufgrund der Transformatoranschaltung (Ynd5d5) auch für den im Niederspannungsbereich wichtigen Betriebsfall unsymmetrischer Verbraucher.

3. Messungen an der Versuchsanlage

Am institutseigenen AMOEVES-Prüfstand (Autonome, Modulare Energieversorgungssysteme) wurde die ELSAD erprobt und Messungen für Insel- und den Netzparallelbetrieb durchgeführt. Durch einen rechnergesteuerten WEK-Prüfstand [4] mit Asynchrongenerator wurden die in Abb.5 gezeigten Wirk- und Blindleistungsverläufe nachgebildet, mit Hilfe einer 60kVA ELSAD-Versuchsanlage konditioniert und geglättet in das Versorgungsnetz eingespeist.

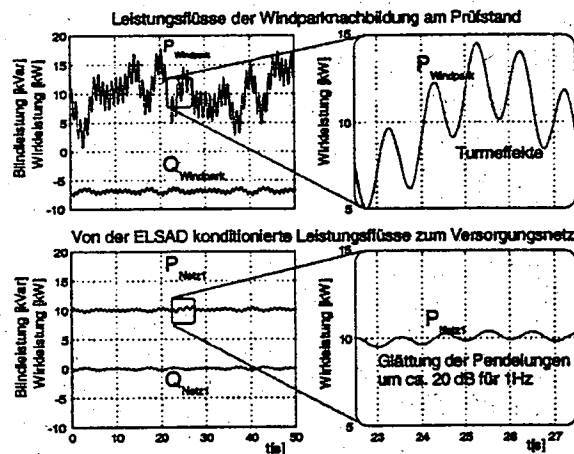


Abb.5 Kompensation von Windböen und Turmeffekten durch Energiekonditionierung mit der ELSAD (Prüfstandsergebnisse)

Die durch simulierte Windböen und Turmeffekte (1Hz) entstandenen Wirkleistungsschwankungen, können um mehr als den Faktor 10 reduziert und die Blindleistungsaufnahme aus dem Versorgungsnetz vollständig kompensiert werden. In der ELSAD-Versuchsanlage kommt ein standardisierter Antriebsumrichter mit einer internen Zykluszeit von 10ms zum Einsatz.

Die Abb.6 stellt die Spannungsverläufe beim direkten Einschalten (motorischer Anlauf) einer Asynchronmaschine (ASM, 10kVA) auf das Versorgungsnetz mit einer Kurzschlußleistung von 150kVA zum Zeitpunkt t_1 mit und ohne Kopplung der ELSAD einander gegenüber. Die Meßergebnisse verdeutlichen

den Effekt der dynamischen Kurzschlußleistungserhöhung durch die subtransienten und transienten Systemeigenschaften der ELSAD (Nennleistung 60kVA.). Der relative Spannungseinbruch am PCC beim Einschalten konnte von 20% auf 7% reduziert und nach ca. 50 ms ausgeregelt werden.

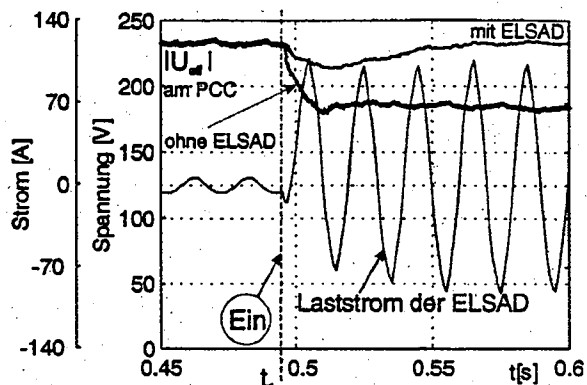


Abb.6 Spannungsverläufe U_{eff} beim direkten Einschalten einer ASM (10kVA) mit und ohne Netzstützung durch eine ELSAD.

4. Ausblick

Bei der Prüffeld-Erprobung des ELSAD-Konzeptes konnte die gewünschte Verbesserung der Energiequalität durch Energiekonditionierung meßtechnisch nachgewiesen werden.

Die Schwerpunkte derzeitiger und zukünftiger Forschung bilden die Verbesserung der Betriebsführung und die online Adaption der Regelung bei sich schnell verändernden Netzzuständen.

