



Jahresbericht

des

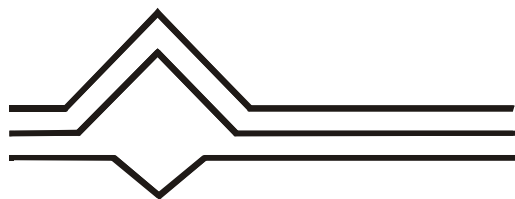
Institutes für Elektrische Energietechnik

TU Clausthal

Bericht Nr. 11 (2000)

Clausthal - Zellerfeld

Januar 2001



Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort	1
1	Lehre	3
1.1	Vorlesungen, neue Studiengänge	3
1.2	Übungen, Praktika	6
1.3	Seminarvorträge	7
1.4	Studien- und Diplomarbeiten	7
2	Veröffentlichungen, Dissertationen	9
2.1	Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente	9
2.2	Vorträge / Seminare	12
2.3	Berichte, Technische Notizen	13
2.4	Teilnahme an Ausstellungen	13
2.5	Geförderte Forschungsvorhaben	14
2.6	Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte	16
3	Forschungsarbeiten + Forschungsgebiete des Institutes	19
3.1	Ausbau der Institutseinrichtungen	19
3.2	Projektblätter	19
4	Personelle Besetzung	71
4.1	Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts (siehe auch Anlage 19a)	71
4.2	Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer	72
4.3	Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte	75
4.4	Wissenschaftliche Hilfskräfte	75
4.5	Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Vereinigungen und in den Selbstverwaltungsgremien der Universität	76
5	Anlagen	77

0 Vorwort

Liebe MitarbeiterInnen, Freunde und Förderer des Institutes,

im Jahr 2000, der Keimzelle des 21. Jahrhunderts, hat sich an der Universität und im Institut der absehbare positive Trend zur weiteren Konsolidierung fortgesetzt. Die Erstsemesterzahlen der TU bewegen sich mit 650 Anfängern im laufenden Studienjahr wieder signifikant auf die Sollzahl von 800 zu, wobei eine Verschiebung von den Ingenieur- zu den Informatikwissenschaften zu verzeichnen ist. Aus der Hochschulleitungssicht sind deshalb Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich der Verschiebung der Sollkapazität erforderlich und bereits teilweise auf den Weg gebracht. Diese Maßnahmen betreffen jedoch nicht das IEE, weil erfreulicherweise durch die vor einigen Jahren neu eingeführten Studiengänge im Energiebereich – hierzu gehören vornehmlich die Energiesystemtechnik und das Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Rohstoff und Energie, eine vollständige Auslastung des Instituts zu erwarten ist.

Einen Beitrag hierzu leistet auch der dreisemestrige Ergänzungsstudiengang Energiesystemtechnik für Fachhochschulabsolventen und BA- Absolventen aus dem Ausland. Aus diesem Klientel, so wird erwartet, können u. a. fehlende hochmotivierte Diplomarbeiter und Doktoranden rekrutiert werden, was dem qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs zu gute kommt.

Darüber hinaus gibt es am IEE inzwischen 50 % internationale Doktoranden, die zum Teil aus Sonderprogrammen der Regierung gefördert werden. Hierdurch wird die drittmittelbasierte Forschungsarbeit gestärkt. Weitere zahlreiche Bewerber aus dem Ausland können aus Kapazitätsgründen derzeit nicht aufgenommen werden. Die Globalisierung hat also auch im IEE Einzug gehalten, denn die Quote internationaler Doktoranden war in der fast 40jährigen Geschichte des Institutes mit 50 % nie so hoch wie zur Zeit. Vor dem allgemeinen Hintergrund der diesbezüglichen politischen Debatte ist dies sicherlich zu begrüßen.

Als besonderer Höhepunkt des vergangenen Jahres ist die 2. Technologietagung des IEE mit 40 externen Teilnehmern zu nennen, an der wieder viele Ehemalige des Institutes teilnahmen. Leider fehlte aus Krankheitsgründen zum ersten Mal der Gründervater, Herr Kollege Brettbauer. Im Rahmen einer offenen und gelösten Atmosphäre wurden Vorträge zu aktuellen Fachthemen aus Wissenschaft und Wirtschaft von internen und externen TeilnehmernInnen

gehalten. Im anschließenden Kolloquiumsteil fand der Technologietransfer in Gesprächsform statt, wobei alte Verbindungen aufgefrischt und neue geknüpft werden konnten. Ein allgemeiner Wunsch war, die Tagung im Abstand von drei Jahren zu wiederholen. Sie findet voraussichtlich immer am Wochenende vor dem 27. November des entsprechenden Jahres statt.

Dieser Jahresbericht, und auch das ist ein Ergebnis der letzten Tagung, wird an alle TeilnehmerInnen verschickt, damit das Vorgetragene dokumentiert und der Gedankenaustausch fortgesetzt werden kann. Selbstverständlich richtet sich der vorliegende Bericht nicht nur an diesen Personenkreis sondern an alle Interessenten und Auftraggeber, die Kontakt zum IEE haben oder aufnehmen. Wer darüber hinaus die TU als Ganzes unterstützen oder als Alumni seine Verbundenheit zu seiner ehemaligen Lehr- und Forschungsstätte zum Ausdruck bringen möchte, sollte dem Verein von Freunden beitreten, auf dessen hilfreiche Tätigkeit ich ausdrücklich in meiner Eigenschaft als Prorektor hinweisen möchte.

Mit den besten Wünschen für das 21. Jahrhundert und ein wachsendes IEE- Netzwerk grüßt mit herzlichem Glückauf

1 Lehre

1.1 Vorlesungen

Glücklicherweise steigen die Studentenzahlen im Grundstudium wieder an. Dadurch, dass die Grundlagenvorlesung inzwischen für fast alle Studiengänge (außer Umweltschutztechnik) Pflicht ist, sind die Lehrkapazitäten in diesem Bereich gut ausgelastet. Die Anfängerzahlen in den Energiestudiengängen (Energiesystemtechnik, Wirtschaftsingenieurwesen Richtung Rohstoffe und Energie) sind stabil, so dass inzwischen ca. 100 StudentenInnen eingeschrieben sind. Dies lässt in den nächsten Jahren auf eine bessere Ausnutzung der Lehrkapazitäten im Hauptstudium hoffen. Die folgenden Vorlesungen wurden in diesem Jahr von Mitgliedern des IEE angeboten und durchgeführt. Die Zahlen geben jeweils die geschätzte Teilnehmeranzahl an.

Beck	Grundlagen der Elektrotechnik I/II (W 8800 / W8801)	160
Beck	Elektrische Energietechnik (S 8803)	30
Beck	Regelung elektrischer Antriebe (W 8808)	7
Beck	Energieelektronik (S 8811)	5
Beck u.a.	Energiesysteme (W 8804)	35
Heldt	Sonderprobleme Elektrischer Maschinen (W 8805)	6
Wehrmann	Elektrische Energieverteilung (W 8812)	12
Sourkounis	Regenerative Elektrische Energietechnik (W 8818)	28
Mertig	Photovoltaik-Anwendungen (W 8820)	20
Salander	Elektrizitätswirtschaft (S 8819)	15
Baake	Theorie Elektromagnetischer Felder (S8817)	15
Rehkopf	Betriebsführung von Energie- und Verkehrs-Systemen (S 8823)	6

Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 248 Vor- und Hauptdiplomsprüfungen von den prüfungsberechtigten Hochschullehrern bzw. Lehrbeauftragten des Institutes abgenommen.

Außer im Fach "Grundlagen der Elektrotechnik I/II", in dem zusätzlich Klausuren geschrieben wurden (138 Teilnehmer), fanden alle Erst- 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

Informationstechnik

Informatik

Physikalische Technologien

Geotechnik, Bergbau und Rohstoffe

Nach dem Vordiplom :

Im Rahmen des Fachstudiums werden die Angebote des IEE derzeit 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 fand an der TU im Fachbereich MVC 1999 eine Evaluation der Studiengänge Maschinenbau und Energiesystemtechnik statt.

Das Ergebnis liegt inzwischen vor. In dem von der Zentralen Evaluations-Agentur erstellten Bericht wird unter anderem hervorgehoben, dass „die Technische Universität Clausthal bereits

vor der Evaluation mit der fachübergreifenden Struktur und mit der Integration der Fachbereiche Maschinenbau, Chemie und Verfahrenstechnik zukunftsorientierte Maßnahmen ergriffen hat. Darüber hinaus wurde bei der Evaluation deutlich, dass man auf interessanten Gebieten weitere, in die Zukunft gerichtete Maßnahmen plant:

- Einrichtung eines virtuellen Labors
- Y-Modell für ein gemeinsames Grundstudium aller Ingenieure
- Schwerpunkt Leistungsmechatronik
- Schwerpunkt Energiesystemtechnik in regenerativen Sparten. Dies beinhaltet auch die Befassung mit der Integration dezentraler Energieerzeugung.“

Die „Leistungsmechatronik“ (Umrichter- Antriebstechnik für größere Leistungen unter besonderer Berücksichtigung der mechanischen Antriebskomponenten und der Lasteingangsfunktion der Arbeits- / Kraftmaschinen) und die Energiesystemtechnik in regenerativen Sparten – Arbeitsgebiete auf denen das IEE schon seit Jahren tätig ist – werden dabei als Zukunftsthemen gewürdigt. Auch über diese zukunftsorientierten Tätigkeitsfelder informiert der vorliegende Bericht.

Das im letzten Jahresbericht erwähnte Projekt „Clausthaler Energiepark“ (Anlage 2, 3) ist inzwischen angelaufen. Die Planung, Ausschreibung und Bestellung der Leittechnik bei der Firma repas AEG ist erfolgt. Wie sich bei der Ausschreibung herausstellte, ist das Energiemanagement in dezentralen Anlagen, wo nicht nur die Nachfrage sondern auch das Angebot schwankt, ein aktuelles Thema der Leittechnikanbieter. Mehrere Firmen waren an einer Kooperation interessiert. Letzlich gab aber das Preis-Leistungsverhältnis den Ausschlag. Der Clausthaler Energiepark wird als Keimzelle für „regenerative“ Energiesystemtechnik an der TU angesehen.

1.2 Übungen, Praktika

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

Große Übung	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wehrmann)	120
Tutorien	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	100
Tutorien	zur Prüfungsvorbereitung Vordiplom Elektrotechnik (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	20
Praktika	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wolf, wissenschaftliche Mitarbeiter und Hilfskräfte)	165
Übung	zu Elektrische Energietechnik (Wolf)	22
Übung	zu Regelung elektrischer Antriebe (Goslar / Turschner)	5
Übung	zu Energieelektronik (Wenske)	2
Übung	zu Elektrische Energieerzeugung (Wehrmann)	6
Praktikum	Elektrische Antriebe I für EST (Turschner)	5
Praktikum	Elektrische Antriebe II für EST (Tulbure)	3
Grundpraktikum	im Hauptstudium (Pflichtversuch Elektrische Antriebe) (Turschner)	51
Praktikum	Elektrische Maschinen (Tulbure)	5
Praktikum	Regenerative Elektrische Energietechnik	8

1.3 Seminarvorträge

Grimm, Robert Kraftschlußausnutzung einer Lokomotive mit Zug-Druck-
Stangen-Messung und Systemmodellierung, 12/00

1.4 Studien- und Diplomarbeiten

Studienarbeiten

Dowrueng, Arnuphap Literaturrecherche zur Anwendung der Taguche Methode™ bei
Untersuchungen an stationären Batteriespeichersystemen
Betreuer: Ropeter

Du Séjour, Sylvain Dionis Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Kühlsystemen
am Beispiel eines dieselelektrischen Triebzuges
Betreuer: Söffker, ALSTOM LHB

Schütz, Michael Entwurf und Realisierung einer Kippschutzeinrichtung für den
netzgeführten Wechselrichter eines drehzahlvariablen Wind-
energiekonverters
Betreuer: Sourkounis

Stichweh, Heiko Parameteridentifikation eines Antriebssystems unter besonderer
Berücksichtigung einer Nichtlinearität
Betreuer: Turschner

Stobbe, Sören Realisierung einer Raumzeigermodulation für eine umrichterger-
speiste Drehfeldmaschine mit Spannungszwischenkreis
Betreuer: Turschner

Urban, Uwe-Rüdiger Innovatives Energieversorgungskonzept für das Schulzentrum Goldene Aue / Berufsbildende Schulen Bassgeige sowie angrenzende Liegenschaften des Landkreises Goslar
Betreuer: Wenzl

Wilhöft, Olav Adolf Konzept für den Rotor und den mechanischen Antriebsstrang eines 3 kW Windenergiekonverters
Betreuer: Sourkounis

Diplomarbeiten

Jahn, Jörg Implementation of a Field Orientated Vector Control Strategy for a Permanent Magnet Synchronous Motor based on TMS320F240 Digital Signal Controller
Betreuer: Turschner

Wilhöft, Olav Adolf Auslegung und Konstruktion eines Rotors und Antriebsstranges eines Windenergiekonverters für Einzelverbraucher
Betreuer: Sourkounis

Dowrueng, Arnuphap Entwurf und Realisierung einer Internet-Plattform für interaktive Lehr-/Lernmodule zum Entwurf leistungselektronischer Schaltungen.
Betreuer: Wenske

Nedeljkovic, Nikola Identifikation eines Kraftwerksgenerators und Implementierung eines Bedien- und Beobachtungssystems
Betreuer: Sourkounis

2 Veröffentlichungen, Dissertationen

2.1 Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente / -anmeldungen

Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Bücher

Siehe hierzu auch die Anlagen 4-7.

Beck / Wenske / Wolf	Energie-Konditionierer als Stellglieder für Blindleistungs- Management und Energiequalität Symposium: Sicherung der Energiequalität in Netzen mit Wind- Energieeinspeisung, Wilhelmshaven, Oktober 2000
Beck	Starke Leichtgewichte Antriebskonzepte der Zukunft BahnTech, März 2000
Chen Zhengshi / Meng Qingchun / Beck / Wang Zhiyong	A high efficiency and economical energy AC speed – governing experiment system with analogue load IPEMC, Beijing, August 2000
Beck / Siemens	Dezentrale Regenerative Energiesystemtechnik Realisierung einer Demonstrationsanlage Sonnenforum, Freiburg 2000
Beck (Herausgeber und Mit- Autor)	Energiekonditionierung in dezentralen Anlagen mit regenerati- ven Kleinkraftwerken Imagebroschüre „Forschung in Clausthal“ 2000
Beck	Aktive Schwingungsdämpfung in Triebachsen mittels selbststein- stellender Zustandsregelung Eb - Elektrische Bahnen, Dezember 2000

- Beck / Brandt / Salander
(Herausgeber) Handbuch Energiemanagement (HbE) CF-Müller-Verlag
- Beck / Turschner Parameteridentifikation mit evolutionären Algorithmen für
Walzantriebe mit Zustandsregler
VDI-Schwingungstag, Kassel 2000
- Beck / Turschner Intelligent Identification, Observation and Control of Complex
Nonlinear System in Motion System
AMC, Nagoya (Japan) 2000
- Beck / Salander Effizientes Verfahren zur Berechnung geschirmter niederfre-
quenter Magnetfelder
EMC Kompendium 2001
- Beck / Sourkounis / Rösner Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and
Three-Phase AC Controller in Generator Mode
ETEP, April 2000
- Beck / Stichweh /
Sourkounis Potential der PI – Zustandsregelung bezüglich einer Lastkollektiv-
minimierung
VDI Tagung : Schwingungen in Anlagen und Maschinen,
Veitshöchheim, Mai 2001
- Wolf/ Thamodharan New Converter – Fed Power Source to Increase the Dynamic Perfor-
mance of the Three – Phase Electric Arc Furnace
ETEP, Nov./ Dec. 2000
- Sourkounis / Bekehermes Iterativ adaptierende Betriebsführung für drehzahlvariable
Windenergiekonverter
*Iterative self-adapting system management for variable speed
wind energy converter*
Atp-Automatisierungstechnik Praxis 03/2000

Sourkounis
Selbsteinstellende Betriebsführung für ein optimales Standortleistungsprofil bei Windkraftanlagen.
Self-adjusting Control System for an Optimum Site Performance Profile of Wind Turbines
5th German Wind Energy Conference, DEWEK 2000 Session No. 1

Dissertationen:

Nigge, Karl-Michael
Life Cycle Assessment of Natural Gas Vehicles – Development and Application of Site-Dependent Impact Indicators

Betreuer: Prof. Jischa, Prof. Beck

Janßen, Martin
Uni Bochum
Steuerverfahren für Doppeldreipunktwechselrichter zur Speisung von Hochleistungsinduktionsmaschinen mit hohen Anforderungen an die Drehmomentqualität

Betreuer: Prof. Steimel, Prof. Beck

Steinfort, Marc
Fortgeschrittene Systemlösungen für einen elektro-chemischen Energiewandler mit materialsparender Zell- und Stapel-Konzeption

Betreuer: Prof. Beck, Prof. Hoffmann

2.2 Vorträge / Seminare

H.-P. Beck	Braunschweig-Futur "Nachhaltige Energieversorgung mit dezentralen Kleinkraftwerken" Forschungsregion Braunschweig, Landesmuseum 13.07.00
H.-P. Beck	Fachhochschule Wilhelmshaven „Energiekonditionierer als Stellglieder für Blindleistungs-Management und Energiequalität 01.10.00
H.-P. Beck	Dezentrale Energieversorgung mit Brennstoff-Zellen 10.06.00 Festkolloquium AV Glückauf-Salia Clausthal
H. Stichweh	Selbsteinstellender zustandsgeregelter Ansynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung AiF-Informationstagung Würzburg 14./15.11.00 Arbeitskreissitzung Wuppertal 21.11.00
H.-P. Beck A. Tulbure	Damping Torque-Oscillations at Drive with Double Cage Induction Machine. 9-th International Power Electronics and Motion Control Conference, 5.–7.09.2000, Kosice, Slowakien
Dr.-Ing. Sourkonis	Weltenergieversorgung in der Zukunft Futour 2000 Braunschweig

2.3 Berichte, Technische Notizen

	Externer Bericht
Dipl.-Phys. C. Salander Dipl.-Math. H. Kiel	Deutsche Bahn AG: Berechnung der Feldverteilung einer Magnetschwebbahn in einem Tunnel
	Externer Bericht
Dipl.-Phys. C. Salander Dipl.-Math. H. Kiel	Deutsche Bahn AG: Elektromagnetische Beeinflussung einer Magnetschnellbahn am Beispiel TRANSRAPID durch die Bündelung der Trassen mit den gleichstrombetriebenen S-Bahnen in Berlin und Hamburg
	Externer Bericht
Dr. E.-A. Wehrmann Dipl.-Ing. C. Ropeter Dipl.-Phys. D. Schadach	Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Kooperationsvorhaben „Energiepark Clausthal“
	Externer Bericht
Dipl.-Phys. C. Salander	Deutsche Bahn AG: Berechnung der magnetischen Ersatzflußdichte im Innern von Schienenfahrzeugen

2.4. Teilnahme an Ausstellungen

- Hannover-Messe 2000, Ausstellung des AMOEVES- Modells (Anlage 4)
- Forschungsregion Braunschweig, (Fut(o)ur) Ausstellung des AMOEVES- Modells

2.5 Geförderte Forschungsvorhaben

Im Berichtszeitraum wurden folgende geförderte Forschungsvorhaben bearbeitet :

DFG-Vorhaben

”Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller”

(Be 1496 / 9-3)

Kennwort: „Drehstromsteller für Generatorbetrieb“

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. J. Rösner

VFWH-Antrag AW 131

”Identifizierung einer Nichtlinearität bei Mehrmassenschwingern mit Hilfe von Genetischen Algorithmen”

Status: genehmigt

Bearbeiter : Dipl.-Ing. D. Turschner

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)

Status: genehmigt

Bearbeiter : Dipl.-Ing. C. Ropeter

AiF-Nr. 10 ZN, FVA-Vorhaben-Nr. 351/I

Selbsteinstellender zustandsgeregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Stichweh,

Land Niedersachsen / MWK

Multimedia in der Lehre

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Dowrueng

Land Niedersachsen / MWK

Planung eines Sonderforschungsbereiches "Energiemanagement, Effizienzsteigerung bei sich ändernden Rahmenbedingungen"

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Wolf

Friedrich Ebert Stiftung

Asynchronmaschine mit rotierendem aktivem Schwingungsdämpfer

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Tulbure

Ägyptische Regierung

Windenergiespeicherung mit heißer Druckluft

Bearbeiter: Dipl.-Ing. E. Mohamed

DAAD

System-Modellierung und Identifikation einer hydrodynamischen Kupplung

Bearbeiter: Dipl.-Ing. B. Musasa

Deutsche Bahn AG:

Berechnung der magnetischen Ersatzflußdichte bei Abschirmungen mit leitenden permeablen Platten

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Phys. D. Schadach

Deutsche Bundesstiftung Umwelt:

Lehr- und Demonstrationsanlage für dezentrale regenerative Energiesysteme (Energiepark Clausthal)

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. C. Ropeter, Dipl.-Phys. D. Schadach, Dr. Ing. E.-A. Wehrmann

2.6 Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte

Exkursionen:

05.07.00

Elektrostahlwerk Peine und Salzgitter AG

06.07.00

Pumpspeicher-Kraftwerk Erzhausen der E-On Energie AG (Preußen Elektra Kraftwerke GmbH) bei Kreiensen im Rahmen der Vorlesung „Elektrische Energieerzeugung“)

10.07.00 – 12.07.00

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

- Besuch im Deutschen Museum, Museumsinsel 1
- Besuch des Forschungs- und Technologiezentrums der Deutschen Bahn
- Besuch des „Atomei“ in Garching
- Besuch der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) und des Instituts für Sicherheitstechnologie (ISTec)
- Besuch des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik

Veranstaltungen:

14.11.00

2. Technologietagung des Instituts für Elektrische Energietechnik an der Technischen Universität Clausthal

Programm:

- Eröffnung und Begrüßung Prof. Dr. E. Schaumann (Rektor der TU Clausthal)
- Grußworte
- Begrüßung und Bericht des Institutsleiters Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
- Fachvorträge zu laufenden Forschungsaufgaben
- Gemeinsamer Institutsrundgang mit Versuchsvorführungen
- Kurzberichte von Gästen
- Gemeinsames Abendessen

Teilnehmerzahl (extern) : 40

Teilnehmerzahl (intern) : 35

Gastaufenthalte:

Prof. E. Pop, Universität Petrosani, Rumänien

3 Forschungsarbeiten

3.1 Ausbau der Institutseinrichtungen

Zur weiteren Komplettierung der Institutseinrichtungen wurden folgende Neuanschaffungen getätigt:

- Fertigstellung des AMOEVES-Prüfstandes für Grundschrwingungs-Vierquadranten-Betrieb mit Visualisierung des Leistungsflusses
- Hottinger-Baldwin-Drehmoment-Messwelle mit Verstärker (500 Nm)
- Fertigstellung eines gepulsten rotierenden Widerstandes mit Lichtleiteransteuerung für Asynchronwindgeneratoren
- Fertigstellung des dritten 200 A/15 kHz Batterie-Lade- und Entladegerätes mit Batterierecyclierungseinheit, Realisierung der „Null-Amperestunden-Regelung“
(zwei wurden an das FhG – ISE – Freiburg verkauft, Partner im EU – Projekt)
- Anschaffung eines dSpace-Online-Simulations- und Prüfstandes zur Hardware in-the-loop-Softwareentwicklung für Energiemanagement-Anwendungen
- Anschaffung eines Microcontroller/DSP-Rechnersystems mit Entwicklungsumgebung
- Anschaffung eines Impedanzspektrometers zur Zustandserfassung von Batterie- und Brennstoffzellensystemen

3.2 Projektblätter

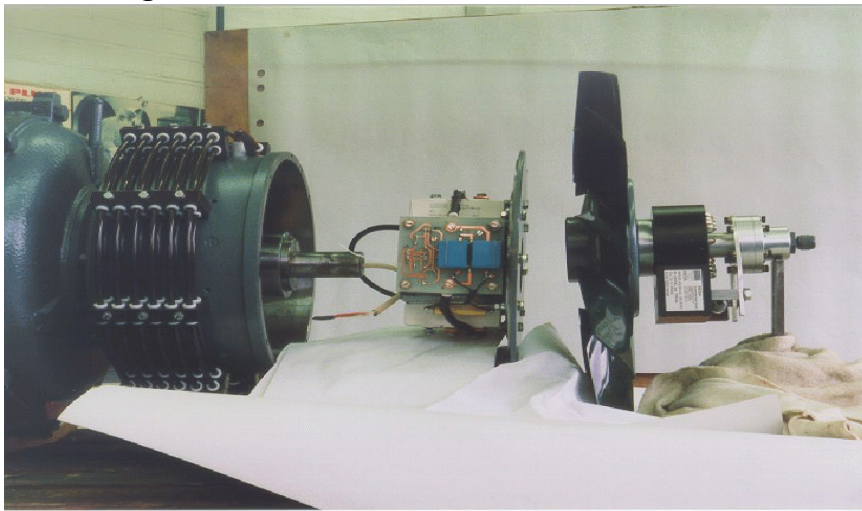
Die folgende Übersicht und die sich anschließenden neuen bzw. aktualisierten Kurzbeschreibungen der von den wissenschaftlichen Mitarbeitern durchgeführten Forschungstätigkeiten geben Auskunft über den derzeitigen Stand der laufenden Projekte.

Arbeitsgruppe Elektrische Antriebstechnik

Leiter: Dr.-Ing. Constantinos Sourkounis
Tel.: +49-5323-72-2594
E-Mail: sourkoun@iee.tu-clausthal.de
Gruppenmitglieder: Dipl.-Ing. D.Turschner, Dipl.-Ing. A.Tulbure, Dipl.-Ing. H.Stichweh,
Dipl.-Ing. B. Musasa.