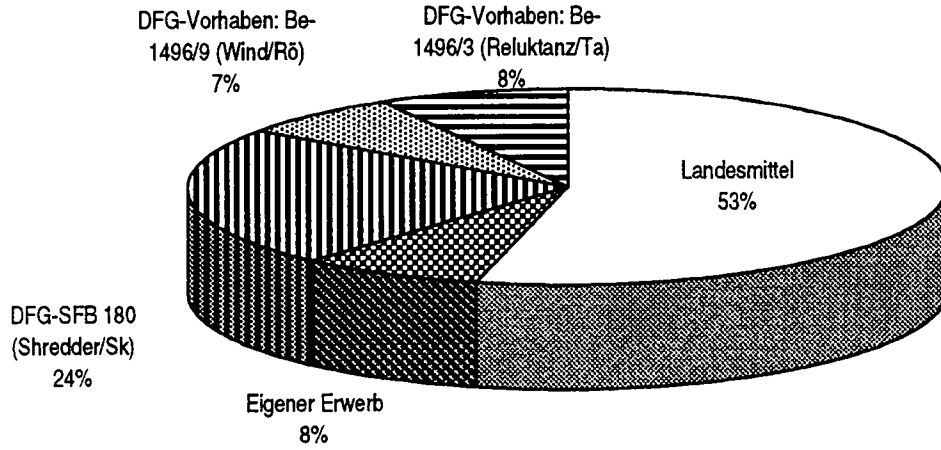
5. Literatur

- [1] Beck, H.-P., Sourkounis, C. (1993) Autonomes modulares Energieversorgungssystem für Inselnetze Patentanmeldung: P4232516.1
- [2] Sourkounis, C. (1994) Windenergieanlagen mit maximaler Energieausbeute am leistungsschwachen Netz. Dissertation TU Clausthal
- [3] Aredes, M., Heuman, K. (1996) An advances unified power flow controller Electrical Engineering 79 Springer Verlag
- [4] Beck, H.-P., Kanakis, A., Sourkounis, C. (1997) Power control of windpower converters with asynchronous generator 4th EPQU, September 1997, Cracow, Poland
- [5] Beck, H.-P., Sourkounis, C., Wenske, J. (1998) Gesamtkonzept zur Konditionierung elektrischer Energie aus fluktuierenden Quellen in dezentralen Netzen am Beispiel der Windenergie DEWEK'98 in Wilhelmshaven

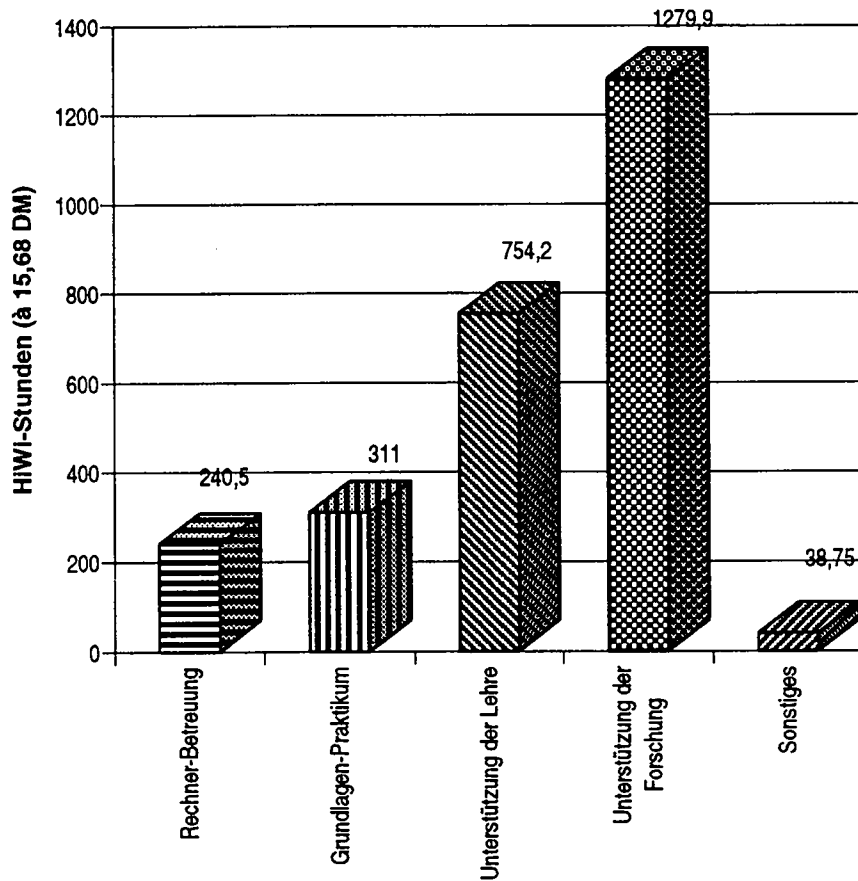
* Verfügbare Gebäudefläche (Leibnizstraße 28)	1620 m ²
– Bürofläche	826 m ²
(einschl. verliehener Fläche)	200 m ²
– Labor-/Prüffeldfläche	794 m ²
* Mitarbeiter	
– wissenschaftliches Personal	14
– techn.-/Verwaltungsangestellte	11
– Lehrbeauftragte / Gastwissenschaftler	9 / 3
– Wissenschaftliche Hilfskräfte	26
– externe Doktoranden	3
	Σ 66
* Prüffeld mit	
– Maschinen-/Antriebslabor	
– Energieelektroniklabor	
– Hochspannungs-/Energieanlagenlabor	
– Meßdatenverarbeitungslabor (HP1000/PC)	
– Prüfstände für Walzwerks- und Bahnantriebe mit I/U/D-Umrichtern, Umkehrstromrichtern	
* Mechanik-/Elektrotechnik-/Elektronikwerkstatt	
* Prozeßrechner-/Simulationstechniklabor (Parallelrechner)	
* NETASIM, MATRIX _x , Saber für Workstationanwendung und PC-Anwendung	