Forschungsschwerpunkte und Projekte

! Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Schredder-Anlagen



*Dynamische Kennlinienanpassung von Asynchronmaschinen (ASM)
mittels eines rotierenden leistungselektronischen Stellgliedes*

- ▶ Drehzahlelastische Antriebe zur Lastkollektivminimierung im elektromechanischen Antriebsstrang
- ▶ Anpassung der Antriebsstruktur zur Reduzierung der erforderlichen Leistungsreserven sowie des technischen Aufwandes beim Stellglied

! Antriebsregler mit aktiver Schwingungsdämpfung

- ▶ Identifikation mit genetischen Algorithmen
- ▶ PI-Zustandsregler mit Selbsteinstellung

! Netzgespeiste Asynchronmaschine mit variabler Käfigstruktur

- ▶ verlustarme dynamische Kennlinienverstellung
- ▶ wellenmomentabhängige Steuerung des Schlupfes
- ▶ im Läufer baulich integrierter Halbleitersteller

! Lebensdaueroptimierte Regelung elektrischer Antriebe

- ▶ Umrichter mit Antriebsstrang-Adaption
- ▶ kostengünstige Realisierung für KMU

! Auslegungsmethoden von Elektroantrieben mit Hydrokupplung

- ▶ Modellierung des dynamischen Kupplungsverhaltens
- ▶ Parameteridentifikation des Kupplungsmodells

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.

Ziel:

- Aktive Dämpfung von Torsionsschwingungen im Antriebsstrang führt zur Lastkollektivminimierung
- erforderliche Leistungsstellreserven wurden durch Anpassung der Antriebsstruktur reduziert
- Durch Ausnutzung der kinetischen Energie in den rotierenden Massen konnten Lastspitzen im Antriebsstrang sowie im speisenden elektrischen Netz unterdrückt werden „drehzahlelastischer Betrieb“

Ergebnisse :

- Entwicklung eines Antriebsystems zur Lastkollektiv minimierung(vgl. Bericht `95), welches auf einer umrichter gespeisten Asynchronmaschine mit Wellenmomentregelung aufbaut.
- Entwicklung eines „low cost“ Antriebssystems (s.Abb. 1), welches auf der dynamischen Anpassung der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie vom Asynchronmotor (DynAK) basiert.
- Realisierung eines Lasteingangsfunktions-Rechners (LEF-Rechner) zur Gewinnung der realen LEF aus dem an großtechnischen Anlagen gemessenen Wellenmomentverlauf (s. Bericht 1997).
- Konzipierung und Realisierung der leistungselektronischen Einrichtung zur Steuerung der rotierenden zusätzlichen Läuferwiderstände (Abb. 1).
- Erprobung des Antriebskonzepten DynAK und Durchführung vergleichender Untersuchungen unter verschiedenen Regelkonzepten am Shredder-Prüfstand des IEE an den Modell-Shredder (TU Freiberg) und Durchführung von Betriebsmessungen bei verschiedenen Shrottdurchsätze..

Dokumentation:

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

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

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

- /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 1997
9-14 Juli 1997, 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 1997
- /7/ Beck, H.-P. ; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen
Kapitel: Beanspruchung von Komponenten verfahrenstechnischer Maschinen und
Möglichkeiten der Beeinflussung
Springer Verlag 2000
ISBN 3-540-67670-8

Projektleiter für IEE: Dr.-Ing. C. Sourkounis

(Tel.: 05323/72-2594)

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

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

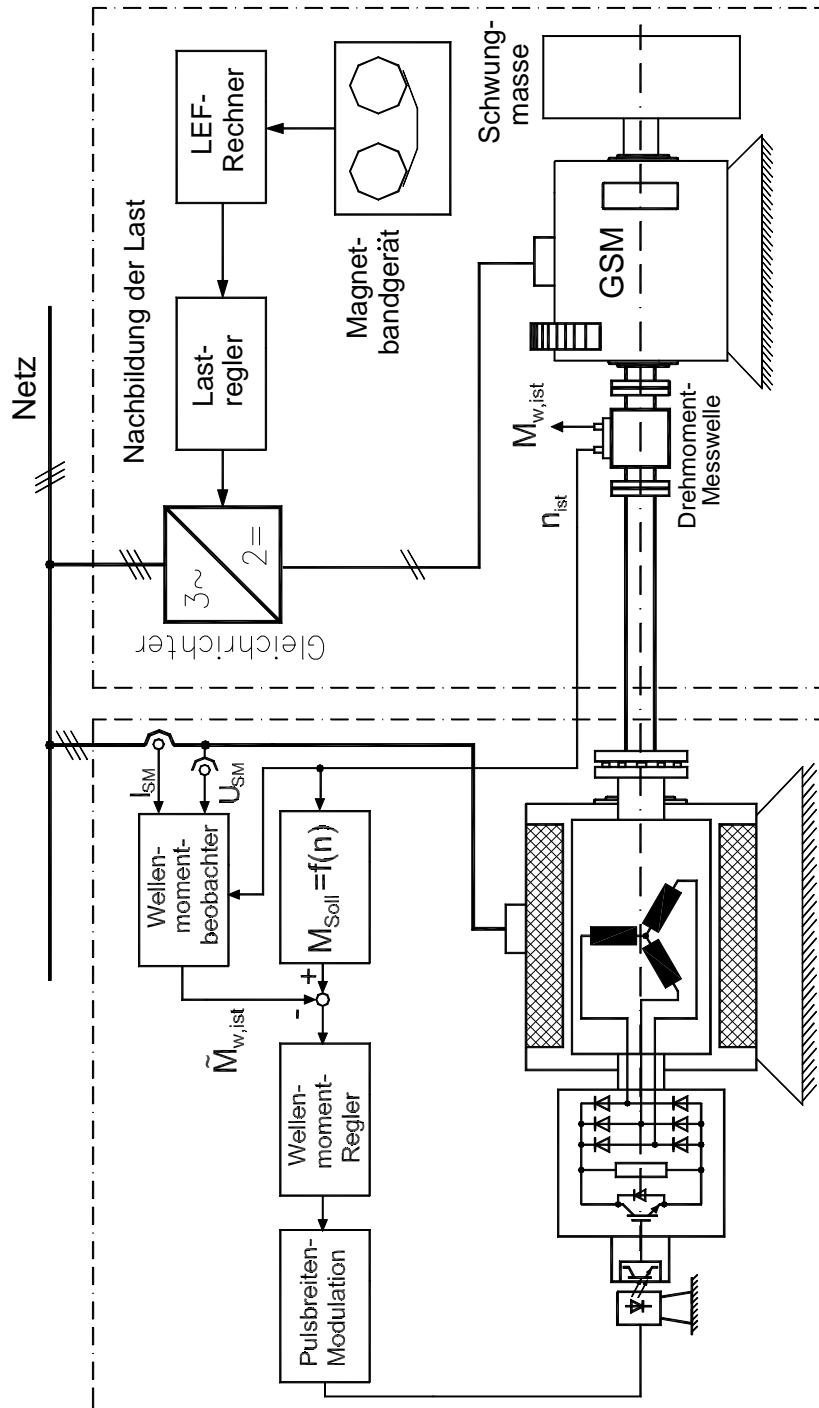


Abb. 1: Prüfstandaufbau zur Erprobung des DynAK-Antriebssystems

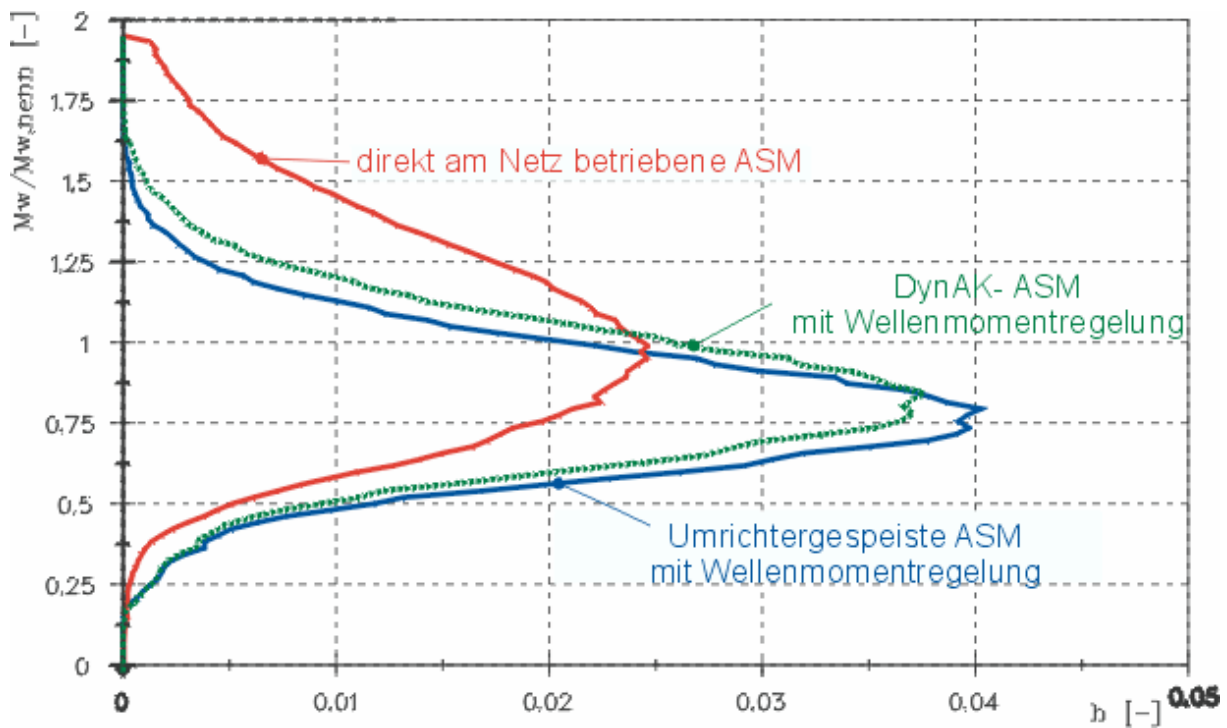


Abb. 2: Vergleich der verschiedenen Lastkollektive gemessen am Modell-Shredder



Problem: Zur Steigerung der Lebensdauer sowie zur Verbesserung der Verfügbarkeit von Antriebssystemen soll im Rahmen eines AiF-Projektes eine PI-Zustandsregelung realisiert werden, die aufgrund ihrer schwingungsdämpfenden Eigenschaften eine Minimierung der Torsionsschwingungen bewirkt. Für diese Regelung ist eine Hardware auszulegen sowie eine Software zu generieren.

Ziel: Um die Inbetriebnahme der PI-Zustandsregelung zu vereinfachen, soll ein Selbsteinstellungs-Algorithmus integriert werden, der neben einer Strecken- bzw. Streckenparameteridentifikation die Polvorgabe nach dem Verfahren der "Analytischen Gezielten Eigenwertvorgabe" eigenständig durchführt und anschließend eine dynamische Aufschaltung der Zustandsregelung auf die PI-geregelte Strecke ermöglicht. Zusätzlich soll eine Havariesicherung zum mechanischen Überlastschutz implementiert werden.
Für den gesamten Regelalgorithmus ist eine kostengünstige Hardware sowie eine hinsichtlich Rechenzeit und Speicherbedarf optimierte Software zu erstellen.

Arbeitsschritte:

- Untersuchung der Anforderungen an die Hardware hinsichtlich Rechenzeit und Speicherplatzbedarf
- simulative Optimierung der PI-Zustandsregelung, des Beobachters und der Identifikation sowie einer Havariesicherung unter Berücksichtigung der durch die Hardware gebildeten Randbedingungen
- Prüfung des Rechenzeit- und Speicherbedarfs des gesamten Regelungskonzeptes in einer echtzeitfähigen Umgebung (Evaluationboard)
- Einarbeitung in die Mikrocontrollerprogrammierung
- Erstellung eines Prototyps für die Zielhardware
- Quantifizierung der Lebensdauererhöhung einer PI-Zustandsregelung im Vergleich zu einer herkömmlichen PI-Regelung in einer Simulation und einer Messung am Prüfstand

Stand der Arbeit:

- das Regelungskonzept bestehend aus PI-Zustandsregelung, Beobachter, Identifikation und Havariesicherung ist optimiert und an einem echtzeitfähigen System überprüft
- es wurde ein Prototyp einer Hardware erstellt
- die Lebensdauererhöhung wurde für unterschiedliche Lasteingangsfunktionen mittels einer Simulation ermittelt
- die Messung bzw. die Ermittlung der relativen Lebensdauererhöhung am Prüfstand ist in Vorbereitung

Dokumentation:

- Beck, H.-P.; Sourkounis, C.; Stichweh, H: *Selbsteinstellender zustandsgeregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, FVA-Informationstagung, 14/15. November 2000, Würzburg

Projekt: Selbsteinstellender, zustandsgeregelter Asynchronantrieb lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

- Vorträge:**
- 21.05.2000: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, Arbeitskreissitzung des AiF zum Projekt Nr. 351
 - 21.05.2000: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, Arbeitsgruppensitzung des AiF zum Projekt Nr. 351
 - 14/15.11.2000: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, FVA-Informationstagung, Würzburg
 - 21.11.2000: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, Arbeitskreissitzung des AiF zum Projekt Nr. 351

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Stichweh

stichweh@iee.tu-clausthal.de

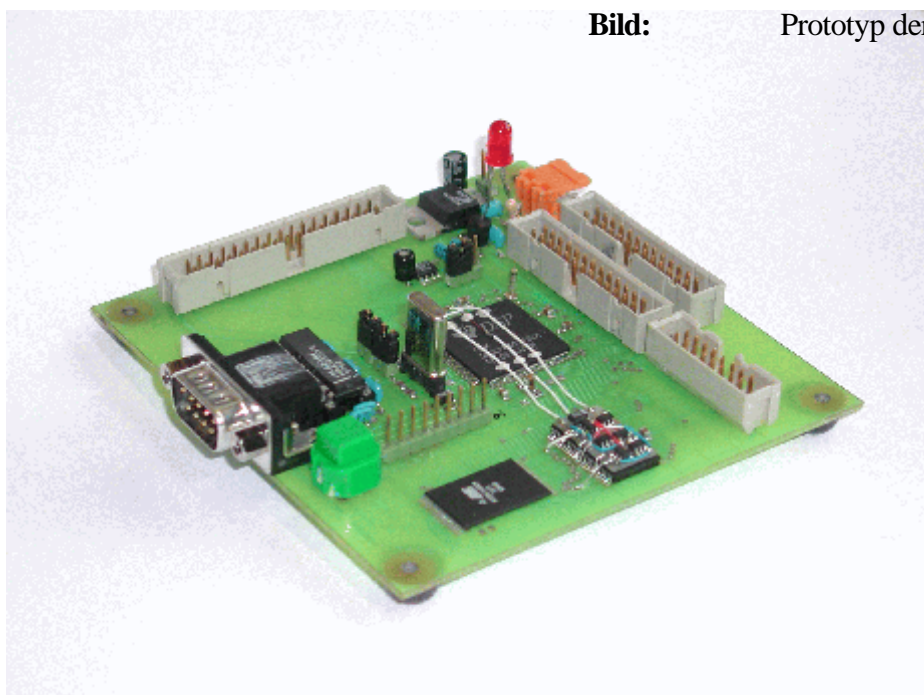


Bild: Prototyp der Zielhardware

Problem: Da in der Zukunft die Modernisierung alter bestehender Anlagen unter Beibehaltung der Mechanik in der Walzwerktechnik immer wichtiger wird, spielt auch das Vorhandensein einer mechanischen Lose von $1-2^\circ$ mit ihren Auswirkungen auf die Regelgüte eine immer zentralere Rolle.

Ziel: Ziel des Vorhabens ist es, Nichtlinearitäten in Form einer Lose sicher zu erfassen. Hierfür ist es wichtig, die mechanische Lose zu identifizieren, wozu sich die Genetischen Algorithmen im besonderen Maße eignen. Klassische Verfahren eignen sich nur zur Identifizierung von linearen Systemen. Ein weiterer Vorteil der Kenntnis der mechanischen Lose ist die Diagnosemöglichkeit der Mechanik und damit das Festlegen von Wartungsintervallen.
Zusätzlich soll eine Strukturidentifikation durchgeführt werden. Hierbei wird geprüft ob das mechanische Modell eines 2- bzw. 3-Massen-Schwingers mit oder ohne Lose die Wirklichkeit am besten abbildet. Die Kenntnis des identifizierten Modells dient dem Inbetriebnahmeingenieur als vertrauensbildende Maßnahme zum Abgleich einer vorhandenen Regelung.

- Lösungsweg:**
- S Wahl einer Anregungsfunktion zur sicheren Identifikation der Lose bei unbekannter Anfangsstellung des Antriebs.
 - S Überprüfung der Strategie in der Simulation.
 - S Optimierung der Strategieparameter der Evolutionsstrategie im Sinne einer schnellen Konvergenz.
 - S Realisierung von unterschiedlicher Lose am Prüfstand.
 - S Verifikation der Simulationsergebnisse am Prüfstand.

Projektstand: Simulationsergebnisse liegen vor; die Prüfstandserprobung ist in Vorbereitung.

Dokumentation: Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Parameter Estimation for State Controlled Rolling-Mill Motors Using Evolutionary Algorithms*, 6th International Workshop on Advanced Motion Control, p.413-418, Nagoya (Japan), March 2000

Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Parameteridentifikation mit evolutionären Algorithmen für Walzantriebe mit Zustandsregler*, VDI Berichte 1550, S.743-757 VDI-Schwingungstagung 2000, Kassel Juni 2000

Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose bei ausgeführten Anlagen*, Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW 129, Oktober 2000

Beck, H.-P.; Turschner, D.: Commissioning of a state controlled high-powered electrical drive using evolutionary algorithm, IEEE/ASME Trans on Mechatronics for "Focused Section on Papers from AMC2000-Nagoya, March 2001

Vorträge: 31. März 2000: *Parameter Estimation for State Controlled Rolling-Mill Motors Using Evolutionary Algorithms*, 6th International Workshop on Advanced Motion Control, Nagoya (Japan)

8. November 2000: *Identifizierung einer Nichtlinearität bei Mehrmassenschwingern mit Hilfe von Genetischen Algorithmen*, Bericht über das Projekt VFWH-AW 131, Düsseldorf.

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

turschner@iee.tu-claustahl.de

Projekt: Identifizierung einer Nichtlinearität bei Mehrmassenschwingern mit Hilfe von Genetischen Algorithmen

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

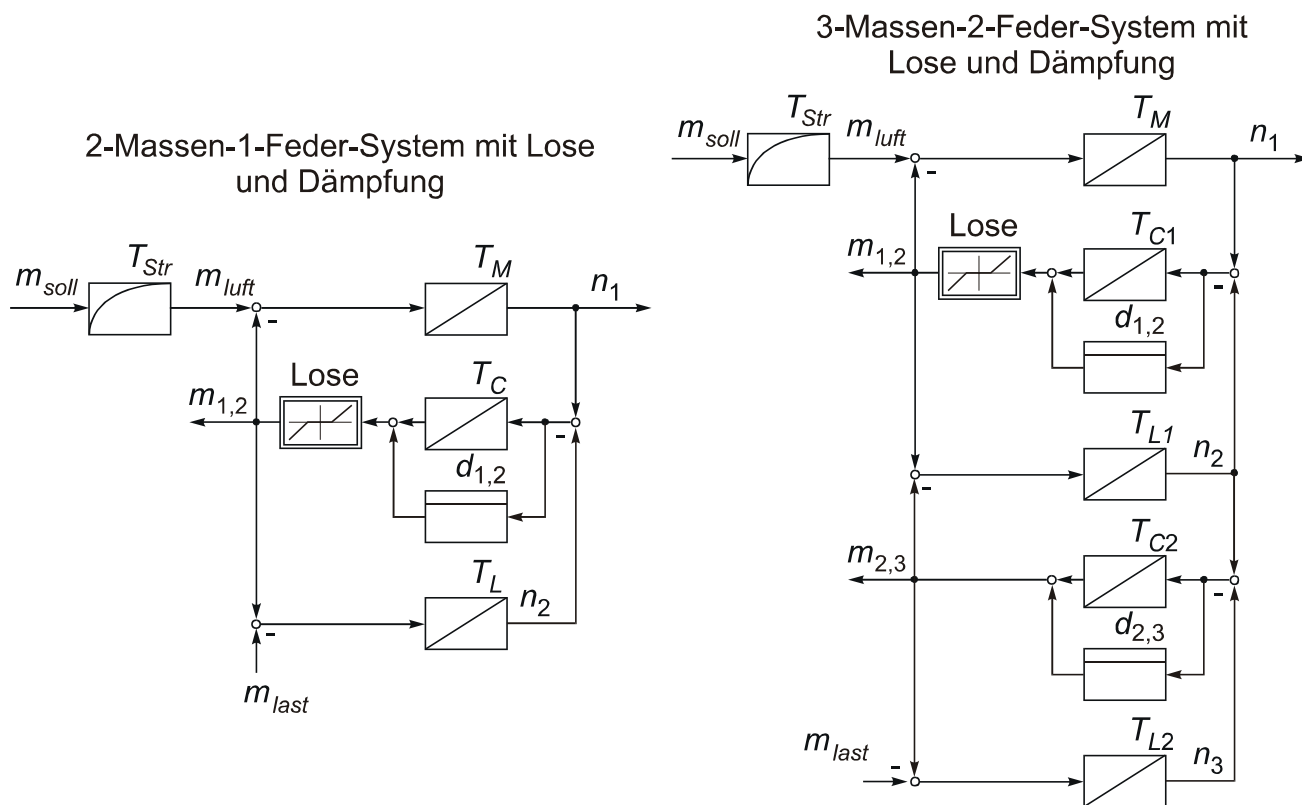


Bild 1: Identifikation unterschiedlicher Strukturvarianten

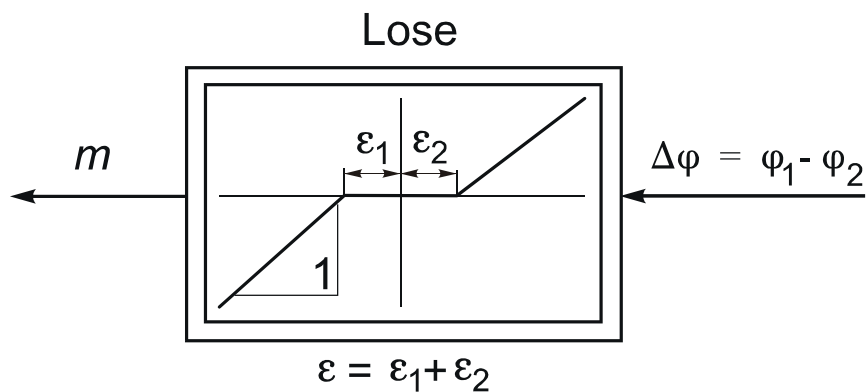


Bild 2: Darstellung der Lose

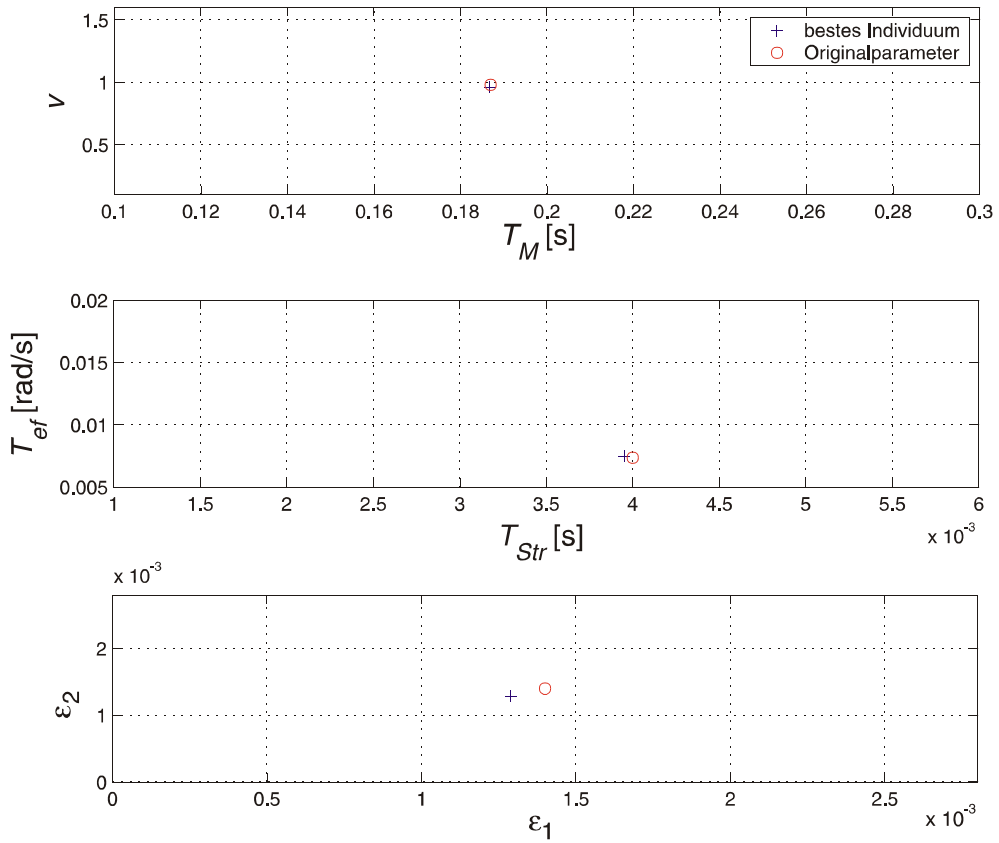


Bild 3: Ergebnis einer Optimierung (Modell: 2-Massen-Schwinger mit Lose, Größe der Population: 150, Anzahl der Generationen: 150)

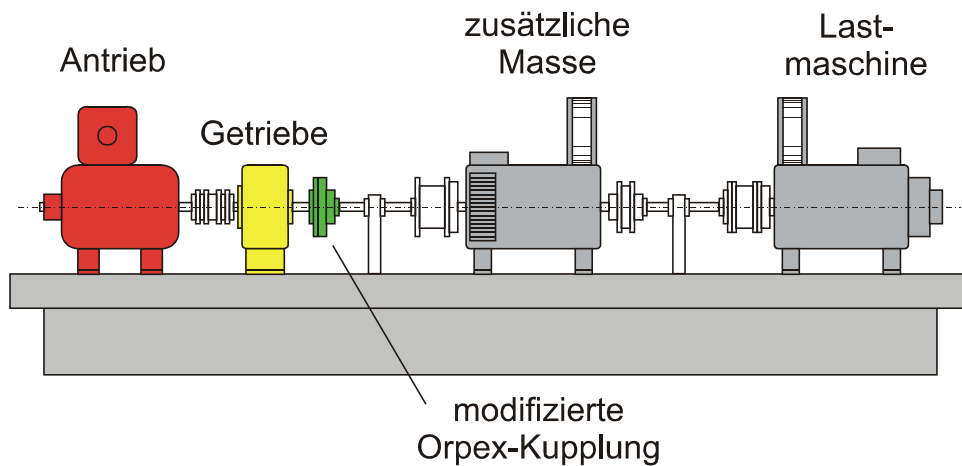


Bild 4: Prüfstand mit modifizierter Kupplung zur Nachbildung der Lose

Problem: Die selbsterregten Torsionsschwingungen in elektrischen Antrieben verursachen große Beanspruchungen in den elektromechanischen Komponente. Durch die Reduzierung dieser Beanspruchungen kann die Lebensdauer und die Verfügbarkeit von Maschinenanlagen Walzenmühle, Schredder, Verdichter, etc. verlängert werden.

Ziel: Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Entwicklung eines Konzeptes zur aktiven Dämpfung der lastbedingten Torsionsschwingungen im Antriebsstrang eines Zwei-Massen-Systems mit netzgespeister Doppelkäfig-Asynchronmaschine (DKASM). Das neue Konzept basiert auf der wellenmomentabhängigen Änderung des wirksamen Läuferwiderstandes. Dafür wurde eine leistungselektronische Einrichtung konzipiert mit deren Hilfe das Betriebsverhalten der Maschine dynamisch und verlustarm beeinflusst werden kann.

Lösungsweg:

- Entwicklung eines Programms zur Simulation eines Antriebssystems mit ASM mit Doppelkäfigläufer (DKASM).
- Simulationstechnische Untersuchung verschiedener Pulsmuster zur Ein/Ausschaltung des Betriebskäfigs.
- Entwurf einer leistungselektronischen Dämpfeinrichtung zur Umsetzung des vorgeschlagenen Konzeptes in der Praxis.
- Ausprobieren der neu-entwickelten Einrichtung am Prüfstand.
- Auswertung der Messergebnisse und Vergleich mit den Simulationsergebnisse.

Projektstand:

- Ein Programm in NETASIM-Sprache zur Untersuchung der Wirkungsweise verschiedener Pulsmuster zur Hin- und Herschaltung zwischen den Käfigen der DKASM wurde entwickelt.
- Die nötige Maschinen-Parameter zum Dimensionieren der elektronischen Einrichtung wurden ermittelt.
- Eine für die DKASM geeignete Schaltungstopologie wurde festgelegt und seine Funktionalität geprüft.
- Die in einer Meßtrommel einzubauenden Leistungselektronik ist in der Aufbauphase.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Adrian Tulbure (Tel: 72-3821)

adrian.tulbure@tu-clausthal.de

Projekt: Asynchronmaschine mit Käfigumschaltung

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

Dokumentation:- Technische Notiz des *IEE* (Verfasser: A. Tulbure):

„Ermittlung der elektrischen Parameter für den Betriebskäfig einer Doppelkäfig-Asynchronmaschine“ (in Vorbereitung)

- „Damping torque-oscillations at drives with double cage induction machine“, A. Tulbure, H.-P. Beck, internationale Konferenz, Power Electronic und Motion Control, Kosice 2000.

- genehmigter Antrag für das Promotionsstipendium der *Konrad-Adenauer-Stiftung*.

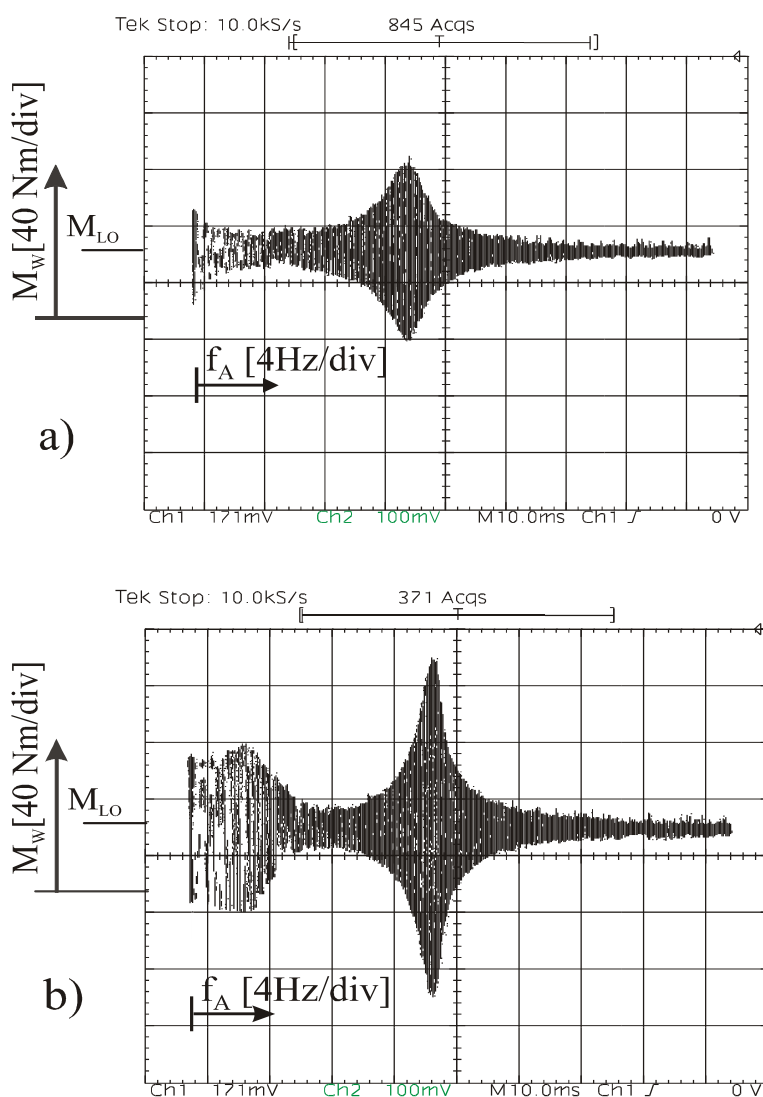


Bild 1. XY-Darstellung des Wellenmoments M_w über die Anregungsfrequenz f_A .
 Meßergebnisse für das Antriebssystem mit 26-kW-ASM und LEF-Parameter:
 $M_{L0} = 50\% M_N$, Amplitude $\Delta M_{L0} = 25\%$ und Anregungsfrequenz $f_A = 0 \dots 30$ Hz.
 a) ASM nur mit Anlaufkäfig b) ASM mit beiden Käfigen

Projekt: Asynchronmaschine mit Käfigumschaltung

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

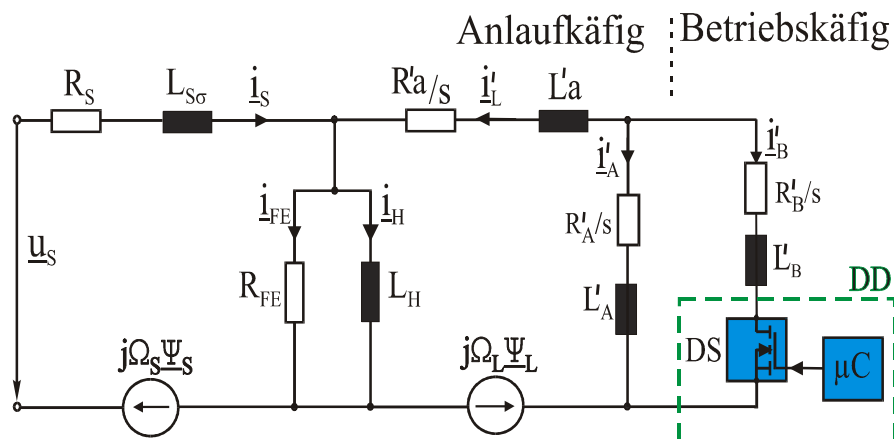


Bild 2. Ersatzschaltbild der Doppelkäfig-Asynchronmaschine (DKASM) mit Dämpfer-Einrichtung (DS -Dämpfer_Switch; μC -Mikrocontroller)

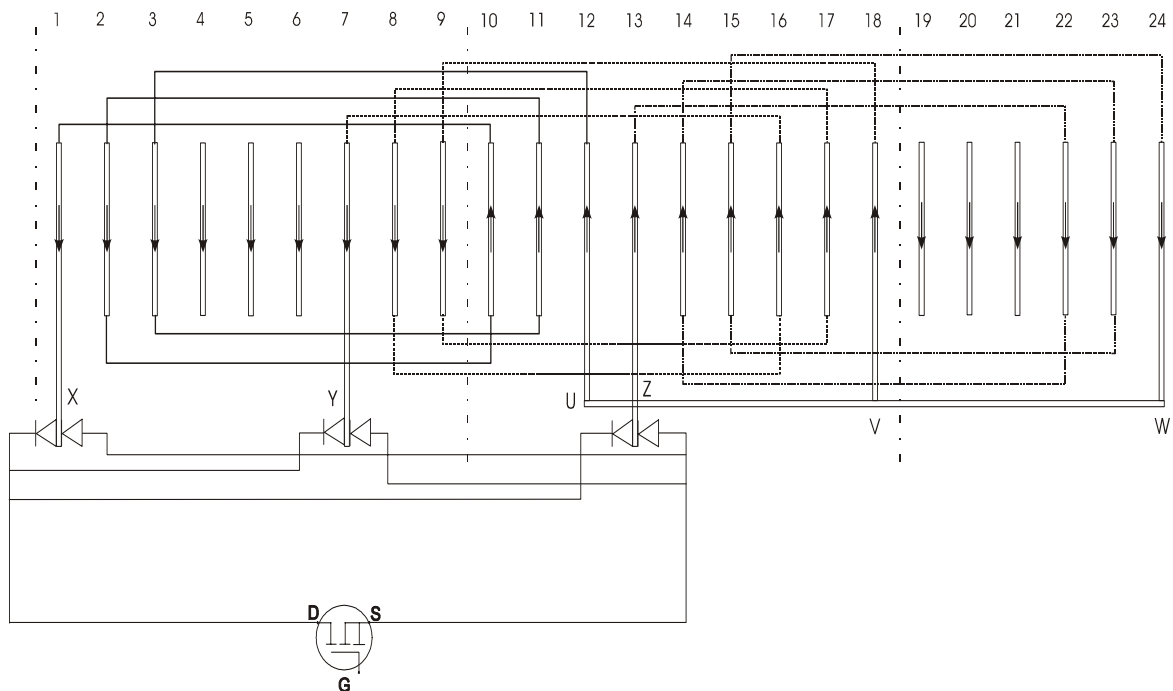


Bild 3. Konzept zum Verschalten von Stäben des Betriebskäfigs.
Symmetrischer Aufbau für eine Käfighälfte

Stand der Technik: Antrieb mit unregelter Asynchronmaschine und hydrodynamischer Kupplung als Überlastsicherung.

Problem: Zur Simulation des dynamischen Verhaltens von Antriebssträngen in denen hydrodynamische Kupplungen eingebaut werden, sind auch mathematische Modelle zur Beschreibung hydrodynamischer Kupplungen erforderlich. Die Füllmengenänderung wirkt sich in unterschiedlicher Weise auf die Hochlaufzeit, die auftretenden Wellenbelastungen und die Amplitude sowie die Dauer der Torsions-schwingungsbelastung aus.

Ziel: Modellierung des dynamischen Kupplungsverhaltens mit Berücksichtigung des Kupplungsschlupfes und der Füllmenge.

Lösungsweg: Simulation des Antriebsstrang mit Berücksichtigung des nichtparametrischen Kupplungsmodell (Kupplungskennlinie).

Ermittlung des parametrischen Kupplungsmodell im Vergleich zur Kloss'schen Formel.

Wahl eines Kriteriums zur Bewertung des parametrischen Modellgüte.

Simulation des Antriebsstranges für unterschiedlichen Füllmenge des Übertragungsmediums.

Realisierung einer Prüfstandskonfiguration mit Füllmengeänderung.

Verifikation der Prüfstandsergebnisse am Prüfstand.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Tambwe Benoît Musasa (Tel: 72-2939) musasa@iee.tu-clausthal.de

Projekt: Systemtechnische Auslegungsmethoden von elektrischen Antrieben mit hydrodynamischer Kupplung

Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

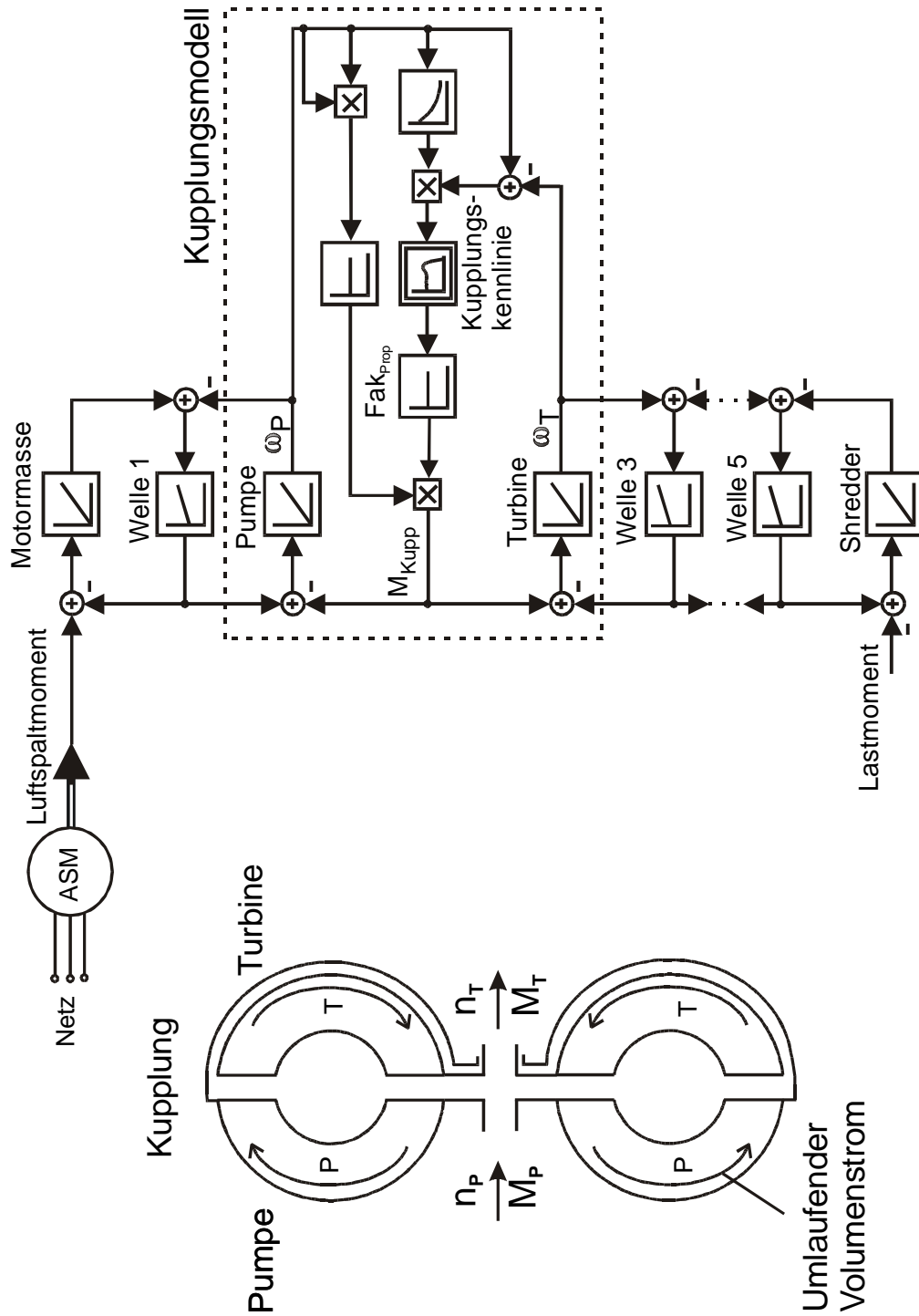


Bild 1: Hydrodynamische Komponenten und Antriebsstruktur

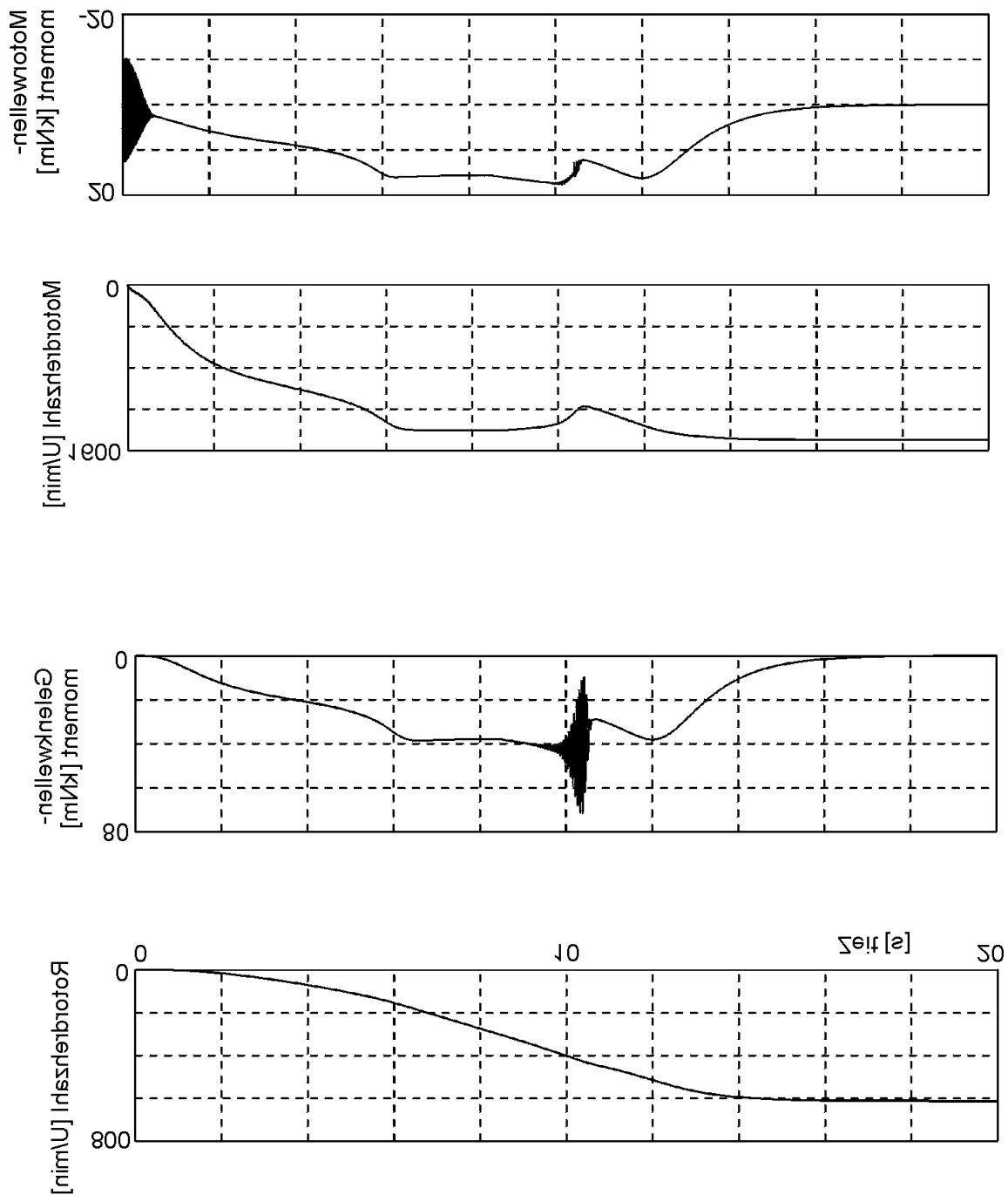


Bild 2: Simulierte Zeitverläufe von Betriebsgrößen während des Hochlaufvorgangs

Problem: Im Rahmen der Arbeit soll eine neuartige Lösung für Windenergiespeichersystem mit Hilfe eines ungekühlten Druckluftspeichers und einer Druckluftturbine als Generatorantrieb erarbeitet werden. Moderne Stromrichterstellrichtungen helfen, diese Anlage so zu regeln, dass mechanische Anfahrstoßbelastungen beherrschbar bleiben und Schwankungen des Spitzenlastbedarfs trotz abnehmenden Drucks im Speicher ausgeglichen werden können.

Lösungsweg: Durch die Möglichkeiten der Leistungselektronik und auf der Grundlage der verfügbaren Mess-, Steuer- und Regelungstechnik werden elektrische Antriebe wie die Asynchronmaschine (ASM) heute drehzahlvariabel an einem Wechselrichter betrieben.

In einem ersten Schritt der Programmerstellung wurde das bereits vorhandene, NETASIM-Modell eines GTO-Pulswechselrichters zur Speisung einer ASM mit Kolbenverdichter übernommen. Durch den Betrieb mit veränderlicher Ständerfrequenz kann die Drehzahl der ASM prinzipiell verlustfrei verstellt werden.

Eine Möglichkeit, die Förderleistung eines Kompressor an den Druckluftverbrauch anzupassen, ist die Drehzahlregelung. Zur Drehzahlregelung werden sie über eine Regelelektronik und ein proportional Druckregelventil angesteuert. Die Regelelektronik und die Regelpneumatik werden in der Maschine angeordnet.

Analyse eines Systems, das aus einem windgetriebenen autonomen Synchrongenerator und einer pulswechselrichtergespeisten ASM besteht, die einen Verdichter antreibt (Bild.1).

Das Verfahren hat folgende Vorteile:

Betriebsparameter eines Druckluftmotors mit seinem Drehzahl-Drehmoment-Verhalten

Regelung der Drehzahl und des Moments eines Druckluftmotors über die Luftmenge und Luftdruck und damit vereinfachte Steuerungssysteme.

Realisierung des Grundkonzeptes für eine Drehzahl- bzw. Leistungsregelung nach einem Verfahren, dadurch hohe Regeldynamik bei breitem Stellbereich.

Optimale Energieausbeute durch den Einsatz von drehzahlvariablen Windenergiekonvertern (WEK) und Optimierung des Oberschwingungsverhaltens einer Windenergieanlage mit PWM Wechselrichter.

Verminderung der Netzurückwirkungen des drehzahlvariablen WEK durch geeignete Leistungsregelverfahren und Frequenzkopplung des Netzes von Generator des WEK, auch im Oberschwingungsbereich durch geeignete Filter im Zwischenkreis des Umrichters.

Projekt: Ein neuartiges Windenergiespeichersystem mit ungekühlter Druckluft

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

Ziel: Es soll ein hochdynamisches Antriebssystem mit optimaler Drehzahlstellung entwickelt werden, welches auf plötzliche Laständerungen schnell reagieren kann. In diesem Projekt soll ein neuartiges Energiespeichersystem untersucht werden, das Druckluft als Energieträger nutzt, wobei im Gegensatz zu bekannten Druckluftspeichersystemen die Verdichtungswärme der Druckluftherzeugung durch Wärmeisolation in der Druckluft erhalten bleibt und bewusst genutzt wird.

Ziel der Arbeit ist es deshalb, die Grundlagen für eine Anlage zur Spitzenlastabdeckung zu schaffen, bei der ungekühlte Druckluft zur Energiespeicherung und bei Bedarf für den Generatorantrieb genutzt wird. Die Anlage soll zur dezentralen Netzstabilisierung in kleineren autonomen Versorgungsgebieten dienen und eine Leistung von z.B. 10 MW für eine Dauer von 5 Minuten bereitstellen. Neu ist auch die Kombination eines Speichersystems für ungekühlte Druckluft mit umrichter gesteuerten elektrischen Maschinen und die zugehörige Regelung.

**Stand der
Untersuchung:**

Die heute verfügbaren modernen umrichtergespeisten Maschinen bieten für konventionelle Speicheranlagen (Pumpspeicher- oder Druckspeicheranlagen) die Möglichkeit einer Umkehr der Drehmomentrichtung im Millisekundenbereich. Derartige Umrichter können heute bis in den 100- MW- Bereich gebaut werden.

Luftspeichersysteme bieten hingegen auch von den mechanischen Eigenschaften her in Kombination mit modernen umrichtergespeisten Maschinen das Potential für eine leistungsfähige Spitzenlastabdeckung, wenn es gelingt, beide Teilsysteme aufeinander abzustimmen.

Dokumentation:

Mohamed, E., "Utilization of Wind Energy for Compressed Air Production", M. Sc. Thesis, Zagazig University, EGYPT, 1996.