Mittel für studentische Hilfskräfte in 1998

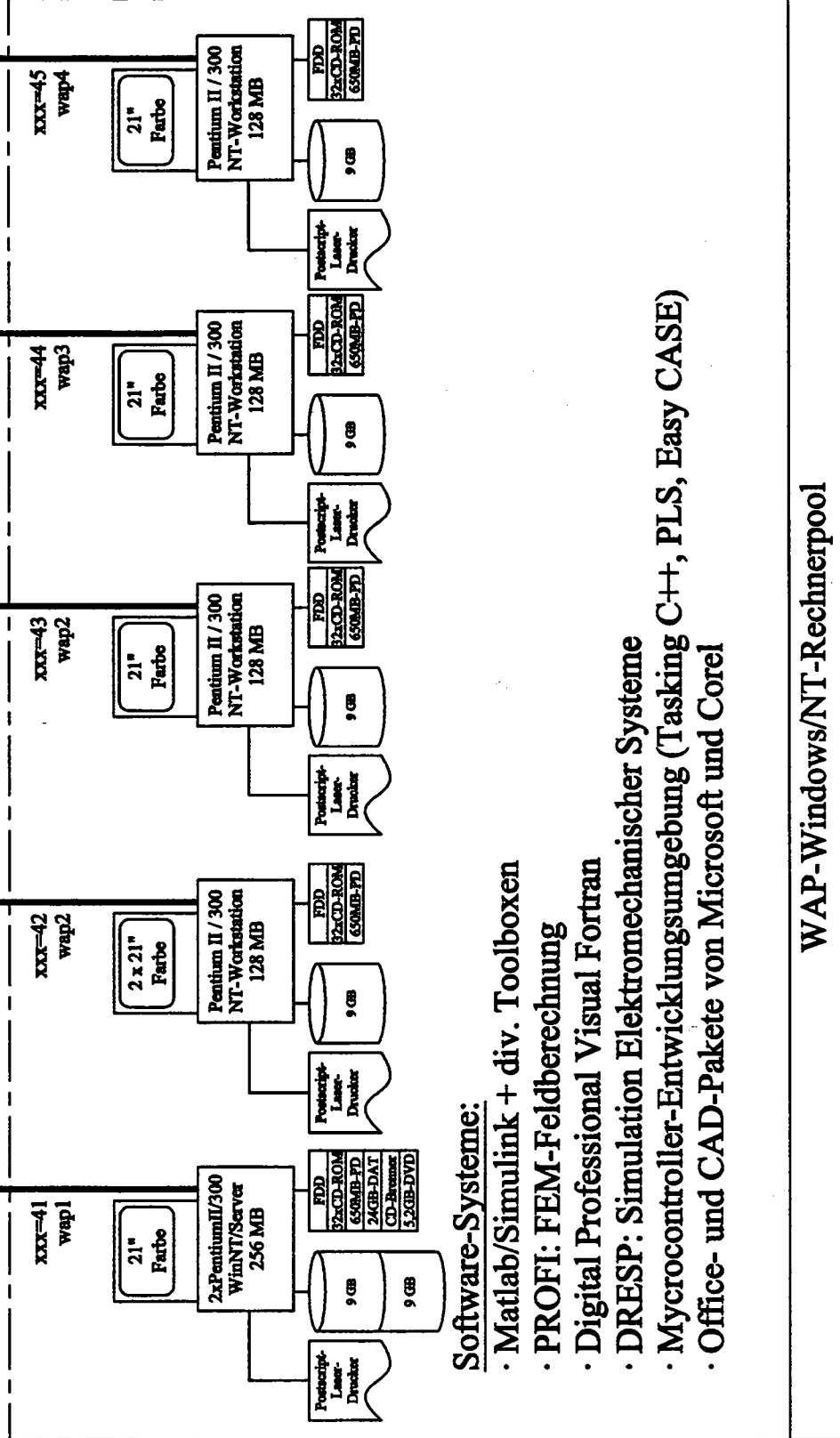
100 % = 73507,84 DM



Einsatz studentischer Hilfskräfte 1998



(Glasfaser)



Software-Systeme:

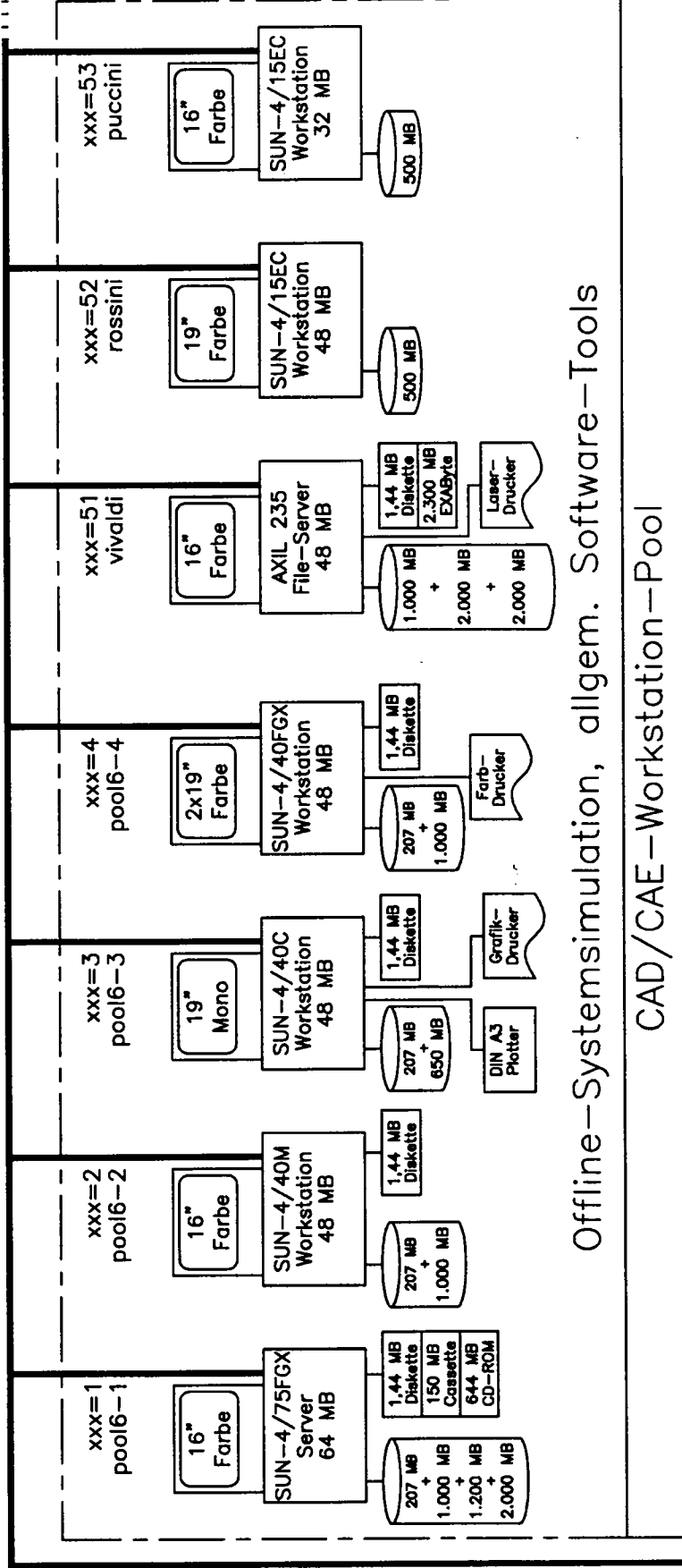
- Matlab/Simulink + div. Toolboxes
- PROFI: FEM-Feldberechnung
- Digital Professional Visual Fortran
- DRESP: Simulation Elektromechanischer Systeme
- Mycrocontroller-Entwicklungsumgebung (Tasking C++, PLS, Easy CASE)
- Office- und CAD-Pakete von Microsoft und Corel