Mohamed, E., et al, "Matching of Multi-Bladed Wind Turbines to Reciprocating Air Compressors" International Conference on energy research & development (ICERD), Kuwait Uni., Kuwait, Nov. 9-11, 1998.

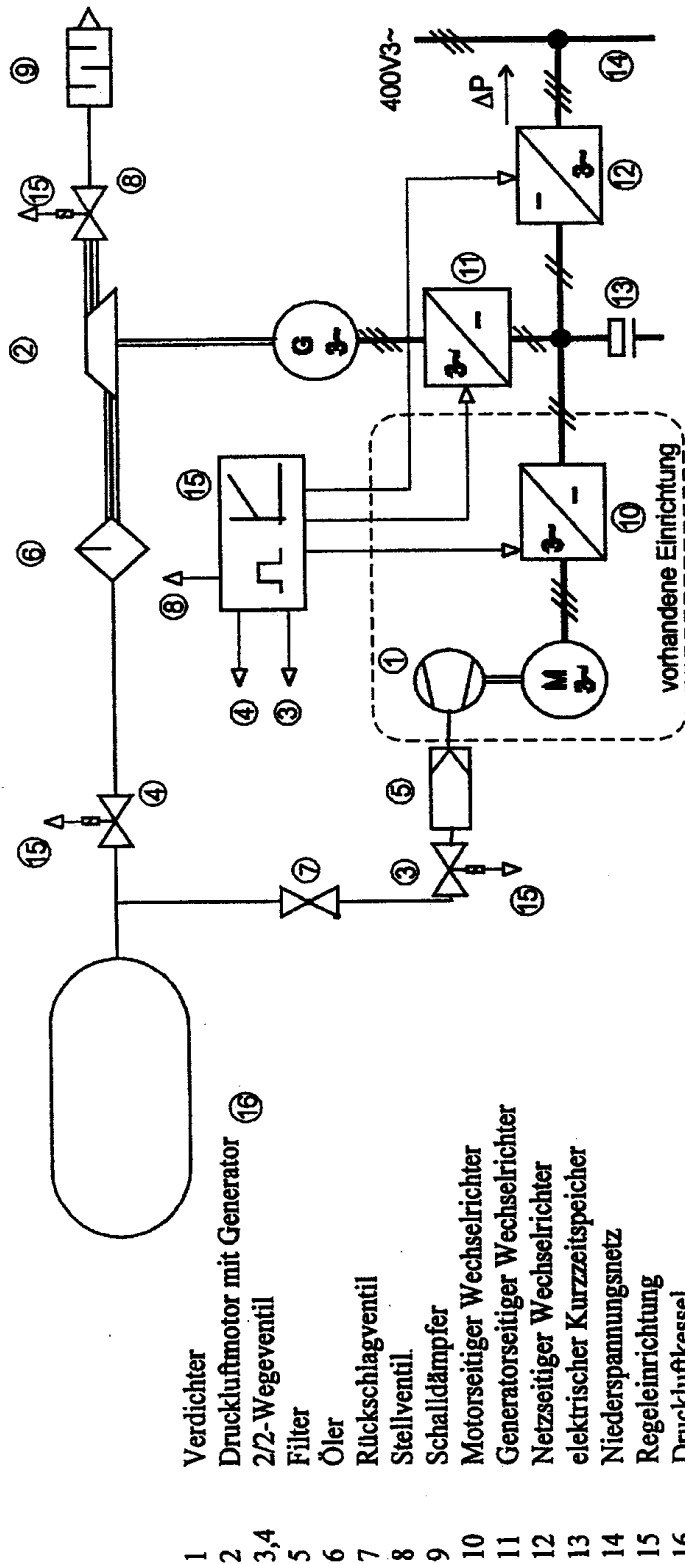
Technische Notiz des IEE (Verfasser: E. Mohamed) "Pulswechselrichter zur Speisung einer ASM belastet mit Kolbenverdichter" (in Vorbereitung)

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. El-Shahat Mohamed (Tel. 72-3702) mohamed@iee.tu-clausthal.de

Projekt: Ein neuartiges Windenergiespeichersystem mit ungekühlter Druckluft

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme



Schaltsschema für den Druckluft- und Elektroteil der Versuchsanlage

Projekt: Ein neuartiges Windenergiespeichersystem mit ungekühlter Druckluft

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

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:

Am AMOEVES-Prüfstand wurde eine Leistungsregelung realisiert, mit der eine Aufschaltung ohne Stromüberhöhung erreicht werden konnte. Ferner konnten die turmschattenbedingten Leistungsschwankungen deutlich verringert werden.

Ziel: Zur Verringerung der Oberschwingungen soll ein zwölfpulsiger Steller eingesetzt werden. Zu diesem Zweck wurde der Prüfstand mit einem sechsphasigen Asynchrongenerator versehen und der Rest des mechanischen Systems dem Modellmaßstab entsprechend angepasst. Erste Messungen zeigen bereits qualitativ gute Ergebnisse, nächstes Ziel ist die quantitative Auswertung sowie ein Vergleich von drei- und sechsphasigem System.

Arbeitsschritte:

- Simulation des zwölfpulsigen Stellers mit MATLAB/SIMULINK (Abb. 2)
- Auslegung der Regelung
- Anpassung des mechanischen Systems an die zu verwendende sechsphasige Asynchronmaschine
- Umbau des Prüfstands
- Inbetriebnahme des sechsphasigen Systems
- Sanftanlaufversuche unter Verwendung des zwölfpulsigen Stellers (Abb. 3)
- Inbetriebnahme der Leistungsregelung zur aktiven Bedämpfung von turmschattenbedingten Drehmomentschwankungen (Abb. 4)

Dokumentation:

J. Rösner, H.P. Beck, C. Sourkounis: Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and Three-phase AC Controller in Generator Mode, European Transactions on Electrical Power (ETEP), Vol. 10, No. 4, Juli/August 2000
Diplomarbeit U. Marckmann: Entwurf und Realisierung einer Leistungsregelung für eine Windkraftanlage mit "Opti-Slip"-Asynchrongenerator
Studienarbeit H. Lamsahel: Entwurf und Simulation einer Leistungsregelung für Windkraftanlagen mit Drehstromsteller (in Vorb.)

Bearbeiter: Dipl.-Ing. J. Rösner (Tel. 72-2938)

Projekt: Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energieversorgungssysteme

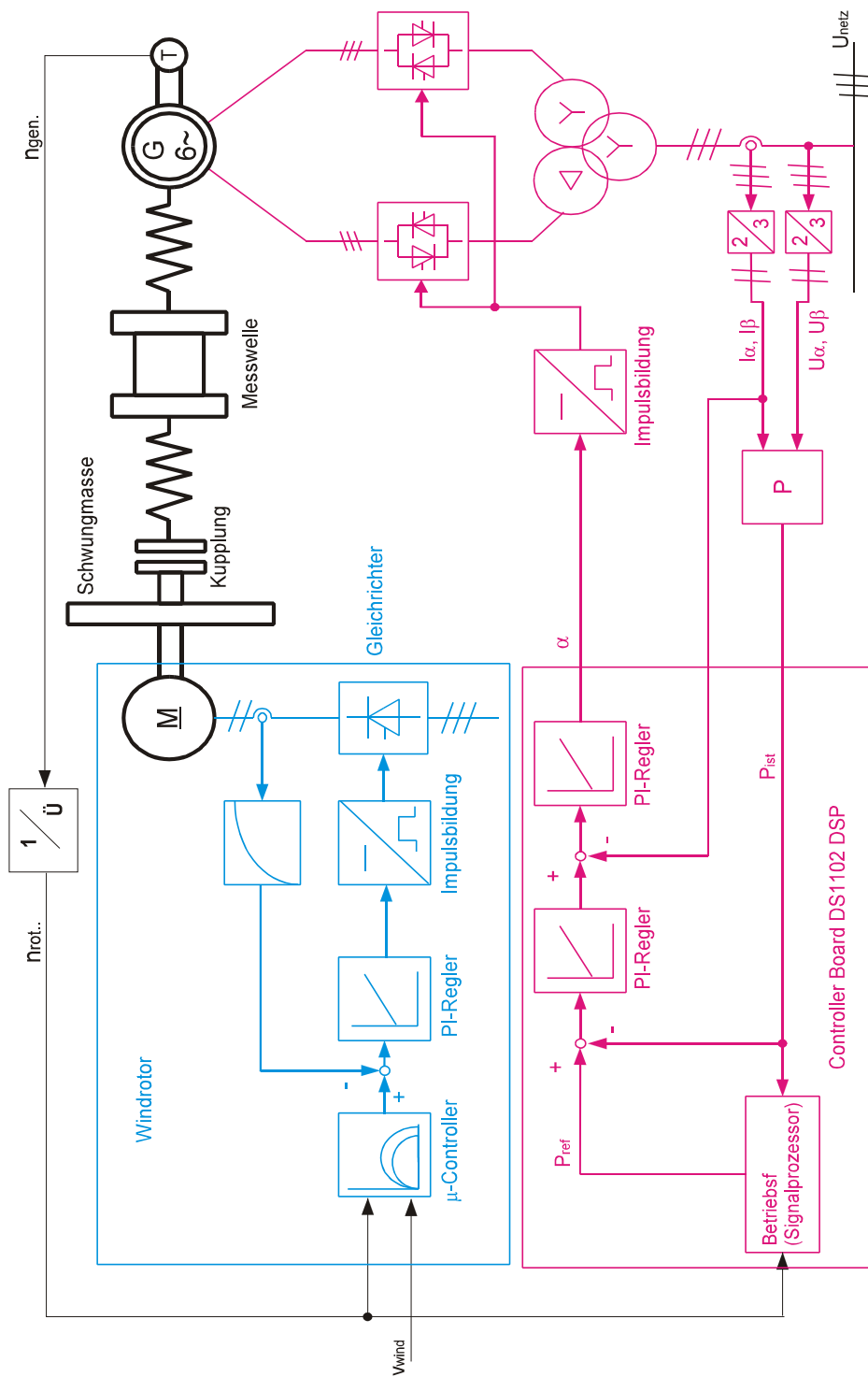


Abb. 1: Prinzip der Leistungsregelung am AMOEVES-Prüfstand

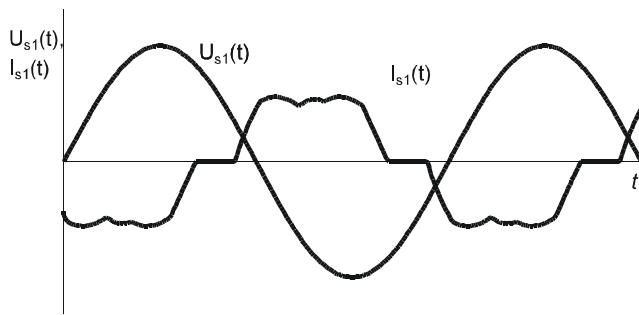


Abb.2a: Strom- und Spannungszeitverlauf beim dreiphasigen Steller

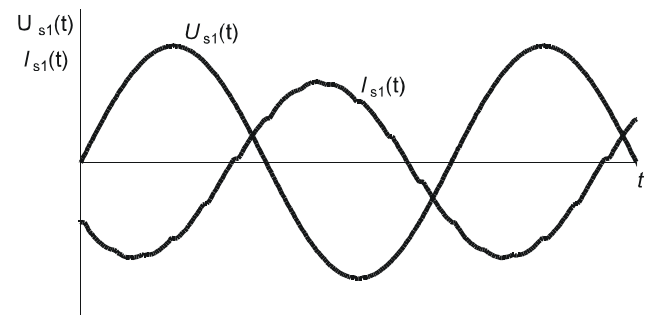


Abb. 2b: Strom- und Spannungsverlauf beim sechsphasigen Steller

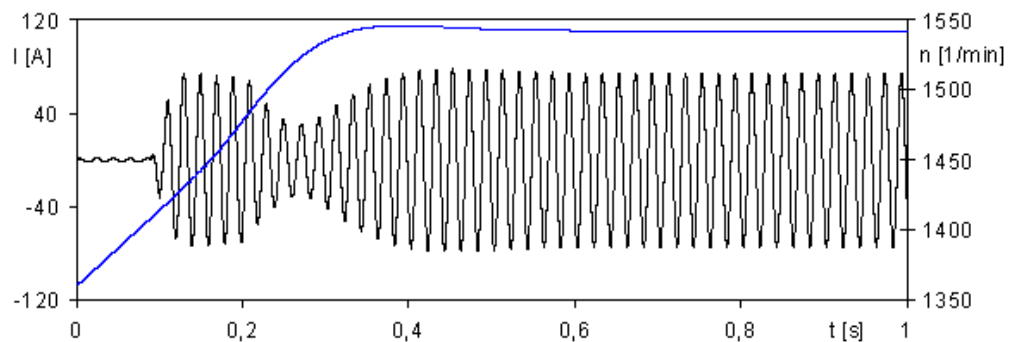


Abb. 3: Sanftanlauf mit sechsphasigem Steller (Simulation)

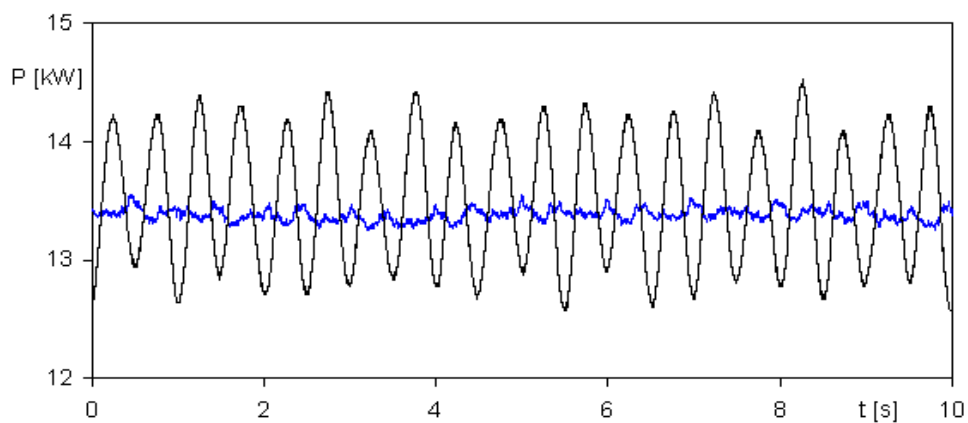


Abb. 4: Turmschattenbedingte Leitungsschwankungen mit und ohne Regelung (Simulation)

-
- Problem:** - Unsymmetrische Lasten führen insbesondere in Inselnetzen und leistungsschwachen Netzausläufern durch Erzeugung von Oberschwingungen und Verzerrung des Drehspannungssystems zu unerwünschten Netzrückwirkungen.
- Ziel:** - “Aktive” Symmetrierung in Drehstromnetzen mit Hilfe eines Kompensationsstromrichters (Bild 1). Kompensation des unsymmetrischen Scheinleistungsanteils durch Einspeisung der zugehörigen gegenphasigen Stromanteile.
- Minimierung der durch den unsymmetrischen Betrieb des Stromrichters hervorgerufenen Oberschwingungen.
- Lösungsweg:** - Betrieb des Stromrichters als anisotrope Brückenschaltung, und damit als aktiven Unsymmetrieeerzeuger.
- Erzeugung des Pulsmusters am PC, Eingriff in den Pulsmustergenerator mit getrennter Zündimpulsabgabe für jedes einzelne Ventil.
- Echtzeitfähigkeit durch Programmierung in ASSEMBLER und Zugriff auf BIOS-Funktionen.
- Minimierung der bei unsymmetrischen Spannungssystemen entstehenden Harmonischen durch Überlagerung von Oberschwingungen im Gleichstromkreis des Stromrichters.
- Simulation in NETASIM und Erprobung am Prüfstand.
- Prüfstand:** - Versuchsmodell mit Intelligent Power Module (IPM), Treiberschaltung zur Datenübertragung von der parallelen PC-Schnittstelle und variabel unsymmetrischer ohmsch-induktiver Last.
- Projektstand:** - Simulations- und Messergebnisse liegen vor
- Dokumentation:** - Beck, H.-P.; Wenske, J.; Wolf, A.: *Power conditioning in distribution network with high wind energy share*, Tagungsband zum Symposium “Sicherung der Energiequalität in Netzen mit Windenergieeinspeisung”, ITI/NATI Wilhelmshaven
- Beck, H.-P.; Wolf, A.: *Balancing and harmonic suppression with static synchronous converters*, Synopsis, 9th European Conference on Power Electronics and Applications EPE 2001
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Albrecht Wolf wolf@iee.tu-clausthal.de

Projekt: Kompensationsstromrichter zur Symmetrierung in Drehstromnetzen

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

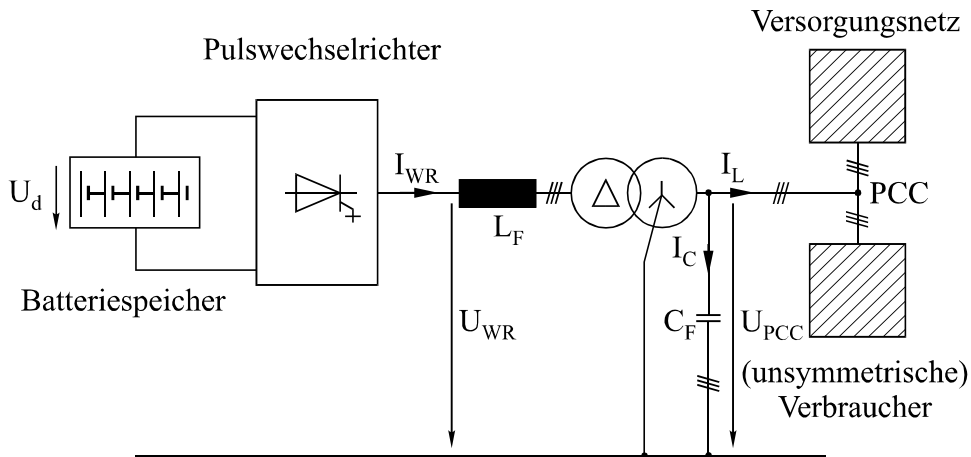


Bild 1: Aufbau der Kompensationsanlage mit Pulswechselrichter zur Symmetrierung in Drehstromnetzen.

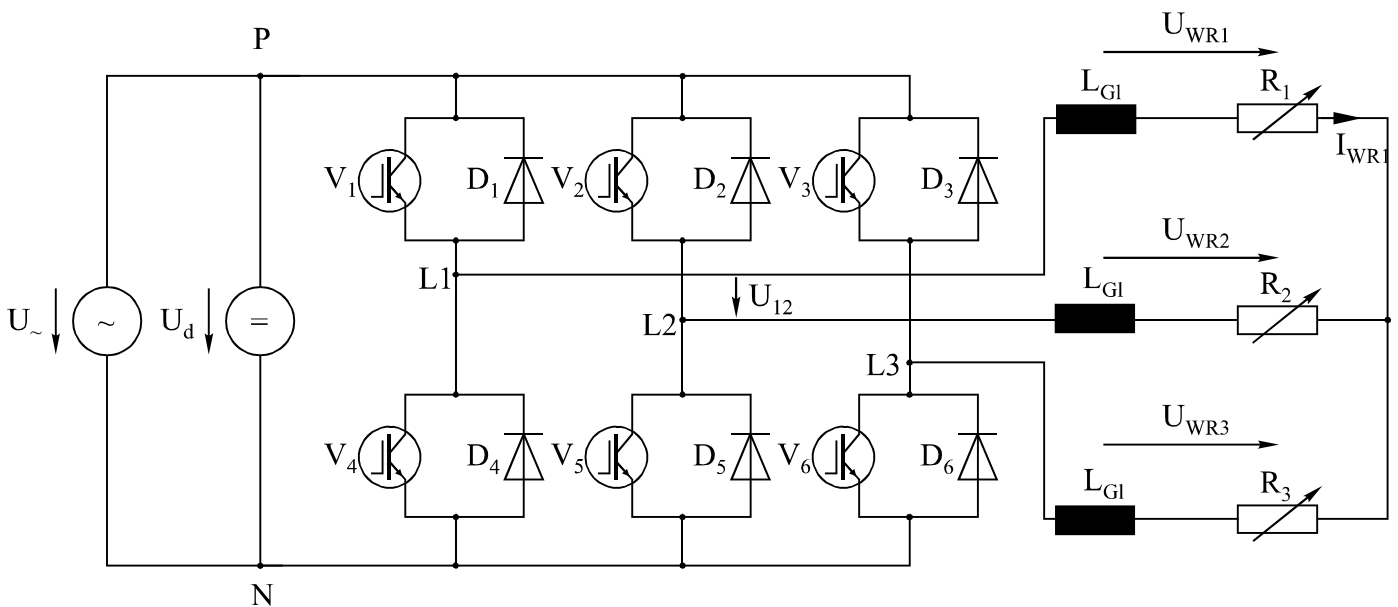


Bild 2: Ersatzschaltbild und Simulationsmodell des Prüfstands

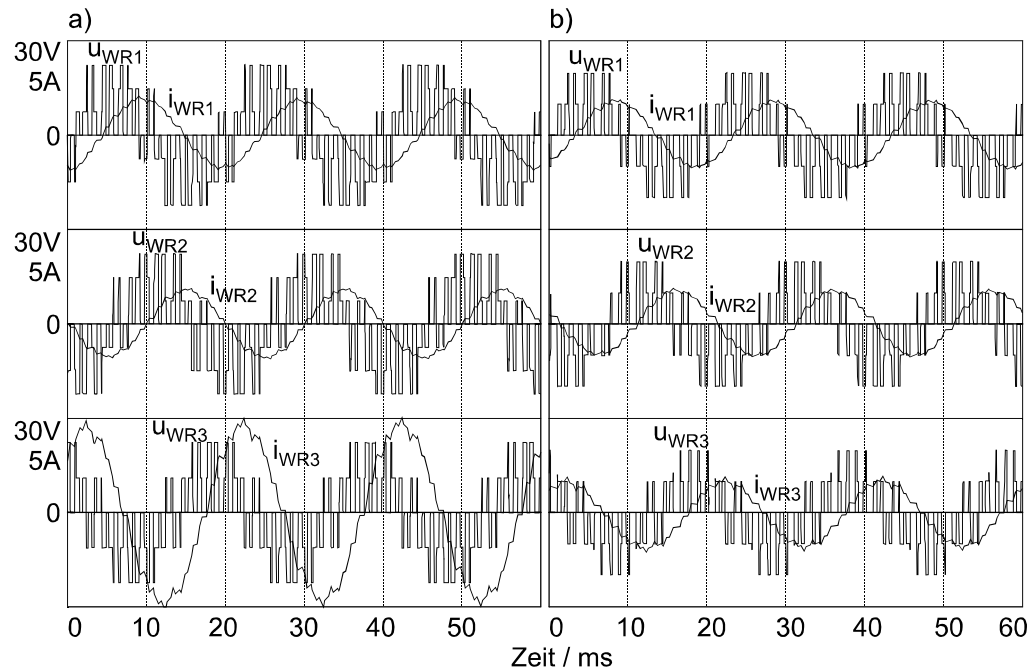


Bild 3: Messung der Stromrichter-Ausgangsspannungen und -Ströme bei unsymmetrischer Last in Phase 3
 a) mit symmetrischer Ansteuerung des Wechselrichters,
 b) Symmetrierung der Ströme durch unsymmetrisches Pulsmuster

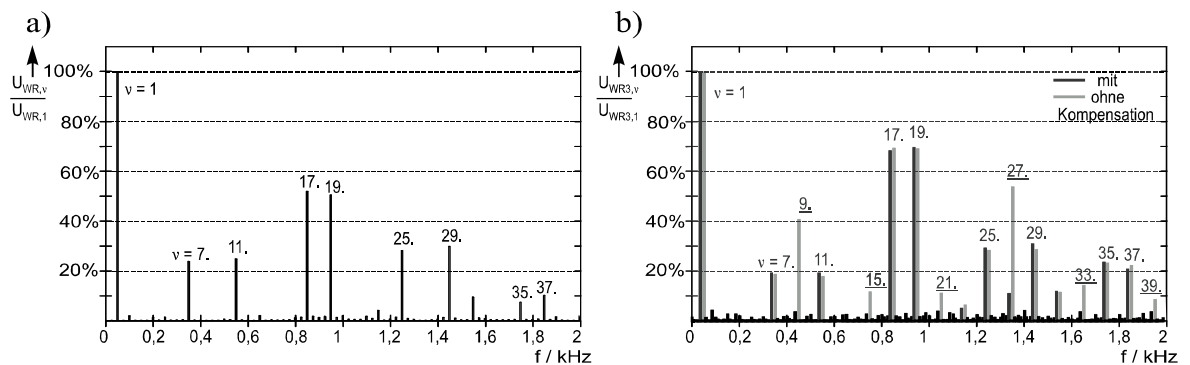


Bild 4: Frequenzspektrum der Stromrichterausgangsspannung
 a) bei symmetrischem Betrieb, b) bei unsymmetrischem Betrieb mit und ohne Kompensation der Oberschwingungen

Übersicht über die Projekte in der Arbeitsgruppe Elektrische Energietechnik

Als Einleitung zu den nachfolgenden Projektblättern soll hier eine kurze Übersicht über die Aktivitäten dieser Arbeitsgruppe im Jahr 2000 in folgenden Projekten gegeben werden:

- Clausthaler Lehr- und Demonstrationsanlage für Dezentrale Regenerative Energieversorgungssysteme (Energiepark Clausthal)
- Clausthaler Labor für Plant Design and Virtual Manufacturing (VR-Labor)
- Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik (PROMISE)
- Berechnung der magnetischen Ersatzflußdichte von Schienenfahrzeugen bei beliebig permeablen (auch $\mu_r \gg 1$) und leitfähigen Materialien (MAGNETO)
- High Performance Power Conditioner for Electricity Storage: Optimised Control of Charge and Discharge currents in Renewable Energy Systems (Batterie)

Für den Energiepark Clausthal wurde am 1. Januar 2000 der Startschuß gegeben. Zusammen mit den Partnern des CUTEC, der Stadtwerke Clausthal, und der TU-Institute für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik (IEVB) und Prozeß- und Produktionsleittechnik (IPP) wurde im Jahr 2000 sehr viel Planungsarbeit geleistet aber die ersten Komponenten wurden auch schon aufgebaut.

Das Aufgabengebiet des **IEE** liegt zunächst einerseits in einer Bestandsaufnahme / Analyse des CUTEC-Hausnetzes und darauf aufsetzender Planung zu Anbindung des Energieparks und andererseits in der Konzipierung und Ausschreibung des Leitsystems für den kompletten Energiepark. Für Letzteres ist inzwischen an die Fa. repas AEG Automation GmbH der Auftrag vergeben worden. Derzeit wird am **IEE** in enger Zusammenarbeit mit dem IEVB die Bus-Ankopplung zwischen dem Leitsystem (Ethernet) und der Prozeßperipherie (PROFI-Bus) aufgebaut und eine Inbetriebnahmeumgebung für das Leitsystem hergerichtet.

Zum CUTEC-Netz wurde eine Netzstudie durchgeführt, die Basisdaten für die Anforderungen an die Netzstabilisierung bereitstellt. Die Ausschreibung für die Komponenten der Netzconditionierung (Batterie und Wechselrichter) wird im Frühjahr 2001 erfolgen.

Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Elsbett-Motor befindet sich derzeit zur Inbetriebnahme im **IEE**. Der dazu passende Asynchrongenerator wurde beschafft und der mechanische Aufbau, der beim CUTEC erfolgt, geplant. Parallel wird am IEVB ein Biodiesel-BHKW in Betrieb genommen. Das Betriebsmanagement (SPS mit PROFI-Bus-Ankopplung an das Leitsystem) wird in gemeinsamer Arbeit für beide Systeme parallel installiert.

Am CUTEC: wurde in 2000 die Unterkonstruktion für ein PV-Abschattungspaneel errichtet, an dessen Planung das **IEE** maßgeblich beteiligt war. Wichtig ist noch hervorzuheben, dass am CUTEC mit dem Neubau einer Halle begonnen wurde, in der die meisten Komponenten des Energieparks, so z.B. auch die komplette Leittechnik, untergebracht werden. Daraus ergeben sich für die Errichtung des Energieparks optimale Rahmenbedingungen. Der Energiepark ein echtes Gemeinschaftsprojekt, das in intensiver fachübergreifender Zusammenarbeit betrieben wird, die in dieser Ausprägung sicherlich selten ist.

Der Gesichtspunkt einer Lehr- und Demonstrationsanlage des Energieparks wird auch im Projekt VR-Labor genutzt. Dieses wird gemeinsam von folgenden Instituten des Informationstechnischen Zentrums (ITZ) getragen:

Institut für Prozeß- und Produktionsleittechnik (IPP), Institut für Informatik (IfI), Institut für Elektrische Informationstechnik (IEI), Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB), Rechenzentrum (RZ), **IEE**

Das **IEE** wird eine neuartige Bedienoberfläche schaffen, die dem "Dispatcher" in der Leitwarte die Informationen aus dem Energiepark so aufbereitet, dass er die jeweiligen Kraftwerkskomponenten dynamisch und optimal für das Ziel der CUTEK-Netzversorgung einsetzen kann. Diese Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI) wird auf Basis der Funktionalität des Leitsystems erstellt, so dass diese Arbeiten erst nach dessen Installation und Inbetriebnahme der ersten Kraftwerkskomponenten im Jahr 2001 durchführbar sind. Im Rahmen des Clausthaler VR-Labors wird sowohl ein kontrollierter Zugriff auf das Leitsystem über einen ISDN-Knoten als auch eine offene Web-Schnittstelle zu ausgesuchten Daten des Energieparks installiert. Dies wird im Rahmen einer offiziellen Einweihung des VR-Labors demonstriert werden.

Das PROMISE-Projekt, in dem Institute der Uni Hannover, der TU Braunschweig und der TU Clausthal zusammenarbeiten, bedient sich ähnlich wie das VR-Projekt der neuen Medien, um vor allem das Internet für eine Intensivierung der Lehre zu nutzen. In 2000 wurde hierzu am **IEE** ein Simulationsserver in Betrieb genommen, der auf der Basis von MATLAB/Simulink® eine Simulationsumgebung für ausgesuchte Aufgabenstellungen über eine WWW-Schnittstelle zur Verfügung stellt. Um die Reaktionszeiten bei aufwendigen Simulationen zu begrenzen, wird die Berechnung auf einem Signalprozessor-Modul durchgeführt. Eingesetzt wird das Konzept zunächst für die Lehre im Fach Leistungselektronik am Beispiel eines Gleichstromstellers. Es sollen darüber hinaus weitere Lehrmodule entwickelt werden, vor allem zur Unterstützung bei der Vorbereitung auf Laborversuche. Hierzu werden zukünftig auch Videoaufzeichnungen des Labors und spezielle Animationen zur Visualisierung komplexer Zusammenhänge eingesetzt.

Im Rahmen des MAGNETO-Projektes wurde ein Programm zur Magnetfeldberechnung auf Basis des Gesetzes von Biot-Savart entwickelt, das auch die schirmende Wirkung von elektrisch leitenden Materialien berücksichtigt. Es ist durch einen entsprechenden Ansatz unter Verzicht auf FEM-Algorithmen in der Lage, Felder in ausgesuchten Punkten innerhalb großer Volumina schnell zu berechnen. Der eigentliche Solver wurde inzwischen durch eine grafische Benutzeroberfläche, letztlich einen grafischen Pre- und Postprozessor erweitert, der vor allem auf die Berücksichtigung der Schirmwirkung von leitenden Platten optimiert wurde.

Im Rahmen eines neu begonnenen Teilprojektes wird dieses Programm ergänzt um den Einfluß von elektrisch und magnetisch leitenden Materialien mit $\mu_r \gg 1$. Weiterhin ist vorgesehen, eine Meßtechnik zur gleichzeitigen Erfassung magnetischer Flußdichten (Betrag und Richtung) an ca. 4 bis 5 Punkten zu entwickeln.

Das Batterieprojekt war ursprünglich mit einer Laufzeit bis August 2001 konzipiert. Es wurde jedoch inzwischen mit der Europäischen Union eine Verlängerung um ein halbes Jahr vereinbart. Innerhalb dieses zusätzlichen Zeitraumes soll die Verifikation der Projektergebnisse an real installierten batteriegepufferten PV-Anlagen erfolgen.

Im Frühjahr 2000 wurde am **IEE** der dritte "Hochdynamische Batterie-Impuls-Stromrichter" (HoBIS) fertiggestellt. Als wesentliche zusätzliche Anforderung wurde die sogenannte "Null-Amperestunden-Regelung" realisiert, bei der die Batterie mit beliebig unsymmetrischen Wechselimpulsen (bis $\hat{I}=200A$) belastet und dennoch der Ladungsaustausch auf max. 1Ah begrenzt wird. Durch eine spezielle Schaltung konnte die erforderliche extreme Genauigkeit von rechnerisch 0,01% bei der Stromerfassung realisiert werden.

Seit Fertigstellung laufen alle 3 HoBIS (2 bei der Fraunhofergesellschaft in Freiburg, 1 am **IEE**) praktisch im Dauerbetrieb. Am **IEE** wird vor allem der Einfluß der sogenannten "Mikrozyklen" auf den Lade- und Lebensdauerzustand der Batterien untersucht. Es handelt sich hierbei um sehr zeitaufwendige Versuche, die noch in das Jahr 2001 hineinreichen werden, zu denen aber bereits erste Ergebnisse vorliegen.

Problem: Energiepark Clausthal
Clausthaler Lehr- und Demonstrationsanlage für dezentrale Energieversorgungssysteme

Projektträger: 50% Eigenanteil, 50% Förderung durch die Bundesstiftung Umwelt (DBU)
für die erste Projektphase von drei Jahren

Projektpartner:

Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH (CUTEC)
Institut für Elektrische Energietechnik (IEE)
Institut für Energieverfahrens- und Brennstofftechnik (IEVB)
Institut für Prozeß- und Produktionsleittechnik (IPP)
Stadtwerke Clausthal

Ziel: Das Gebäude der Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH soll zukünftig seinen Jahresbedarf elektrischer Energie und elektrischer Leistung ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen erhalten. Ebenso soll der Bedarf an thermischer Energie zu einem Teil aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden (siehe Bild 1).

Das Institut für Elektrische Energietechnik ist als Kooperationspartner für die Planung, den Aufbau und die Inbetriebnahme der elektrischen Systemkomponenten, sowie die Auswahl und Systemintegration der kompletten Leittechnik verantwortlich.

In der ersten Projektphase von 3 Jahren werden alle notwendigen Aggregate aufgebaut, so dass mit Ablauf des Jahres 2002 ein autonomer Dauerbetrieb aufgenommen werden kann. Es ist geplant, die Anlage weitere 7 Jahre für den Lehrbetrieb und zur Demonstration der langfristigen Machbarkeit zu betreiben. *Bild 1* zeigt den elektrischen Teil der Energieparkstruktur.

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme des Energieparks sollen möglicherweise in einer zweiten Ausbaustufe noch weitere Aggregate in den Energiepark integriert werden. Beispielhaft sei hier nur die Brennstoffzelle genannt.

Im Energiepark soll mit Hilfe der folgenden Einzelkomponenten elektrische und zum teil auch thermische Energie erzeugt werden. Die Kopplung der Kleinkraftwerke des Energieparks ist in Bild 1 zu sehen:

- Windkraftanlage (80 kW)
- Wasserkraftanlage (30 kW)
- Fassadenintegrierte- und Abschattungsphotovoltaikanlage (10 kW)
- Biodiesel BHKW (35 kW)
- Rapsöl BHKW (55 kW)
- Biogas BHKW (15 kW)
- Holzhackschnitzelfeuerung mit Stirling-Motor (Generator 30 kW)
- Batteriespeicher mit Umrichter (2 x 400 kVA, 1000 Ah)

Projekt: Energiepark Clausthal

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

Projektstand:Verbraucher- und Erzeugerstruktur

Vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Energiemarktes ist der Energiepark Clausthal ein Anwendungsbeispiel für den Übergang von einer zentralen erzeugerdominierten Versorgungsstruktur hin zu einer mehr kundenorientierten dezentralen Struktur. Der wesentliche Unterschied zu größeren Versorgungsnetzen ist die deutlich höhere Dynamik der Verbraucherlast am dezentralen Kleinnetz (sog. "leistungsschwaches Netz" mit stark fluktuierendem Energiebedarf), hier müssen besondere Regelmechanismen für die Aufrechterhaltung von Spannungs- und Frequenzkonstanz realisiert werden. Aufbau und Komplexität des Prozeßleitsystems sind daher ähnlich zu denen professioneller Kraftwerks-leitsysteme.

Das größte Innovationspotential des "Energieparks Clausthal" liegt nicht in der Anwendung der einzelnen Kleinkraftwerke, sondern in der Energiesystemtechnik, d.h. dem Zusammenwirken der verschiedenen schaltbaren, nicht schaltbaren, regelbaren, nicht regelbaren Kleinkraftwerken mit Verbraucher, Netz und Speicher (Batterie) unter Kontrolle eines Prozeßleitsystems. Die Abstimmung mit dem in Grenzen vorhersagbaren wechselnden Energiebedarf des CUTEC-Gebäudes stellt an das Leitsystem hohe Anforderungen. So sind elektrische Speichermöglichkeiten im Millisekunden-, Minuten- und Stundenbereich, sowie thermische Speichermöglichkeiten im Stundenbereich erforderlich. Eine Darstellung des fluktuierenden Energiebedarfs an einem typischen Wintertag ist in Bild 2 zu sehen.

Netzparallelbetrieb und Inselbetrieb

Der Inselbetrieb erfolgt durch Kopplung unterschiedlicher regenerativer Energieträger (s.u.). Als Speicherglied bei Überkapazitäten und als Quellglied bei Zusatzenergiebedarf dient für die elektrische Energie ein Batteriespeicher. Der Batteriespeicher kann die mittlere Verbraucherlast ca. ½ Stunde lang liefern und darüber hinaus (> ½ Std) die benötigten Leistungsspitzen. Hierzu wird ein Umrichter zwischen Batterie und CUTEC-Netz geschaltet, der die maximale Leistungsspitze (über 500 kVA) liefern kann. Durch eine entsprechend ausgelegte Regelung kann über diesen Umrichter die Netzspannung bezüglich Frequenz und (sinusförmiger) Kurvenform vorgegeben werden.

Im Netzparallelbetrieb hat der Umrichter die Aufgabe, am Netzanschlußpunkt genau die Leistung aus dem Stadtwerkenetz zu übernehmen, die über die externen Wasser-, Sonnen- und Windenergieanlagen (Bild 1) dort eingespeist werden.

Die Auslegung der Regelung dieser "elektronischen Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis" (ELSAD, Neuentwicklung am IEE 1998-2000) und weitere Komponenten, wie z.B. Filter- und Kondensatorbänke, müssen an die Gegebenheiten des Netzes (Oberschwingungen, Innenwiderstand und Frequenzgang) in verschiedenen Schaltzuständen angepaßt werden. Dazu wird 2001 eine detaillierte Netzstudie vorgenommen. Anschließend können der Batteriespeicher und der Umrichter mit Regelung ausgeschrieben werden. Die Beschaffung ist für das Jahr 2002 vorgesehen.

Leittechnik (IEE)

Die Leistungsbeschreibung zur Leittechnik (Lastenheft) wurde in der Zeit von April bis Juli 2000 erstellt. Im Vorfeld dazu haben intensive Gespräche mit verschiedenen Leittechnik-Herstellern stattgefunden, einschließlich Besuchen vor Ort zur Demonstration der jeweiligen leittechnischen Anlagen. Auf Grundlage der damit verbundenen Marktbeobachtung wurde im August 2000 eine begrenzte Ausschreibung durchgeführt.

Die besonderen Anforderungen im Bereich der elektrischen Energielastprognose und Energiebereitstellungsoptimierung für die Steuerung (Sollwertvorgabe) durch das Leitsystem haben dazu geführt, das nur drei Hersteller in die engere Wahl gezogen konnten. Gegenwärtig finden die letzten Verhandlungen zur Realisierung technischer Details der Anforderungen statt. Der Auftrag wird voraussichtlich im Dezember 2000 erteilt, worauf unmittelbar die Pflichtenhefterstellung erfolgt. Die Pflichtenhefterstellung soll bis März 2001 abgeschlossen sein. Es ist zu berücksichtigen, daß der Aufbau der Leittechnik parallel mit dem Aufbau des verfahrenstechnischen Prozeß erfolgen muß.

Software

Die derzeit am Markt erhältliche Leittechnik-Software ist zugeschnitten auf die Anforderungen und Abläufe größerer Kraftwerkseinheiten mit längeren Zeitkonstanten. Demgegenüber ist für die dezentrale elektrische Energieerzeugung mit regenerativ gespeisten Kleinkraftanlagen noch erhebliche Entwicklungsarbeit zu leisten. Dies gilt insbesondere für die Bereiche elektrische Energielastprognose (Verbraucherlast und stochastische Kleinkraftwerke im Netz) und elektrische Energiebereitstellungsoptimierung (Kraftwerks-Einsatzplanung für Kleinanlagen).

Ziel der elektrischen Energie(last)prognose ist es, möglichst genau den Zeitpunkt als auch die Höhe der auftretenden elektrischen Energielast zu prognostizieren. Erschwert wird die Aufgabe der Lastprognose bei der dezentralen Energieerzeugung durch die hohen Verbrauchsfluktuationen am leistungsschwachen Netz. Die elektrische Energiebereitstellungsoptimierung umfaßt typische Aufgaben der Kraftwerkseinsatzplanung und dient dazu, mit den verfügbaren regenerativen Energieressourcen der dezentralen Kleinkraftwerke, die Deckung des Energie- und Leistungsbedarfs des CUTEC-Netzes sicherzustellen.

Hardware

Kernstück der Leittechnik (Bild 3) ist ein redundantes Doppelserversystem. Für die Bedienung und Visualisierung sind zwei Operatorarbeitsplätze angebunden. Die weitere Ankopplung an die Prozeßperipherie erfolgt über einen Protokollwandler. Damit bietet das Leitsystem vertragsgemäß insgesamt eine Verfügbarkeit von mindestens 98%. Die Hard- und Software-Architektur ist auf die Anforderungen eines offenen Systems zugeschnitten, so daß bei Bedarf (zu einem späteren Zeitpunkt) durch die Kooperationspartner Erweiterungen vorgenommen werden können.

Elsbett-Motor-BHKW (IEE)

Aufgabe des IEE ist die Inbetriebnahme und der elektrische Aufbau des Elsbett-Motor BHKW. Der Elsbett-Motor ist Bestand des CUTEC, war jedoch zuletzt vor 2 Jahren in Betrieb, es mußte deshalb zuerst eine Wiederinbetriebnahme des Motor durchgeführt werden. Es wurde entschieden einen neuen leistungsangepaßten Asynchrongenerator (ASG) mit einer Nennleistung von 55kW anzuschaffen. Die durch den Verbrennungsmotor bedingten Oberschwingungen und Pendelungen des Antriebsdrehmoments werden durch den Doppelkäfigläufer des Generators elektrisch bedämpft. Recht aufwendig war es in diesem Zusammenhang einen Lieferanten für den ASG mit den erforderlichen Spezifikationen ausfindig zu machen. Da über den Elsbett Motor nur sehr wenige technische Daten vorliegen, soll noch bis zum Jahresende ein Kennfeld des Motors aufgenommen werden. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit dem Institut für Reibungstechnik und Maschinenkinetik (IRM) der TU Clausthal. Dort wird freundlicherweise für die Vermessung ein Motorprüfstand zur Verfügung gestellt.

Im 1. Quartal 2001 wird der weitere elektrische und mechanische Aufbau durchgeführt. Als größere Einzelposten sind das Maschinenbett, die Leistungselektronik, die Prozessautomation und die Abwärmetauscher zu nennen. Ziel ist es, den Verbrennungsmotor zusammen mit dem Asynchrongenerator bis zur Jahresmitte 2001 als Elsbett-Motor-BHKW in Betrieb zu nehmen.

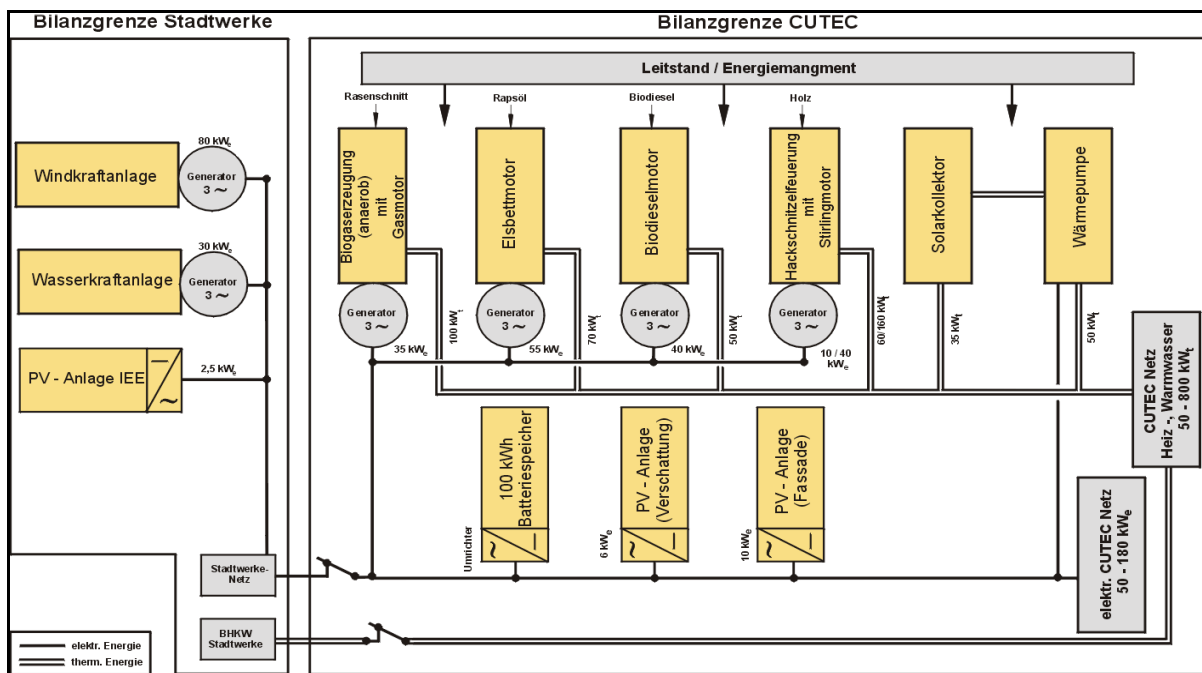
Die erste Projektphase wird Ende 2002 beendet sein.

Diplom- und Studienarbeiten:

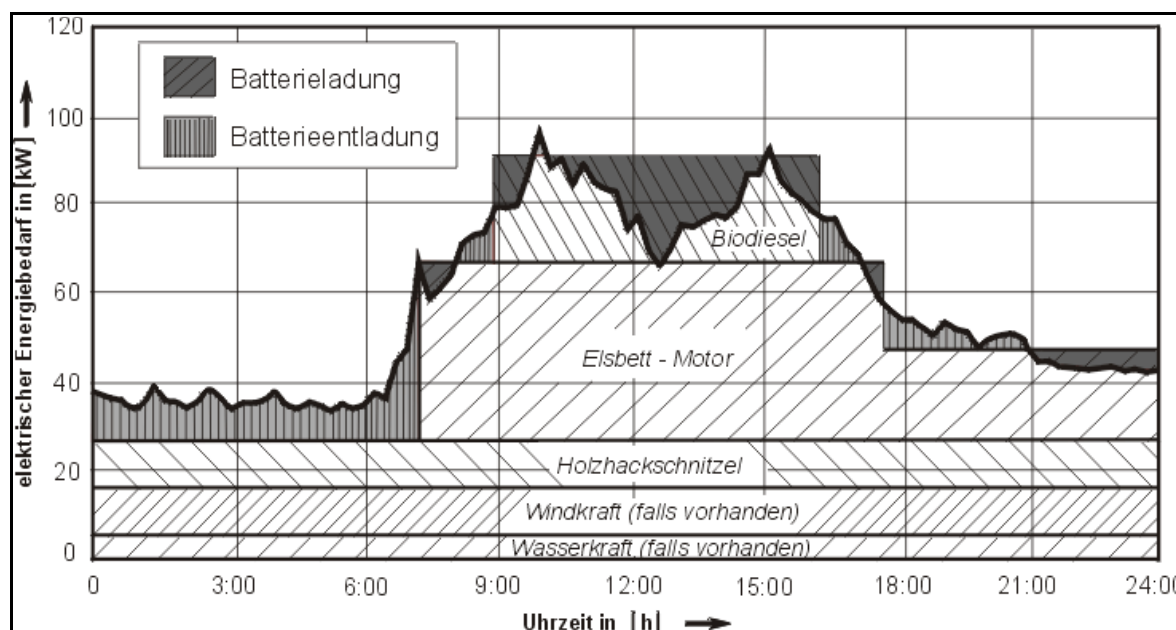
Im Rahmen des Projekts wurden bereits einige Studienarbeiten begonnen und werden zur Zeit durchgeführt.

Bearbeiter:

Bearbeiter: Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann, Tel.: 05323/72-2595	wehrmann@iee.tu-clausthal.de
Dipl.-Phys. Dirk Schadach, Tel.: 05323/72-3736	schadach@iee.tu-clausthal.de
Dipl.-Ing. Carsten Ropeter, Tel 05323 72 2593	carsten.ropeter@tu-clausthal.de



Die Meß- und Regelungstechnik der Kleinkraftwerke, die Lastprognose, die Betriebsdauer der BHKW, die Meßdatenerfassung, Darstellung usw. übernimmt ein Leitsystem. Die Regelung der Frequenz- und Spannungskonstanz (Netzqualität) wird vom Batteriespeicher und dem Umrichter (ELSAD) übernommen. Die Stadtwerke stellen für die Projektdauer die Istdaten einer Wind- und Wasserkraftanlage zur Verfügung, so daß die erzeugte elektrische Energie dieser Kraftwerke über das öffentliche Städtetz direkt, mit der anfallenden Charakteristik, in das CUTEC-Netz eingespeist werden kann (Bild 1 linke Seite). In gleicher Form wird eine bestehende PV-Anlage im IEE mit eingekoppelt.



Projekt: Energiepark Clausthal

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

Promise

Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik

Multimedia-Förderprogramm für Hochschulen in Niedersachsen
Verbundprojekt ET/IT der Universitäten Hannover / Braunschweig / Clausthal

Ziel: Es ist Ziel dieses Projektes, hochschulübergreifend und modellhaft für ein Kerngebiet der Ingenieurausbildung innovative Lernmodule, Lernmethoden und Techniken für projektorientiertes multimediales Lernen zu entwickeln, zu erproben, und in das Studium der Elektrotechnik/ Informationstechnik einzubinden. Das Projekt stellt eine bundesweit einmalige Bündelung von MM- Projekten im Bereich Elektrotechnik/ Informationstechnik dar, indem es 12 Projekte der Fachbereiche Hannover, Braunschweig und Clausthal integriert. Im Gegensatz zu anderen Projektverbänden dieser Größe konzentriert sich PROMISE auf ein wichtiges Kerngebiet der Elektrotechnik/ Informationstechnik/ Informatik, wodurch exemplarisch die Aufbereitung, Nutzung und Vernetzung eines gesamten Bereiches dargestellt und der kombinierte Einsatz einer Vielzahl von vernetzten Modulen in einem Studium wirklich erprobt werden kann.