WAP-Windows/NT-Rechnerpool

Internet-Adr.: 139.174.65.xxx domain: iee.tu-clausthal.de

Ethernet

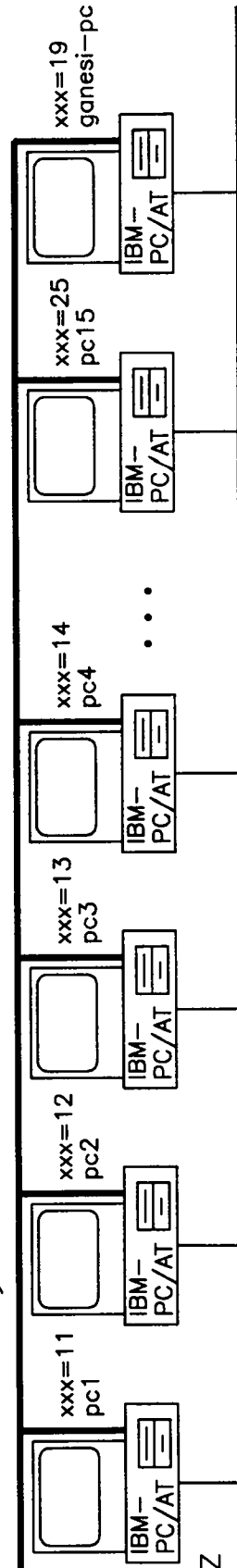
Rechenzentrum
(Glasfaser)



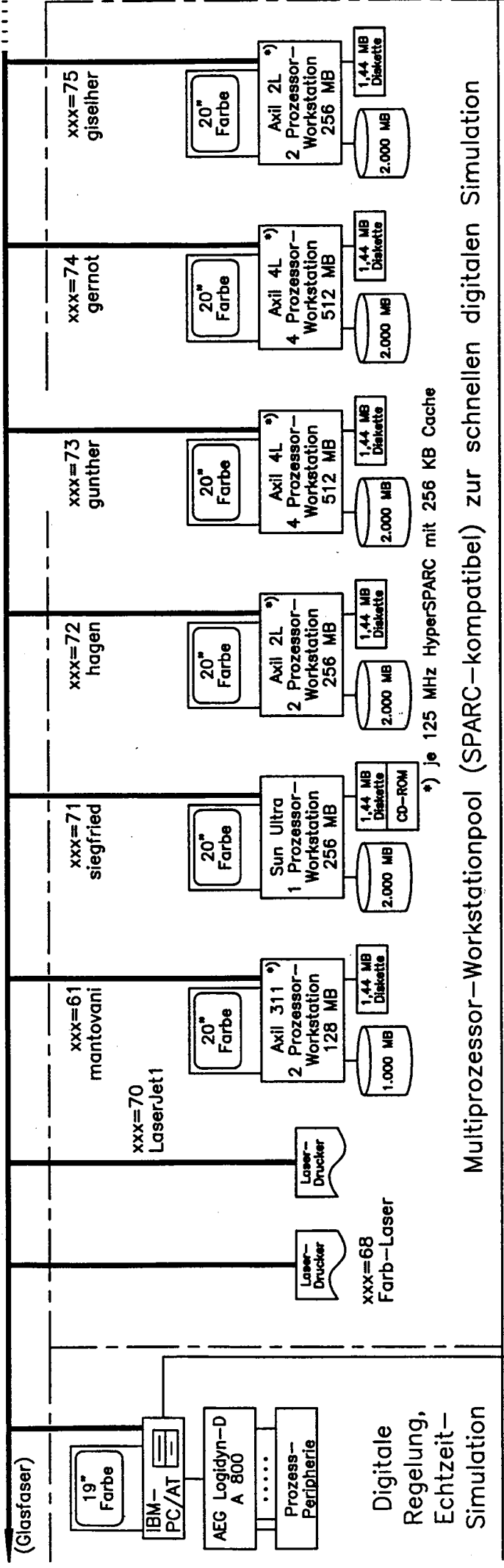
Offline-Systemsimulation, allgem. Software-Tools