Ziel des Teilprojektes im IEE ist die Entwicklung eines interaktiven Lern- und Übungsmoduls für den Entwurf und die Simulation leistungselektronischer Schaltungen. Dieses Modul ist sowohl für den Einsatz in Lehrveranstaltungen des Instituts (Energieelektronik, Regenerative Energiesysteme) im Bereich der Vorlesungen zur Darstellung von Grundfunktionen moderner leistungselektronischer Schaltungen und zur Vertiefung und Anwendung der theoretischen Lehrinhalte in den zugehörigen Übungen im Präsenzstudium als auch Weiterbildungsangebot im WWW gedacht. Dabei sollen zum einen die Möglichkeiten bereits am Institut vorhandener Softwarepakete zur Simulation (MATLAB ./ Simulink ., Netasim ., Pspice .) genutzt werden und zum anderen mit Hilfe von WWW-Technologien interaktive WWW-Seiten zur Wissensvermittlung und Übung geschaffen werden, welche als Teilmodule auf einem Server abgelegt vernetzt werden können.

Lösungsweg: Siehe Jahresbericht 1999

Projekt: Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik

Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

Projektstand: Aus aktuellem Anlass, der Einrichtung eines Multimedia-Hörsaals an der TU Clausthal, konzentrieren sich die Arbeiten des Teilprojekts auf die Erstellung von Lehr- und Lernmodulen für die Vorlesung. Diese Module werden in der Vorlesung voraussichtlich ab Sommersemester 2001 vorgeführt. Die Module sollen für alle Hardware- Plattformen vom Internet aufrufbar sein und sind so konzipiert, dass sie auch zur Vorbereitung und Wiederholung der Vorlesung sowie zum Selbststudium geeignet sind.

Beim zweiten Projekt-Treffen am 23.06.2000 in Braunschweig wurde die Lernumgebung Version 0.2 in To/oL (Tool for online and offline Learning: TU Braunschweig MML- Projekt) präsentiert. Bei dieser Version besteht die Möglichkeit Halbleitersteller für Gleichstrom online zu simulieren. Die Eingabe der Parameter erfolgt in einer HTML-Formular (Bild 3). Die Parameter werden über CGI (Common Gateway Interface) an den Simulationsserver geschickt und an MATLAB ./ Simulink . weiter geleitet. Als Bauelemente der Leistungselektronik werden die Modelle der "power block - toolbox" benutzt. Die Simulationsergebnisse werden als Plotbild dargestellt Bild 4.

Es laufen Arbeiten für die Erstellung ähnlicher Simulationsmodule, sowie die Verbesserung der Dynamik bei der Parameterübergabe, für die Visualisierung der Simulationsergebnisse und für ein GUI (Graphical User Interface) zur Parametereingabe.

Ferner werden Lernmodule zur Einleitung und Vorbereitung des Praktikums zur Energieelektronik erstellt. Kernpunkt dieser Lernmodule ist "Videos on Demand" in Streaming-Technologie über den Umgang mit den Geräten und Maschinen, den Versuchsaufbau sowie eine kurze Einleitung zur Versuchdurchführung

Zur Verkürzung der Simulationszeit sollen aufwendige Simulationen auf DSP- System berechnet werden. Die dazu notwendige Software wurden noch nicht vollständig geliefert, sodass diese Schnittstelle derzeit noch nicht realisiert ist.

URL: <http://www.promise.uni-hannover.de>
<http://www.iee.tu-clausthal.de/PROMISE>

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Arnuphap Dowrueng

dowrueng@iee.tu-clausthal.de

Projekt: Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik

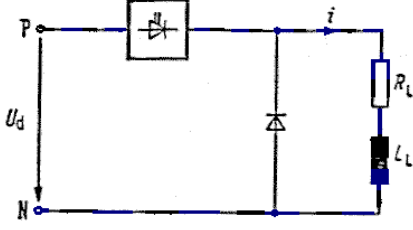
Arbeitsgruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

Promise-C1: Entwurf und Simulation leistungselektronischer Schaltungen - Microsoft Internet Explorer

Übung 7: step down Chopper Seite 1 von 4

Bei leitendem Thyristor:

Während der Einschaltzeit T_{θ} wird die Gleichspannungsquelle U_d Strom entnommen.



Die Spannungsleichung lautet:

$$R_L \cdot i + L_L \cdot \frac{di}{dt} = U_d$$

Bild 1: Übung7:” step down” Chopper

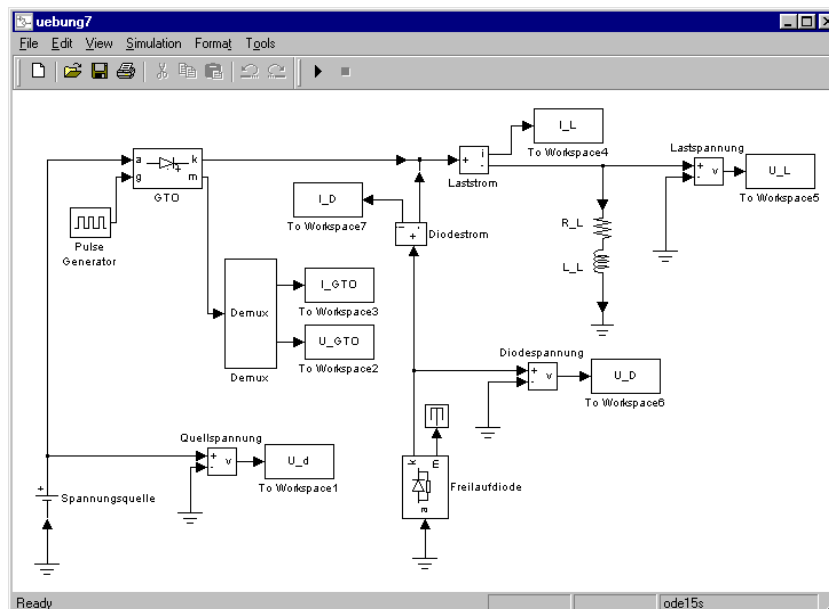


Bild 2: Simulink- Modell

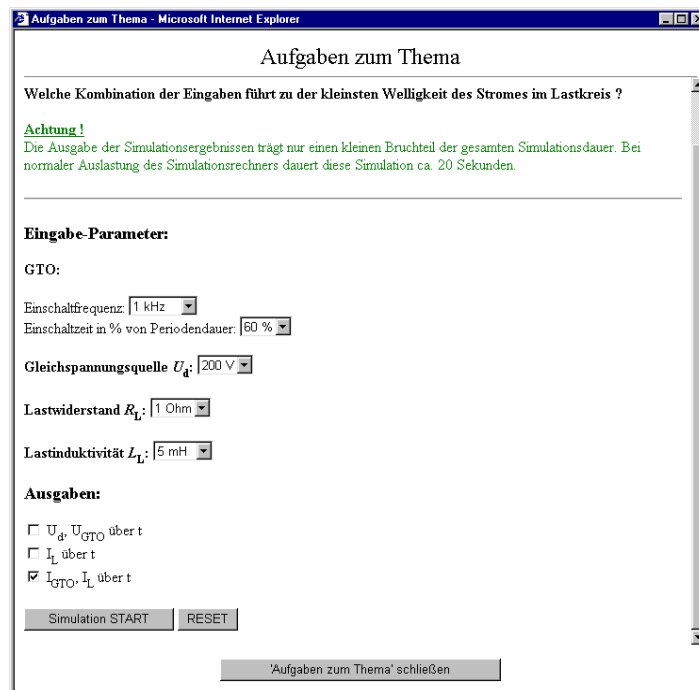


Bild 3: Eingabemaske

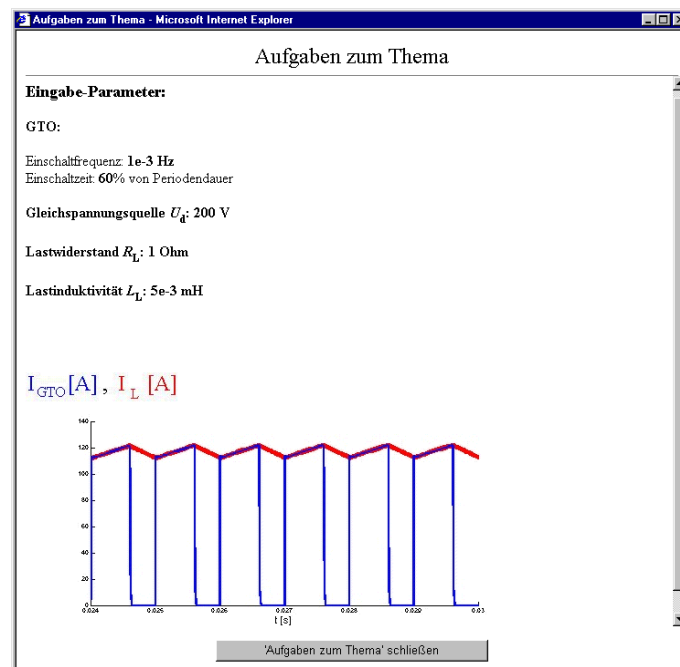


Bild 4: Darstellung der Lösung einer Simulationsübung

Problem: Hochleistungs-Energiekonditionierer zur Reduzierung der Kosten für Energiespeicher
Dreijähriges Forschungsvorhaben zur Optimierung der Lade- und Entladebedingungen von Batterien mit erneuerbaren Energiequellen

Projektträger: Europäische Union, Vertragsnummer JOR3CT98-0216

Projektpartner: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg
Rutherford Appleton Laboratory, England
AMSET Centre Ltd., England
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.

Projektstand: Eine ausführliche Beschreibung des Projekts, des vorgeschlagenen Lösungsweges und erster Ergebnisse ist in den Jahresberichten 1998 und 1999 enthalten.

1999 waren bereits zwei **Hochdynamische Batterie Impuls Stromrichter HoBIS** im Betrieb, einer im Fraunhofer Institut in Freiburg, der andere im IEE. Restarbeiten zur störungsfreien Datenübertragung zwischen **HoBIS** und dem Bedienrechner und zur Abschirmung (EMV Massnahmen) wurden noch Anfang 2000 durchgeführt. Im Frühjahr wurde ein dritter Stromrichter nach Freiburg geliefert. *Bild 1* zeigt den Stromverlauf durch eine Batterie als Beispiel für die Möglichkeiten des Geräts. Die über die Batteriepole induzierten Spannungsspitzen sind auf die steilen Stromflanken zurückzuführen.

Zwei Stromrichter, einer in Freiburg und der andere in Clausthal, wurden mit einer speziellen Null-Ah-Regelung ausgestattet. Die Regelung ermöglicht es, die bei Wechselimpulsen insgesamt durch die Batterie fließende Strommenge zu minimieren. Die Forderung war, daß bei Strömen bis zu 200 A und einer Frequenz zwischen einigen Hertz und 15 kHz die durch die Batterie fließende Strommenge kleiner als eine Amperestunde pro 24 Stunden sein sollte. Dies entspricht einer Stromregelung mit einer Genauigkeit von 0,01 % (40 mA bei einem Messbereich von -200 bis +200 A) bei einer Meßzeit von ca. 10 μ s. Die Messaufgabe wurde durch Messung des Spannungsabfalls an einem Messshunt und Integration des Spannungssignals gelöst. Abschätzungen zeigen, daß über 24 Stunden die angestrebte Meßgenauigkeit erreicht worden ist.

Parallel zu der Entwicklung der Null-Ah-Regelung wurden sowohl im Fraunhofer-

Projekt: Hochdynamischer Batterie - Impuls - Stromrichter (HoBIS)

Arbeitsgruppe: Elektrische Energietechnik

Institut als im IEE systematische Untersuchungen über die Auswirkungen impulsförmiger Ströme auf die Lebensdauer und Kapazitätsentwicklung durchgeführt. Bei den Versuchen im IEE wurde ein Stromprofil verwendet, das der Ladung einer Batterie mit einem Solarmodul und der gleichzeitigen Entladung mit einer stark nicht-linearen Last, z.B. einem elektrischen Handwerkzeug entspricht. Einem Entladeimpuls von 180 A mit einer Dauer von ca. 1,6 Millisekunden folgte ein Ladeimpuls von 36 A mit ca. 8,3 Millisekunden Dauer. Bei einer Batterienennspannung von 48 Volt ist das äquivalent zu einer Leistung von ca. 2 kW auf der 230 Volt Ebene in einem Photovoltaiksystem.

Die Versuche haben gezeigt, daß diese Belastung zu einer kontinuierlichen Abnahme der Kapazität führt, die durch andere Effekte, z.B. durch den Energiedurchsatz alleine, nicht zu erklären ist. *Bild 2* zeigt den gemessenen Verlauf der Kapazität nach einer Versuchsreihe.

Für weitere Versuche wurde Anfang des Jahres ein kleiner Batterieteststand beschafft, der nur Ströme bis 10 A bei kleineren Frequenzen erzeugen kann. Damit wurden Versuche zur Regenerierung von gealterten und sulfatierten Batterien begonnen.

Das wichtigste Ergebnis der anderen Projektpartner ist die Berechnung des Energiedurchsatzes in Batterien bei Lasten mit Blindleistungsbedarf. Bei ungünstigen Gesamtbedingungen vergrößert sich der Energiedurchsatz bei $\cos\phi = 0,6$ um mehr als 30 %. Die Vermeidung von Blindleistung und ihrer Rückwirkung auf den Batteriestrom scheint sehr wichtig zu sein und wird weiter untersucht.

Das Projekt wird Ende 2001 beendet sein.

Projekttreffen:

Im Rahmen des Projekts fand eine Projektbesprechung mit allen Teilnehmern im Januar 2000 in Freiburg und im Juli 2000 in der Nähe von Oxford am Rutherford Appleton Laboratory statt.

Diplom- und Studienarbeiten:

Im Rahmen des Projekts wurden eine Reihe von Diplom- und Studienarbeiten abgeschlossen. Weitere Arbeiten werden zur Zeit durchgeführt und bis zum Ende des Projekts angeboten.

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Heinz Wenzl, Tel: 05323 72 2593
Dipl.-Ing. Carsten Ropeter, Tel 05323 72 2593

battery-project@tu-clausthal.de
carsten.ropeter@tu-clausthal.de

Projekt: Hochdynamischer Batterie - Impuls - Stromrichter (HoBIS)

Arbeitsgruppe: Elektrische Energietechnik

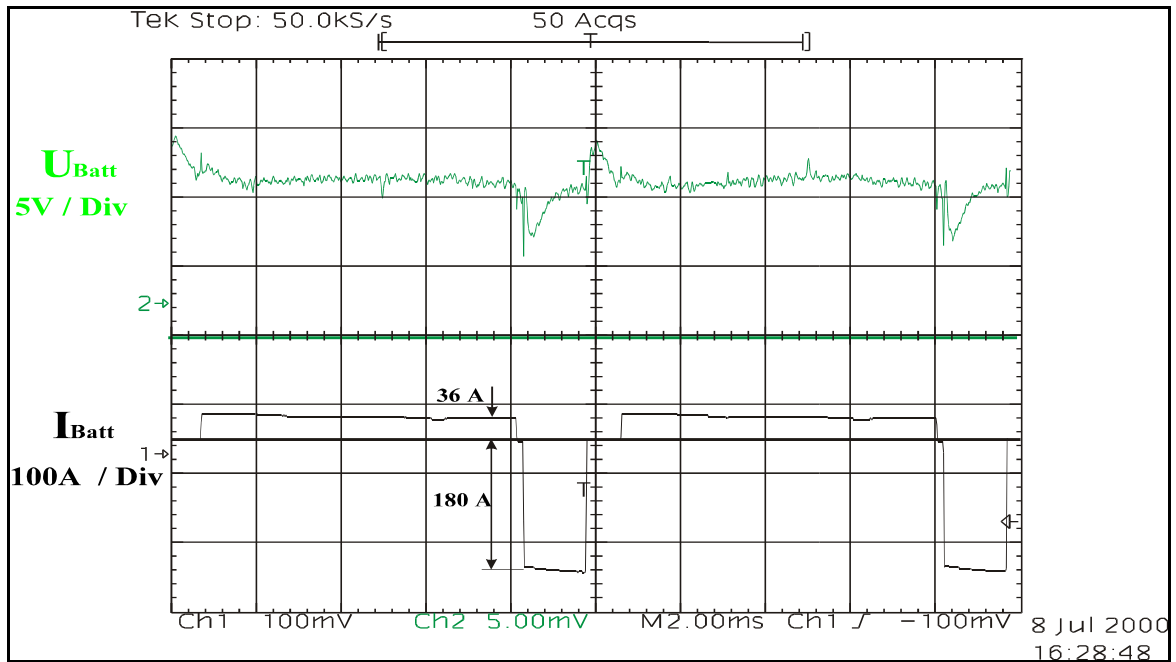


Bild 1: Verlauf der Batteriespannung während der 100Hz Mikrozyklen. Simuliert wird ein PV-System mit elektrischer Energieerzeugung und gleichzeitigem Entladen durch eine stark nichtlineare Last

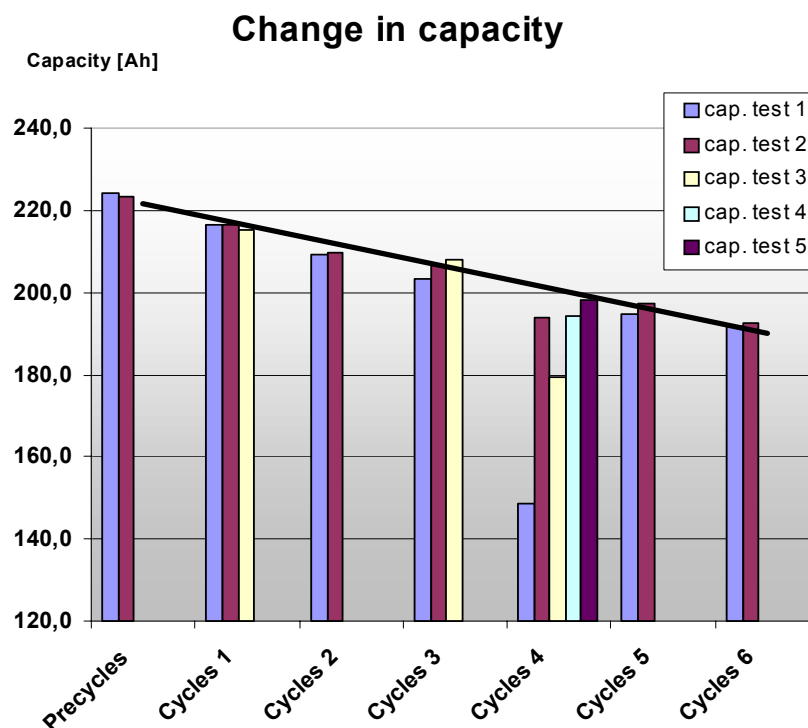


Bild 2: Entwicklung der nutzbaren Batteriekapazität. Zwischen den jeweiligen Zyklen wurden die Batterien jeweils 120h mit 100Hz Mikrozyklen nach Bild 1 belasten

Projekt: Hochdynamischer Batterie - Impuls - Stromrichter (HoBIS)

Arbeitsgruppe: Elektrische Energietechnik

4 Personelle Besetzung

4.1 Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts

Hochschullehrer: (Institutsdirektor)	Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
Akademischer Oberrat:	Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann
Oberingenieur:	Dr.-Ing. C. Sourkounis
Wissenschaftlicher Angestellter:	Dr. rer. nat. H. Wenzl
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. A. Dowrueng Dipl.-Ing. J. Rösner Dipl.-Ing. D. Turschner Dipl.-Ing. E. F. A. Mohamed Dipl.-Ing. A. Wolf Dipl.-Ing. (BAC) A. Tulbure, Bukarest Dipl.-Ing. C. Ropeter Dipl.-Ing. H. Stichweh Dipl.-Phys. D. Schadach Dipl.-Ing. B. Musasa, Lubumbashi
Freie wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. D. Mertig (Eurosolar / ASE) Dipl.-Ing. C. Söffker (Alstom/LHB) Dipl.-Ing. C. Smolenski, FH Wolfenbüttel Dipl.-Ing. Wieben, FH Wilhelmshaven Dipl.-Ing. Andresen, FH Furtwangen

Gastwissenschaftler:	Prof. Dr. Pop, Petrosani, Rumänien
MitarbeiterInnen im Technischen und Verwaltungsdienst (MTVD):	Frau E. Mendt Frau C. Schönemann Herr D. Bartz (bis 30.09.2000) Herr. H. Just Herr W. Hansmann Herr H. Kirchner Herr M. Kirchner Herr R. Koschnik Herr S. Schulz (Auszubildender) Herr Steinforth (Auszubildender) Her Fritze (Auszubildender) Herr Scholz (Prakikant)

4.2 Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer

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

Die Mitarbeiter des Institutes für Elektrische Energietechnik



H.-P. Beck
(Direktor)
- 2570



K. Bretthauer
(Emeritus)
† 06.02.2001



Frau Mendt
(Seretariat)
- 2299



E.-A. Wehrmann
(Akadem. Oberrat)
- 2595



C. Sourkounis
(Oberingenier)
- 2594



H. Wenzl
(Oberassistent)
- 2593



A. Dowrueng
(WiMa, Energie-
informatik)
- 3597



E. Mohamed
(WiMa, Wind-
energie)
- 3702



B. Musasa
(WiMa, Hydrodyn.-
Kupplung)
- 2939



J. Rösner
(WiMa, Wind-
energie)
- 2938



C. Ropeter
(WiMa, Batterie-
technik)
- 2593



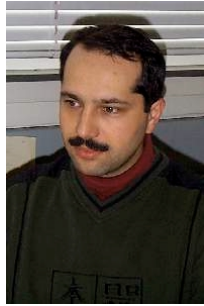
D. Schadach
(WiMa, Elektro-
mag. Beeinflussung)
- 3736

WiMa: Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Telefon: 05323/72-



H. Stichweh
(WiMa, Leistungs-
mechatronik)
- 2572



A. Tulbure
(WiMa, Leistungs-
mechatronik)
- 3821



D. Turschner
(WiMa, Leistungs-
mechatronik)
- 2592



A. Wolf
(WiMa, unsym.
Netze)
- 2939



D. Fritze
(Auszubildener)
- 2940



W. Hansmann
(Mechanik)
- 2571



V. Just
(Messtechnik)
- 2176



H. Kirchner
(Elektrotechnik)
- 2571



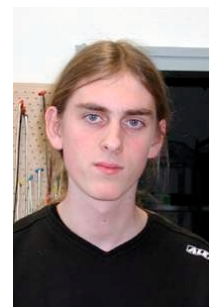
M. Kirchner
(Elektronik)
- 3839 / -2940



R. Koschnik
(Energieelektronik)
- 2940



C. Schönemann
(Zeichenraum)
- 2177



D. Scholz
(Praktikant)
- 2940



H. Schulze
(Hausmeister)
- 2682 / - 3810



S. Schulz
(Auszubildener)
- 2940



F. Steinforth
(Auszubildener)
- 2940

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. Helmholtz	(Lehrgebiet Theorie der Wechselströme)
Dr.-Ing. Rehkopf	(Lehrgebiet Leittechnik für Verkehrs- und Energiesysteme)
AOR Dr.-Ing. Baake	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)
Dipl.-Ing D. Mertig	Lehrgebiet Photovoltaikanwendungen

4.4 Wissenschaftliche Hilfskräfte

Herr M. Abdul Mawla	Herr U. Kreutzer
Herr J. Anemüller	Herr H. Lamsahel
Herr M. Aoulkadi	Frau M. Meyer
Herr R. Bengler	Herr S. Noa
Herr L. Bethke	Herr P. Pärtsch
Herr R. Bluhm	Herr M. Sarasa
Herr M. Dernbach	Herr H. Stagge
Frau J. Dutkiewicz	Herr C. Stubenvoll
Herr H. Fkih Ahmed	Herr N. Thanomsat
Frau M. Hau	Herr U. Urban
Herr M. Hejda	Herr T. Wegener
Herr N. Korthing	

4.5 Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Vereinigungen und in den Selbstverwaltungsgremien der Universität

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck	Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung der TUC Mitglied des Konzils der TUC, Vorsitzender der Berufungskommission Betriebsfestigkeit und Systemverhalten, Vorstandsmitglied des Forums Clausthal (FC), Member of the International Scientific Committee for Electrical Power Quality and Utilisation, Ordentliches Mitglied der Braunschweigischen wissenschaftlichen Gesellschaft Mitglied des Informationstechnischen Zentrums (ITZ) Mitglied der Berufungskommission Experimentalphysik Mitglied der Berufungskommission Werkstoffkunde Mitglied des Arbeitskreises Gewerkschaft und Hochschulen Mitglied der Jury des "Eta Wettbewerbes" der Energieversorger des Landes Niedersachsen
Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann	Mitglied des Senats, Mitglied des Konzils, stellv. Mitglied des Fachbereichsrates MVT Mitglied der Jury bei "Jugend forscht"
Dr.-Ing. C. Sourkounis	Prüfungskommission Fakultät II
Herr W. Hansmann	Mitglied des Personalrates
Herr H. Kirchner	Ersatzmitglied im Personalrat
Herr R. Koschnik	Ausbilder, Sicherheitsbeauftragter
Herr Dr. J. Wenske	stellv. Mitglied des Wahlausschusses

5 Anlagen

Die Anlagen sind in der angegebenen Reihenfolge eingebunden

- Anlage 1 Pressenotiz zur 2. Technologietagung am Institut für Elektrische Energietechnik am Freitag, den 24.11.2000
- Anlage 2 Energiepark Clausthal
- Anlage 3 Energiekonditionierung in dezentralen Anlagen mit regenerativen Klein-Kraftwerken (Auszug aus “Brücken in die Zukunft”)
- Anlage 4 Modell AMOEVES + Prinzipschaltbild
- Anlage 5 Handbuch Energiemanagement
- Anlage 6 Ressourcen des Institutes
- Anlage 7 WWW-Server Statistiken für IEE TU Clausthal
- Anlage 8 Mittel für studentische Hilfskräfte in 2000

Presse­notiz zur 2. Techno­logietagung am Institut für Elektrische Ener­gietechnik am Freitag, den 24.11.2000

Im November 1997 wurde die erste Techno­logietagung am Institut für Elektrische Ener­gietechnik (**IEE**) mit großem Erfolg und positiver Resonanz durch­ge­führt. Deshalb soll mit der zweiten Ver­anstaltung dieser Art, die am vergan­genen Freitag statt­fand, eine feste Tradition ge­gründet werden.

Zwischen Vertretern des Institutes, Studenten und ca. 40 geladenen Gästen, überwiegend diplomierte und promovierte Ingenieurinnen und Ingenieure aus der Elektro- und Maschinenbauindustrie, fand ein intensiver Erfahrungsaustausch zu aktuellen Forschungsaspekten, Entwicklungen und Tendenzen statt.

In seiner Begrüßungsrede ging der Rektor der TU Clausthal, Prof. Dr. E. Schaumann, auf die Alumni-Tradition zur Finanzierung der amerikanischen Universitäten ein. Im Gegensatz dazu wird von den deutschen Universitäten der Kontakt zu den eigenen Absolventen im Wesentlichen genutzt, um einen aktuellen Bezug zwischen der universitären Lehre und Forschung und der industriellen Anwendung aufrecht zu erhalten.

Als Institutsleiter begrüßte Prof. Dr.-Ing. Beck unter den Gästen viele seiner früheren Diplomanden und Doktoranden. Erfreulich war, dass nicht nur Industrievertreter und frühere Mitarbeiter des Institutes sondern auch Professoren der Universitäten Hannover und Braunschweig der Einladung gefolgt waren. Dadurch konnten die begonnenen Partnerschaften mit diesen Hochschulen gefestigt werden.

Anschließend stellten die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Institutes die aktuellen Forschungsprojekte vor.

Im 1. Schwerpunkt "Leistungsmechatronik", der zu den zukunfts­trächtigen des Maschinenbaus zählt, wird das Zusammen­spiel zwischen den regelungstechnischen Komponenten, dem elektrischen Versorgungsnetz, der Leistungselektronik, dem Elektromotor und dem mechanischen Antriebskomponenten sowie dem Prozeß betrachtet. Beispiele hierfür sind Shredderanlagen zur Schrottverarbeitung, Walz- und Mühlenantriebe, elektromechanische Energiespeichersysteme und spezielle Windkraftanlagen. Die Ziele der Arbeiten liegen hauptsächlich in der Reduzierung von Belastungen durch regelungstechnische Maßnahmen in den Wellen, Kupplungen und Getriebeteilen, wodurch eine nennenswerte Erhöhung der Lebensdauer der Komponenten erreichbar ist. Verbunden hiermit ist häufig eine Verbesserung des Wirkungsgrades und damit eine Energieersparnis.

Im 2. Schwerpunkt "Energiekonditionierung" wird die effiziente und schonende Einbindung von aus regenerativen Energiequellen erzeugter elektrischer Energie in das Versorgungsnetz behandelt. Eine zentrale Rolle spielt hierbei das Projekt "AMOEVES" (Autonomes modulares Energieversorgungssystem), das als Modellanlage im Institut mit einer Leistungsklasse von ca. 60 kVA im Laufe der letzten 5 Jahre aufgebaut wurde und an dem das Zusammenwirken von zwei verschiedenen Windkraftanlagen, einer Photovoltaikanlage, Verbrauchern, (schwachem) elektrischen Netz und Energiekonditionierung untersucht wird. Eine "ELSAD" (elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpfer) übernimmt die Aufgabe der Energiekonditionierung und sorgt trotz schwankender Energieerzeugung und wechselnden Verbraucherlasten für ein stabiles elektrisches Netz, in dem z.B. das Licht nicht "flickert". Durch weitere leistungselektronische Maßnahmen können die sogenannten Oberschwingungen und Unsymmetrien beseitigt

werden. Eine Praxisanwendung finden diese Systeme im "Clausthaler Energiepark", im Rahmen dessen das CUTEK-Institut ausschließlich aus regenerativen Quellen elektrisch versorgt wird. An diesem Projekt, das seit Anfang 2000 läuft, sind die CUTEK, die TU Clausthal und die Stadtwerke Clausthal beteiligt. In einem weiteren Forschungsgebiet wird die Lebensdauererhöhung von Batteriesystemen in regenerativen Energieanlagen in Zusammenarbeit mit insgesamt sieben europäischen Partnern angestrebt. Das **IEE** koordiniert diese Arbeiten.

"PROMISE", ein spezielles niedersächsisches Vorhaben, verbindet die Universität Hannover, die TU Braunschweig und die TU Clausthal partnerschaftlich, um mit einem neuen Ansatz die modernen Möglichkeiten der Multimedia- und Internettechnologie intensiv in der Lehre zu nutzen. Das **IEE** entwickelt dazu zunächst ein Lehrmodul zur Leistungselektronik.

Im Rahmen eines Institutsrundganges konnten die Gäste zu vielen der in Kurzvorträgen dargestellten Arbeiten experimentelle Vorführungen beobachten und die aufgetretenen Fragen anhand von Bild Darstellungen diskutieren.

Nach der zunächst vom **IEE** angebotenen geistigen Nahrung wurde nach den Besichtigungen auch physische Nahrung angeboten, um alle TeilnehmerInnen für weitere Informationen aufnahmebereit zu halten.

In dem sich anschließenden zweiten Komplex der Tagung gaben insgesamt zehn Gäste aus den Bereichen Industrie, Consulting, Patentrecht und Hochschule einen Einblick in ihre aktuellen Tätigkeiten und für die Lehrenden und Lernenden der TU Clausthal wichtige Hinweise zu den Anforderungen an eine zukünftige Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich.

Die behandelten Arbeitsgebiete betrafen die Entwicklung von neuen Nahverkehrszügen mit Schwungradspeichern, moderne Umrichtersysteme für die Energieversorgung, neuartige Fahrzeugkonzepte mit Brennstoffzellen als Energiequellen, Errichtung und Betrieb moderner Produktionsanlagen zur Windelfertigung, nationale und internationale Consultingaufgaben im Bereich der Energie- und Meßtechnik und nationale und internationale Patentfragen. Den Abschluß der Rednerliste übernahm Prof. Dr.-Ing. Theuerkauf, der als erster Obergeringieur des **IEE** den Institutsneubau von 1967 bis 69 betreute und heute an der TU Braunschweig für den Bereich Technikdidaktik verantwortlich ist. Er forderte die heutigen und zukünftigen IngenieurInnen auf, den Informations- und Gedankenaustausch mit Ökonomen und Juristen aktiver zu betreiben, um zu einem besseren gegenseitigen Verständnis beizutragen.

Die Veranstaltung klang mit einem gemütlichen Beisammensein aus, das zu intensiven Diskussionen bis weit nach Mitternacht genutzt wurde. Viele der Gäste baten darum, bei der nächsten Veranstaltung wieder mit dabei sein zu dürfen, was die Organisatoren mit Freude zur Kenntnis nahmen.



Der Rektor der TU Clausthal, Prof. Dr. E. Schaumann eröffnet die Technologietagung



Der Insitutsleiter, Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck begrüßt die Gäste der Technologietagung



Die Gäste der Technologietagung verfolgen die Präsentation des **IEE**



Präsentation von Versuchsständen des **IEE**

Energiekonditionierung in dezentralen Anlagen mit regenerativen Kleinkraftwerken

Der Umbruch in der Stromwirtschaft

Aus Umweltsicht ist die Beschäftigung mit dem Thema Energie von kaum zu überschätzender Bedeutung. Energieverbrauch bedeutet gleichzeitig Ressourcenverbrauch und nicht selten - bei der Energiegewinnung, dem Energietransport und schließlich beim Energieverbrauch - die Belastung von Umweltmedien. Da ohne die angemessene Bereitstellung von Energie das Leben sehr eingeschränkt wäre, kommt es darauf an, den Energieeinsatz zu optimieren, also auf der einen Seite einen möglichst hohen Nutzen zu erzielen und auf der anderen Seite die damit verbundenen negativen Effekte möglichst gering zu halten.

Fachleute sind sich darin einig, dass die Energiebereitstellung in den nächsten Jahrzehnten eine weitere Verwendung von fossilen Rohstoffen erfordert, gleichzeitig der regenerative Anteil aber anwachsen sollte. Zu beachten ist dabei eine signifikante Zunahme des fossilen Brennstoffes Erdgas, was dem Trend entspricht, den Kohlenstoffanteil in den verwendeten Energierohstoffen zugunsten des umweltfreundlicheren Wasserstoffanteils zu verringern. Ein anderer Trend, der sich besonders in der Stromversorgung vor dem Hintergrund der Liberalisierung bemerkbar macht, zeigt sich in dem Übergang von einer zentralen erzeugerdominierten Versorgungsstruktur hin zu einer mehr kundenorientierten dezentralen Struktur, wobei letztere in Deutschland vergleichsweise noch schwach ausgeprägt ist. Die bei der Stromerzeugung in zentralen Großkraftwerken anfallende Abwärme kann, außer in Ballungsgebieten, nicht genutzt werden. Die Nutzung regenerativer Energiequellen in diesen Kraftwerkstypen ist ebenfalls problematisch. Beide Energiearten sind von geringer Energiedichte und lassen sich nicht wirtschaftlich über weite Strecken transportieren. Die verstärkte Nutzung von Solarenergie erfordert ebenso wie die Abwärmenutzung dezentrale Strukturen. Dabei sollten aus Umweltgründen möglichst kohlenstoffarme und/oder regenerative Ersatzbrennstoffe zur Anwendung kommen.

Clausthaler Energiepark

Ein technisch und organisatorisch anspruchsvolles Vorhaben zu dieser Problematik wird in Clausthal-Zellerfeld bearbeitet. Das Gebäude der Clausthaler Umwelttechnik-Institute GmbH soll zukünftig seine Energie ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen erhalten. Dieser Aufgabe stellen sich das CUTEC-Institut, die TU Clausthal, hier hauptsächlich mit den Instituten für Elektrische Energietechnik und Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik und die Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH als Kooperationspartner. Ermöglicht wird das Vorhaben durch einen Zuschuß der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Osnabrück, die für die erste Phase von drei Jahren eine Finanzierungszusage von 1,75 Mio. DM geben konnte. In diesen drei Jahren werden die einzelnen Komponenten des Energieparks errichtet. Im Jahr 2002 soll dann der autonome Dauerbetrieb aufgenommen werden. Danach ist geplant, die Anlage weitere sieben Jahre zur Demonstration der langfristigen Machbarkeit zu betreiben und weitere Forschungsvorhaben zu bearbeiten. Das Projekt "Energiepark Clausthal" verwirklicht eine autonome CO₂-neutrale Strom- und Wärmeversorgung eines Institutsgebäudes nur aus erneuerbaren Energiequellen.

Der Energiepark soll aus folgenden Einzelkomponenten bestehen: (Bild 1)

- Windkraftanlage, 80 kW
- Wasserkraftanlage, 30 kW
- Fassadenintegrierte Photovoltaikanlage, 20 kW
- Anaerobe Bioabfallvergärung und Biogasnutzung im BHKW
- Holzhackschnitzelfeuerung mit Stirling-Motor und Abhitzeessel
- Pflanzenöl-BHKW auf Basis Rapsöl und Rapsölmethylester
- Solarthermische Kollektoren gekoppelt mit Wärmepumpe.

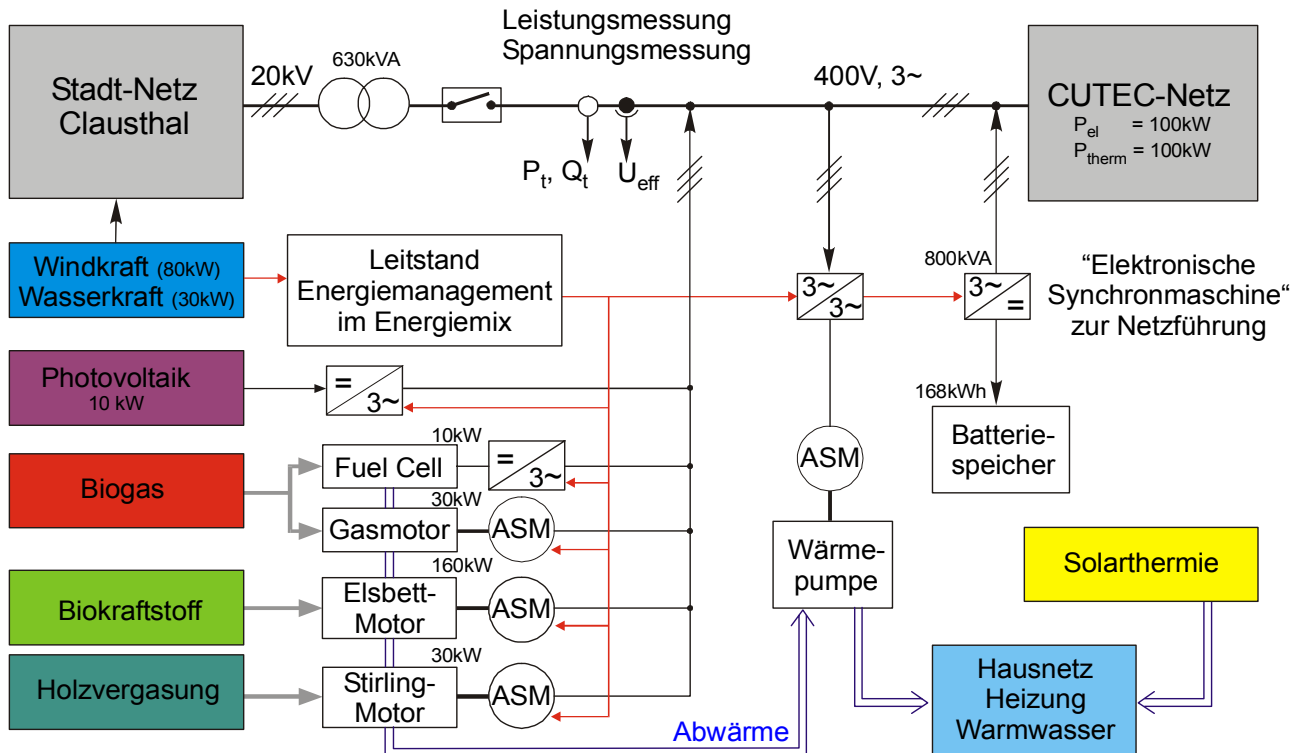


Bild 1: Schaltungskonzept des Clausthaler Energieparks

Durch die konsequente drehstromseitige Kopplung heute relevanter und eingesetzter Energiewandlungsverfahren wird der Energiebedarf eines komplexen Gebäudes (als Muster nicht exakt vorhersagbarer Energiebedürfnisse) mit gutem Wirkungsgrad und in hoher Qualität (Frequenz- und Spannungskonstanz, Verfügbarkeit) gedeckt. Größtes Innovationspotential liegt dabei nicht in der Anwendung der einzelnen Erzeugungstechnologien, sondern in der Energiesystemtechnik, d. h. dem Zusammenwirken der verschiedenen fluktuierenden Erzeugungseinheiten mit Verbraucher und Netz und in dem für den Betrieb notwendigen Energiemanagementsystem (Speicherkonzepte, Energiekonditionierung mittels leistungselektronischer Einrichtungen). Es sind als Energieträger und als Energiewandlungsverfahren die derzeit verwendeten und technisch verfügbaren Technologien ausgewählt worden. Aufgrund der möglichen autonomen Betriebsweise (vgl. Bild 1, Schalter geöffnet) wird die solare Strahlung in ihrer unterschiedlichen Verfügbarkeit, Qualität und Schwankung für den Energiepark zur Versorgung herangezogen. Die Biomasse (hier über feste Biomasse in Form von Hackschnitzeln, flüssige Biomasse in Form von Rapsöl und gasförmige Biomasse in Form von Biogas) ergänzt als gespeicherte Energieform in dieser Betriebsart den notwendigen Ausgleich. Die Abstimmung mit dem in Grenzen vorhersagbaren, aber dennoch fluktuierenden Energiebedarf des Institutes stellt an das Energiemanagementsystem hohe Anforderungen und erfordert elektrische und thermische Speichermöglichkeiten im Millisekunden-, Minuten- und

Tagesbereichen. In dieser Form könnte das Energiesystem, kombiniert mit Wind- und/oder Wasserkleinkraftwerken, weltweit in Gegenden ohne ein vorhandenes Stromnetz eingesetzt werden (Inselbetrieb).

Durch die beschriebene netzunabhängige Stromerzeugung und Energieversorgung des CUTEC-Gebäudes soll u. a. gezeigt werden, dass eine autonome CO₂-freie Strom und Wärmeerzeugung prinzipiell unter Verwendung relevanter Energiewandlungsverfahren mit heute üblicher Stromqualität, die auch den Anschluss sehr sensibler Verbraucher zulässt, möglich ist, auch wenn diese u. U. nicht wirtschaftlich ist. Damit werden in der Argumentation über die zukünftigen Chancen von erneuerbaren Energieträgern belastbare Fakten geschaffen.

Natürlich ist auch ein Netzparallelbetrieb möglich. Der Netzkuppelschalter hinter dem 630 kVA-Trafo muss dann geschlossen werden, wobei vorher die vorgesehene automatische Synchronisierung beider Netze erfolgen muß. Auf diese Weise ist eine Netzkupplung, d. h. der Übergang von Inselbetrieb in den Netzparallelbetrieb ohne Unterbrechung und ohne Ausgleichsvorgänge möglich. Die Ausführung des Energieparks Clausthal nach dem erläuterten Konzept ist nur möglich, weil es einen Vorläufer dazu gibt, der im Institut für Elektrische Energietechnik entwickelt wurde. Ein Modell davon (Maßstab ca. 1:60) wurde auf der Hannovermesse 2000 vorgeführt. Kernstück dieser Anlage ist die "Elektronische Synchronmaschine", die im Folgenden näher beschrieben werden soll.

Die Elektronische Synchronmaschine

Das Merkmal einer "Elektronischen Synchronmaschine" (Bild 1) ist dadurch gegeben, dass der Wirk- und Blindleistungsfluss, der im Netzparallelbetrieb dem Netz entnommen bzw. zugeführt wird, im Millisekundenbereich frei einstellbar ist. Diese hochdynamische Steuerbarkeit hat folgende Vorteile:

- a) Die Netzspannung kann auch für andere Verbraucher außerhalb des Institutsnetzes stabilisiert werden (Konditionierung schwacher Netze).
- b) Wirkleistungsentnahme nach Fahrplan ist möglich (liberalisierter Strommarkt).
- c) Weiter entfernt, z.B. mittels regenerativer Quellen erzeugte elektrische Energie kann "durchgeleitet" werden, indem gerade soviel Wirkleistung in jedem Augenblick dem Netz entnommen wie anderen Orts eingespeist wird (Zertifizierung von Strommarken, z. B. "grüner Strom").

Für den Fall a) zeigen die Bilder 2 und 3 entsprechende Ergebnisse, die im Rahmen der Vorentwicklung zum Clausthaler Energiepark im Institut für Elektrische Energietechnik entstanden sind. Diese vor einigen Jahren entwickelte 60 kVA-Energiekonditionierungsanlage, die unter dem Namen AMOEVES (Autonome Modulare Energieversorgungssysteme) bekannt geworden ist, dient zur Vergleichmäßigung des elektrischen Leistungsflusses aus Windenergieanlagen.

Windenergie hat bekanntlich den Nachteil, dass auch bei guten Windverhältnissen, wie beispielsweise auf einer Insel, die Windstärke ständig schwankt (z. B. Turmschatteneffekt, Böen), was den maximal einspeisbaren Anteil in die elektrischen Netze nennenswert begrenzt. Die durch Windböen hervorgerufenen Leistungsschwankungen machen sich in Form von Spannungs- und Frequenzschwankungen bemerkbar. Darüber hinaus muss je nach Art der eingesetzten Windenergiekonverter mit der Ausbreitung von unerwünscht hohen Oberschwingungen im elektrischen Netz gerechnet werden.

Ausgehend von den genannten technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen für die Einbindung von fluktuierenden, regenerativen Energiequellen in leistungsschwache elektrische Netze führt die Anwendung des AMOEVES-Konzeptes auch zu einem höheren einspeisbaren Anteil regenerativer Energien in elektrische Versorgungsnetze. In einem Netz dezentraler Speicher (Wasser, heiße Druckluft,

Batterien, Brennstoffzellen mit Druckelektrolyseuren) wird die aus der Windenergie gewonnene elektrische Energie zwischengespeichert und dem übergeordneten elektrischen Netz durch ein geschicktes Energiemanagementsystem konstant zugeführt. Der dezentrale Speicher, der die rotierenden Massen realer Synchronmaschinen nachbildet, wird über die Elektronische Synchronmaschine an das elektrische Netz angeschlossen. Diese kann wie herkömmliche Synchronmaschinen auch im elektrischen Vier-Quadranten-Betrieb arbeiten, so dass sie in der Lage ist, Wirk- und Blindleistung unabhängig voneinander zu liefern bzw. aufzunehmen, allerdings nun, wegen der elektronischen Anordnung im Millisekundenbereich. Das Speichersystem wird mit einer Mehrgrößen-Zustandsregelung betrieben, welche die Netzspannung und im Inselbetrieb auch die Frequenz konstant hält. Die Ausgangsspannung wird so eingestellt, dass eine Spannungsdifferenz zu der zu regelnden Netzspannung entsteht. Diese bestimmt den zur Konstanthaltung der Netzspannung erforderlichen Strom nach Betrag und Phasenlage und somit die abgegebene bzw. aufgenommene Blind- und Wirkleistung. Durch die dynamische Blind- und Wirkleistungskompensation mit Hilfe der Elektronischen Synchronmaschine wird eine dezentrale Netzstützung bzw. Energiekonditionierung erreicht. Als Beispiel zeigen die Bilder 2 und 3 die Wirkungsweise der Energiekonditionierungsanlage im dynamischen Betrieb.

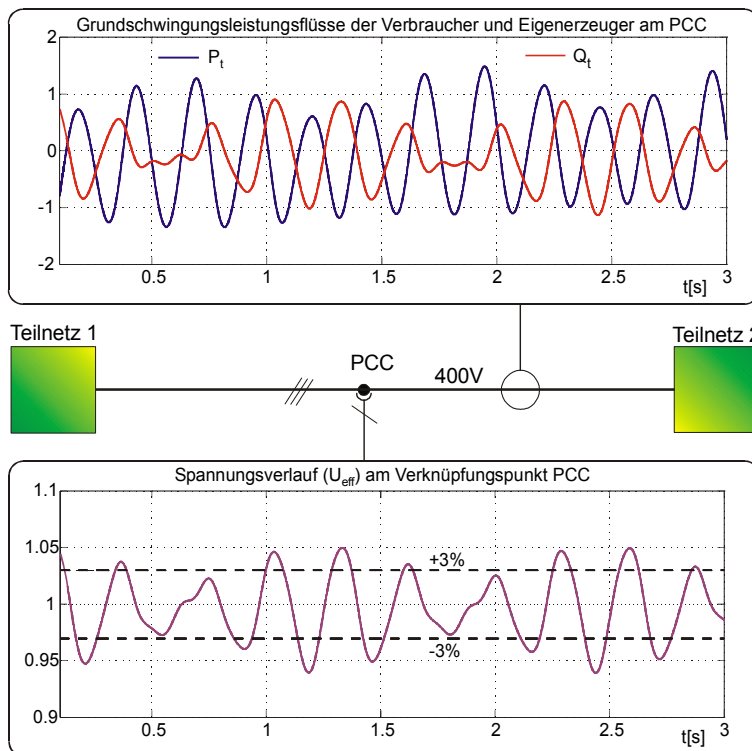


Bild 2 gibt die starken Spannungsschwankungen am Netzknoten (PCC) ohne Energiekonditionierungsanlage wieder, die durch schwankende Lastflüsse von Verbrauchern und Erzeugern im Teilnetz 2 hervorgerufen werden. Dabei schwankt nicht nur die Augenblicks-Wirkleistung $P_t(t)$ sondern auch die orthogonale Augenblicks-Blindleistung $Q_t(t)$. Bild 3 zeigt, dass es möglich ist, diese Schwankungen durch Netzparallelbetrieb des Energieparks mit der Elektronischen Synchronmaschine zu kompensieren. Der Leistungsfluss im Teilnetz 1 kann dabei entsprechend den Sollwerten (Fahrplan) P_{tsoll} , G_{tsoll} eingestellt werden.

Bild 2: Zeitverlauf des auf den Nennwert normierten Spannungs-Effektivwertes am 400V-Netzknoten (PCC) und zugehörige Wirk- (P_t) und Blindleistungsflüsse (Q_t) des Energieparks mit Elektronischer Synchronmaschine ohne Netzparallelbetrieb.