CAD/CAE-Workstation-Pool

PC-Systeme mit PC-NFS, XFS, HCL-eXceed/W, NetBEUI



Serielles Hausnetz



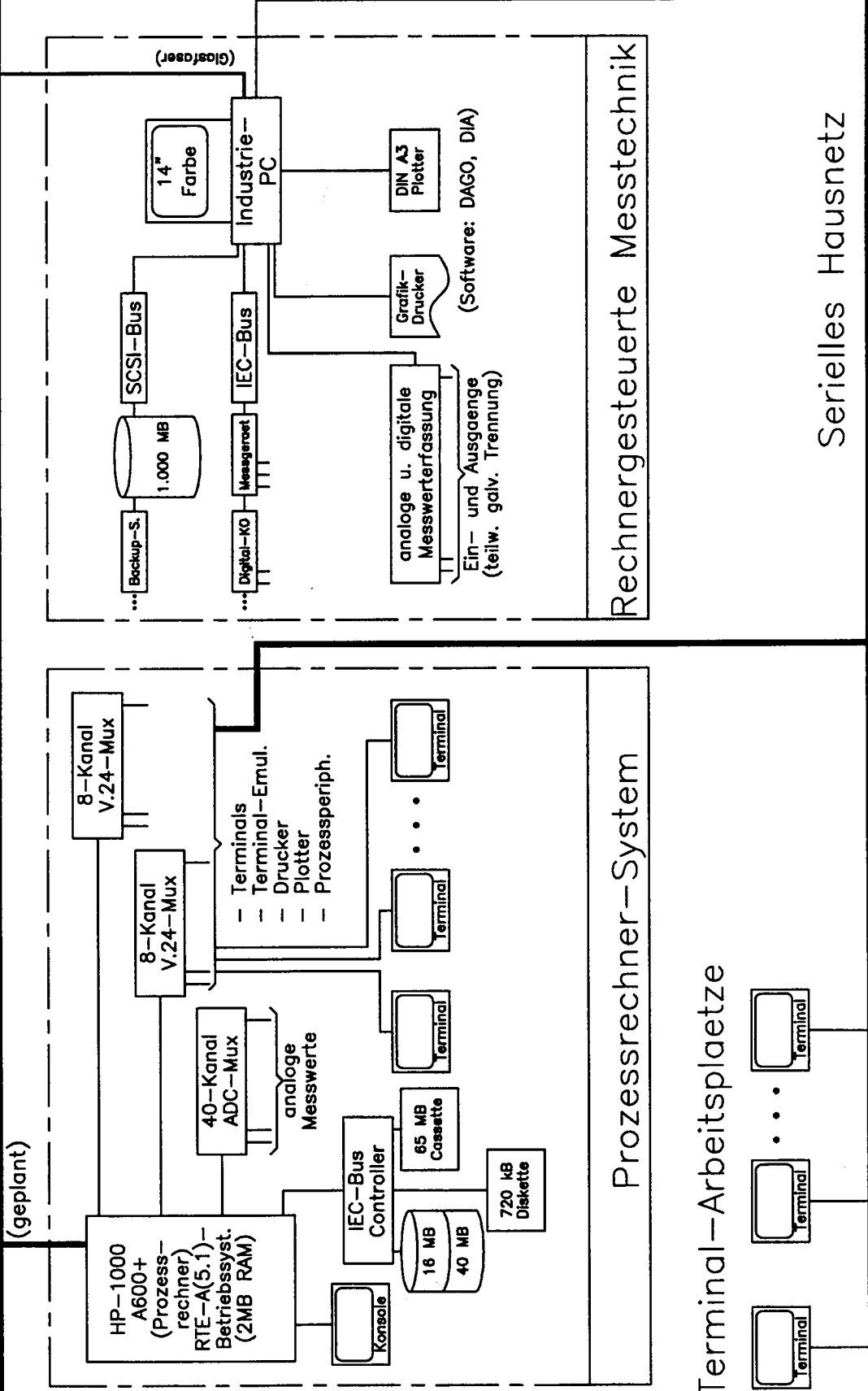
Multiprozessor-Workstationpool (SPARC-kompatibel) zur schnellen digitalen Simulation

Energiesystem-Simulation

Serielles Hausnetz

Recherausstattung zur Simulation von Energiesystemen

Ethernet Internet-Adr.: 139.174.65.xxx domain: iee.tu-clausthale.de



Recherausstattung zur Messtechnik im Prueffeld