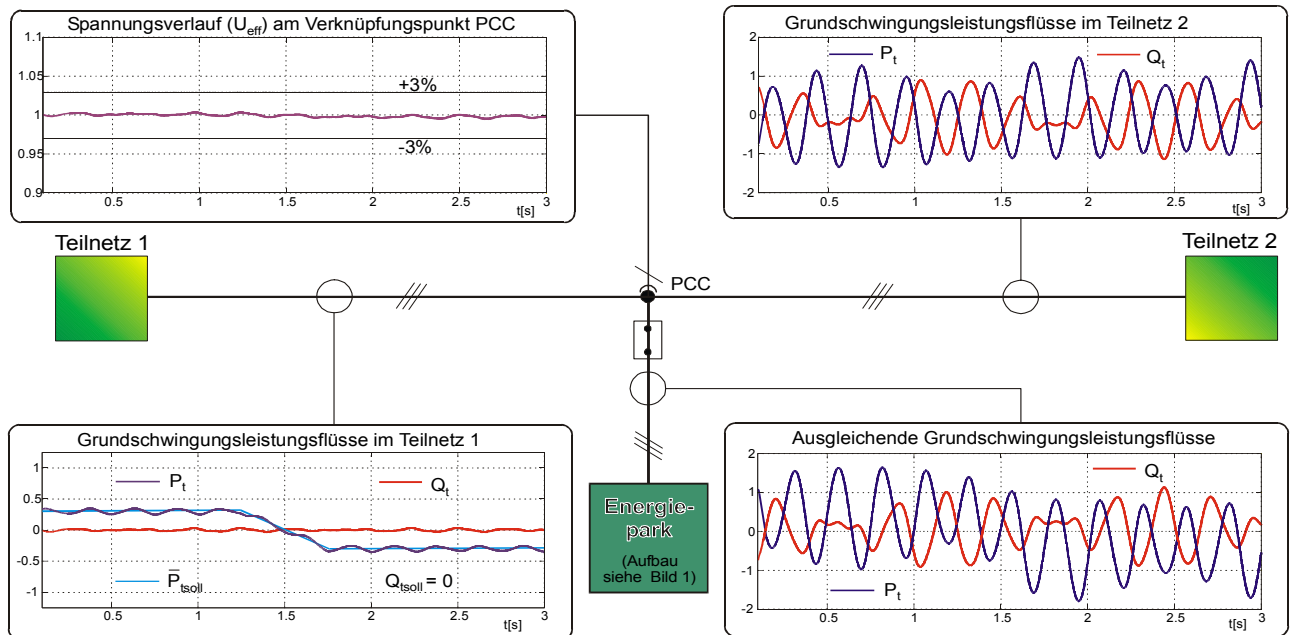


Bild 3: Zeitverlauf des auf den Nennwert normierten Spannungs-Effektivwertes am 400V-Netzknoten (PCC) und zugehörige Wirk- (P_t) und Blindleistungsflüsse (Q_t) des Energieparks mit Elektronischer Synchronmaschine im Netzparallelbetrieb.

Energiemanagement

Das Bild 4 zeigt ein Beispiel für das Zusammenspiel verschiedener Einspeisungen (1, 2, 3) und der Verbraucher. Es ist zu erkennen, dass die Verbraucherwirkleistung über den Tag hinweg stark schwankt. Wirtschaftlich könnte es sein, zur Deckung der Grundlast das Netz herauszuziehen und einen kostengünstigen Bandbezug mit dem Stromlieferanten zu vereinbaren. Die Spitzenlast könnte aus einer Biogasanlage oder Brennstoffzelle (Fuel Cell) gedeckt werden (Einspeisung 2). Sollte diese unvorhergesehen ausfallen, deckt der Kurzzeitspeicher vorübergehend den Bedarf, obgleich die Einspeisung 3 aktiviert werden kann. Aus Wirkungsgradgründen ist es sinnvoll, die Kleinkraftwerke möglichst im Bestpunkt zu betreiben und die Abweichungen vom Fahrplan durch stochastische Verbraucherschwankungen mittels der elektronischen Synchronmaschine zu decken. Sie ist prädestiniert zur Erzeugung dieser sogenannten Regelleistung, da sie auch im Teilbetrieb, wegen der Verwendung leistungselektronischer Stellglieder, mit relativ gutem Wirkungsgrad betrieben werden kann und wegen fehlender träger Massen praktisch verzögerungsfrei reagiert. Sie kann also nicht nur hochdynamisch die Blindleistung für die Verbraucher zur Verfügung stellen (Spannungskonstanz), sondern auch Wirkleistung („Stromveredelung“).

Zukünftige Aufgabenstellung

Für die Zukunft ist geplant, die Funktionalität der Elektronischen Synchronmaschine auszuweiten und ihre Kompensations- und Symmetrierwirkung auf die Verzerrungsblindleistung (Oberschwingungen in Spannung und Strom) und Unsymmetrieblindleistung auszuweiten. Darüber hinaus sind Systemuntersuchungen zur Stabilität geplant, die Hinweise geben, unter welchen Bedingungen am schwachen Netz ein Parallelbetrieb bei überwiegender elektronischer Last mit parallel betriebenen weiteren Anlagen möglich ist. Solche Fragestellungen werden insbesondere dann relevant, wenn die Stromrichterleistung im Netz zunimmt. Dies ist u. a. der Fall, wenn, was zu erwarten ist, Kleinkraftwerke mit Brennstoffzellen und

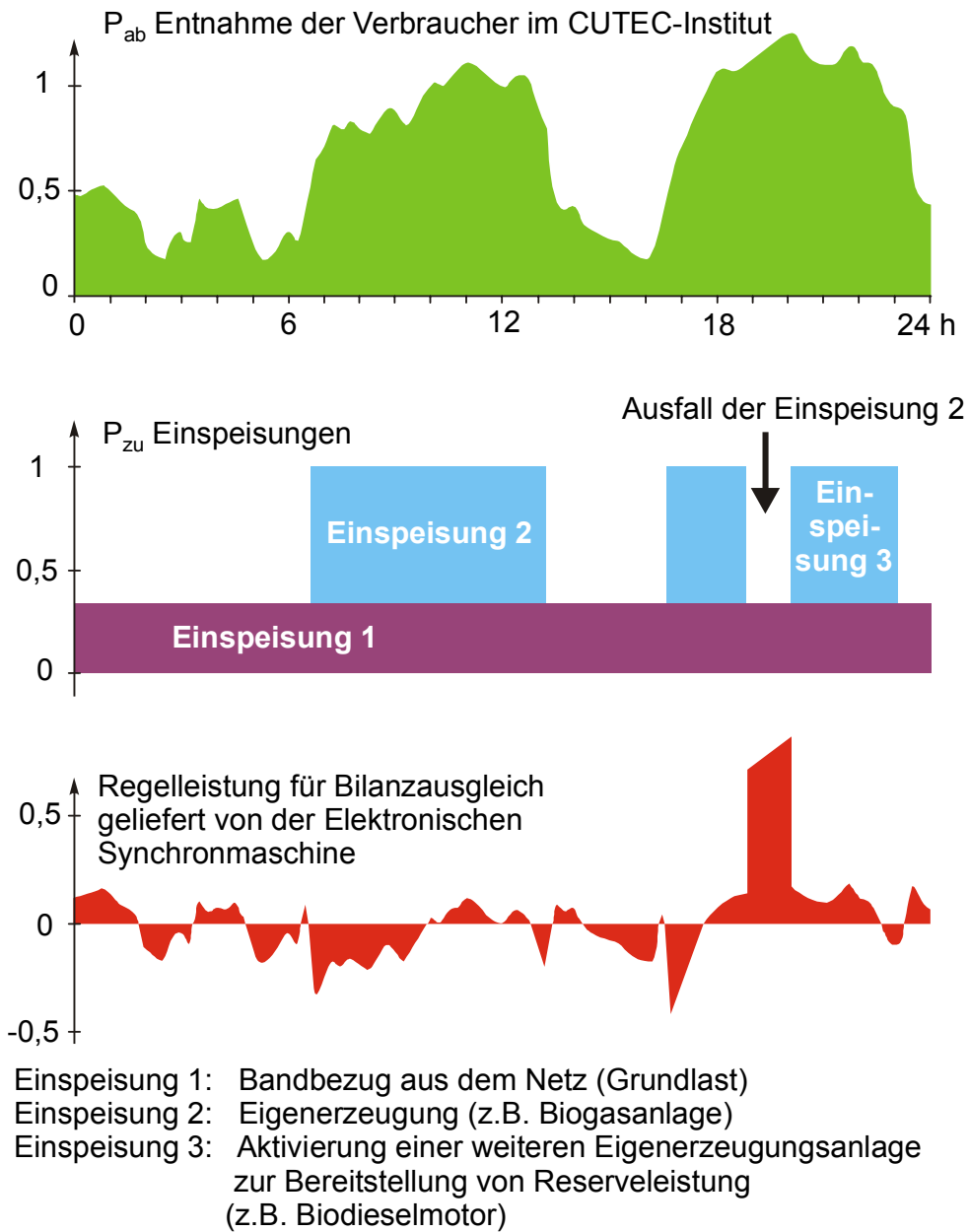


Bild 4: Beispiel für das Zusammenspiel der regenerativen Kleinkraftwerke (Einspeisung 2, 3), dem Netz (Einspeisung 1) und der Elektronischen Synchronmaschine mit Batteriespeicher.

Photovoltaikerelementen weitere Verbreitung finden. Auch eine bestimmte Klasse von Windkonvertern vergrößert heute schon den Anteil der Stromrichterleistung im Netz, weil Stromrichter die Regelbarkeit von Kleinkraftwerken substanziell verbessern. Da darüber hinaus die Kosten von diesen Geräten nach Schätzung von Fachleuten in den nächsten Jahrzehnten weiterhin fallen werden, unterstützt dieser Trend die angesprochene Entwicklung, was zu dem Schluß führt, dass der liberalisierte Strommarkt und die weitere Verbreitung dezentraler Kleinkraftwerke mit einer Zunahme leistungselektronischer Betriebsmittel in Netzen einhergeht. Hieraus ergeben sich eine Fülle neuer Forschungsaufgaben im Bereich elektrischer Energietechnik und viele innovative neue Produkte und Anlagen für den Markt.

Autor: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Institut für Elektrische Energietechnik

AMOEVES - Autonome Modulare Energieversorgungssysteme

AMOEVES
 Autonome, Modulare Energieversorgungssysteme

Netz 230/400 V-
 $S_N = 7.85 \text{ MVA}$

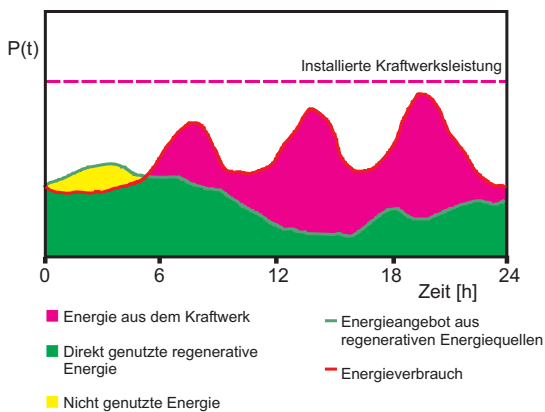
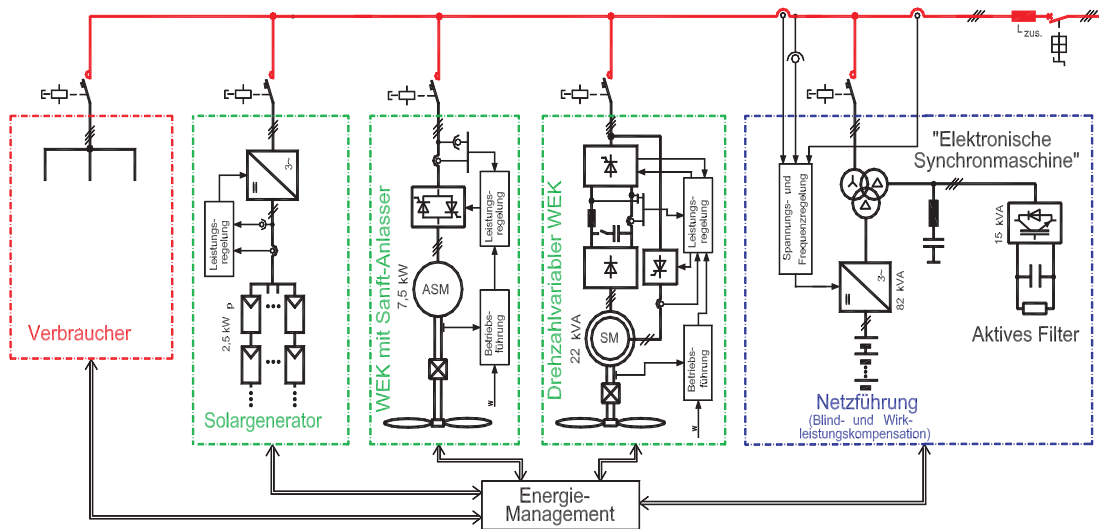


Abb. 1: Tageszeitverlauf des Energiebedarfs und -angebotes aus regenerativen Energiequellen

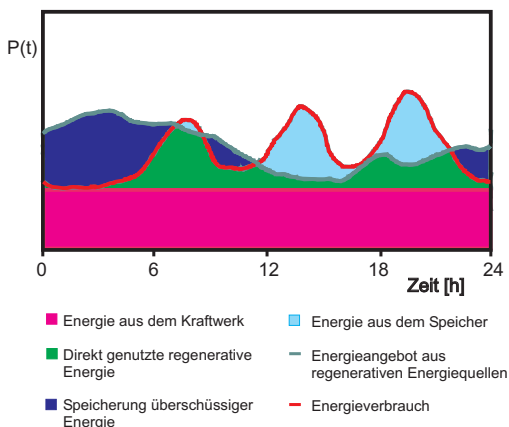


Abb. 3: Angestrebter Energiebezug und -einsatz für dezentrale Energieversorgungssysteme mit bevorzugter Einspeisung aus regenerativen Energiequellen

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 mit der Ausbreitung von unerwünscht hohen Oberschwingungen im elektrischen Netz rechnen. Ausgehend von den genannten technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen für die Einbindung von fluktuierenden, regenerativen Energiequellen in dezentralen Energieversorgungssystemen ist am Institut für Elektrische Energietechnik eine Autonomes, Modulares Energieversorgungssystem (AMOEVES) konzipiert und mit Hilfe eines Prüfstandes mit einer Nennleistung von 60 kVA untersucht worden. Das AMOEVES-Konzept verfolgt das Ziel eines hohen Nutzungsgrades von regenerativen Energiequellen in dezentralen Energieversorgungssystemen bei hoher Energiequalität.

Eine Energiekonditionierung unter ökologischen und technischen Kriterien durch ein geeignetes Energiemanagement führt einerseits zu einer Reduzierung der erforderlichen Kraftwerksreservenleistung und andererseits zu einem höheren einspeisbaren Anteil regenerativer Energien in elektrischen Versorgungsnetzen.

Durch den Einsatz von dezentralen Speichern werden das fluktuierende Energieangebot aus den regenerativen Energiequellen kurz- und mittelfristig, sowie Verbrauchsschwankungen, solange diese nicht mit dem fluktuierenden Energieangebot vor Ort korrelieren, ausgeglichen. Dadurch weist das dezentrale Energieversorgungssystem kurz- und mittelfristig konstante Leistungsflüsse gegenüber dem übergeordneten elektrischen Netz auf. Konventionelle Kraftwerke können demzufolge weitgehend nur zur Deckung des Grundlastbedarfs eingesetzt werden.

Der dezentrale Speicher wird über einen sogenannten selbstgeführten Wechselrichter an das elektrische Netz angeschlossen. Dieser kann im elektrischen Vier-Quadranten-Betrieb arbeiten, so dass er in der Lage ist, Wirk- und Blindleistung unabhängig voneinander zu liefern bzw. aufzunehmen (Elektronische Synchronmaschine). Das Speichersystem wird mit einer Netzspannungsregelung betrieben. Die Ausgangsspannung des Wechselrichters wird so eingestellt, dass eine Spannungsdifferenz zu der zu regelnden Netzspannung entsteht. Diese bestimmt den zur Konstanthaltung der Netzspannung erforderlichen Strom in Betrag und Phasenlage und somit die abgegebene bzw. aufgenommene Blind- und Wirkleistung. Durch die dynamische Blind- und Wirkleistungskompensation mit Hilfe der elektronischen Synchronmaschine wird eine dezentrale Netzstützung bzw. Energiekonditionierung erreicht.

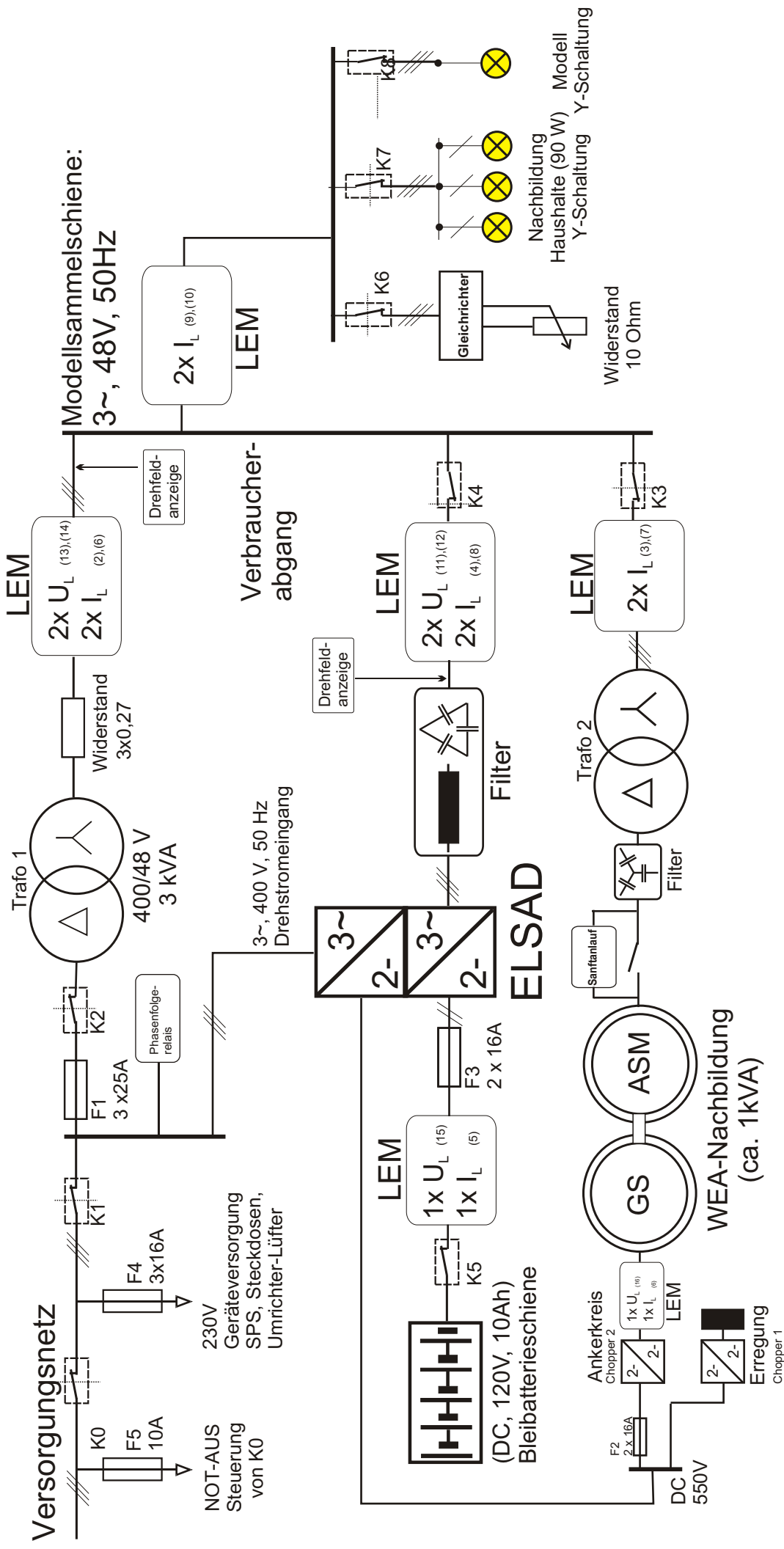
Summary:

With the integration of renewable sources of energy into weak or isolated networks, a cut of the power-quality often occurs at the PCC (point of common coupling). The causes for this lies in case of the wind-energy offer, supply system disturbance through current harmonics, closing operations, tower effects and reactive-power demand of the wind-energy installations. The short-term power fluctuation can be compensated by the utilisation of a dynamic store system, which are coupled to the net over a self-commutated inverter. The self-commutate inverter can generate in the four-quadrant mode and deliver or absorb active and reactive power independently from each other. Hereby the short-time storage system fulfils all requirements of a network control.

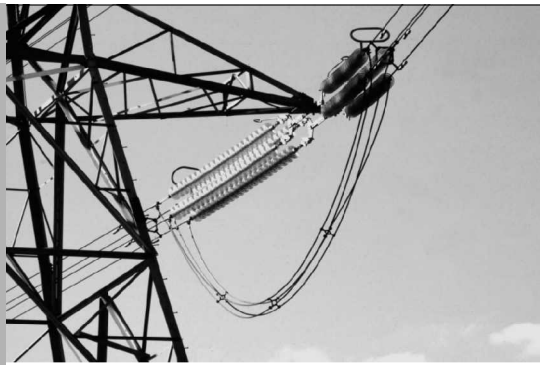
Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck

Dr.-Ing. C. Sourkounis

Dr.-Ing. J. Wenske



Principalschaltbild für Messwandler und Verkabelung



HbE – Handbuch Energiemanagement Wirtschaft – Recht – Technik

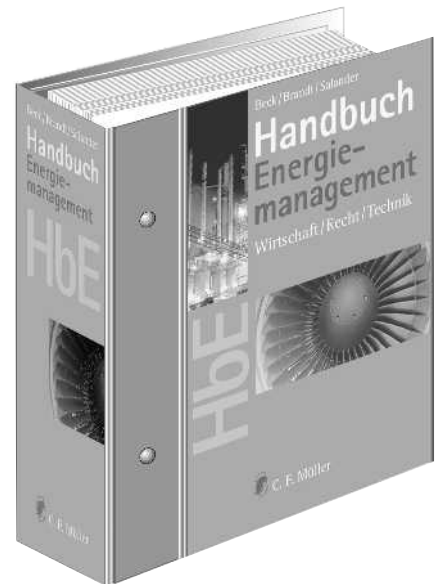
Zum Inhalt:

Die Ware Energie ist heiß umkämpft, Nachfrage- und Angebotsstrukturen werden zur Zeit neu definiert. Das Werk deckt dieses Themenspektrum sowohl in der Tiefe als auch in der Breite ab. Zahlreiche fachkompetente Autoren bringen naturwissenschaftliche, ingenieurwissenschaftliche, rechts- und sozialwissenschaftliche Elemente ein. Das Werk erhebt somit wissenschaftlichen Anspruch, geht aber unmittelbar auf die Bedürfnisse in der Praxis ein. Es wendet sich an Energieerzeuger und Energienutzer in allen Bereichen der Wirtschaft und Industrie, speziell an Energieversorgungsunternehmen, Beratende Ingenieure, Kommunale Unternehmen, Behörden, Stadt- und Gemeindeverwaltungen, Hochschulen und Forschungsinstitute.

Das Werk besteht aus Beiträgen zu den Themen:

- Energieressourcen
- Rahmenbedingungen für den Umgang mit Energie
- Energiepolitik
- Energiewirtschaft
- Energierrecht
- Energieveredelung
- Energieverteilung und -speicherung
- Energieanwendung
- Energiemanagement und -planung
- Energieinformatik.

Außerdem enthält das Werk die rechtlichen Grundlagen in Form von Vorschriften, Rechtsprechung und Arbeitshilfen bzw. Materialien, die zukünftig jeweils auf den neuesten Stand gebracht werden.



Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck,
Prorektor und Institutsdirektor,
Technische Universität Clausthal,
Prof. Dr. jur. Dipl.-Pol. Edmund Brandt,
Universität Lüneburg, und
Prof. Dr. rer. nat. Carsten Salander,
Technische Universität Clausthal.
Ca. 1.000 Seiten. Loseblattwerk in
einem Ordner.
DM 184,- öS 1.343,- sFr 163,50
Das Werk wird mit regelmäßigen
Ergänzungslieferungen kontinuierlich
weiterentwickelt.
ISBN 3-8114-2841-1

BESTELLCOUPON – Bitte bestellen Sie bei Ihrem Buchhändler oder über Fax 06221/489-450



Expl. Beck/Brandt/Salander,
Handbuch Energiemanagement
Loseblattausgabe in einem Ordner.
Ca. 1.000 Seiten. DM 184,-.
ISBN 3-8114-2841-1

Mein Rückgaberecht für das Loseblattwerk und die Ergänzungslieferungen:
Ich bestelle ohne Risiko. Ich werde das Werk drei Wochen prüfen. Wenn es mir nicht gefällt, kann ich es Ihnen innerhalb dieser Frist ohne Angabe von Gründen zurückschicken. Nur wenn ich das Werk behalte, wird die beiliegende Ansichtsrechnung fällig. Um die Aktualisierung meines Werkes brauche ich mich nicht zu kümmern: Ich erhalte automatisch und ohne Kaufverpflichtung regelmäßige Ergänzungslieferungen zum jeweils gültigen Seitenpreis. Ich kann die Belieferung jederzeit beenden, indem ich Sie benachrichtige oder eine Lieferung an den Verlag (Hüthig GmbH, Im Weiher 10, 69121 Heidelberg) oder meine Buchhandlung zurückschicke.

Name/Vorname

Straße/Postfach

PLZ/Ort

Datum / Unterschrift

Datum / 2. Unterschrift



C.F. Müller

Hüthig

Hüthig Fachverlage, Postfach 10 28 69, D-69018 Heidelberg
Tel 06221/489-555, Fax 06221/489-450, www.huethig.de

60706009

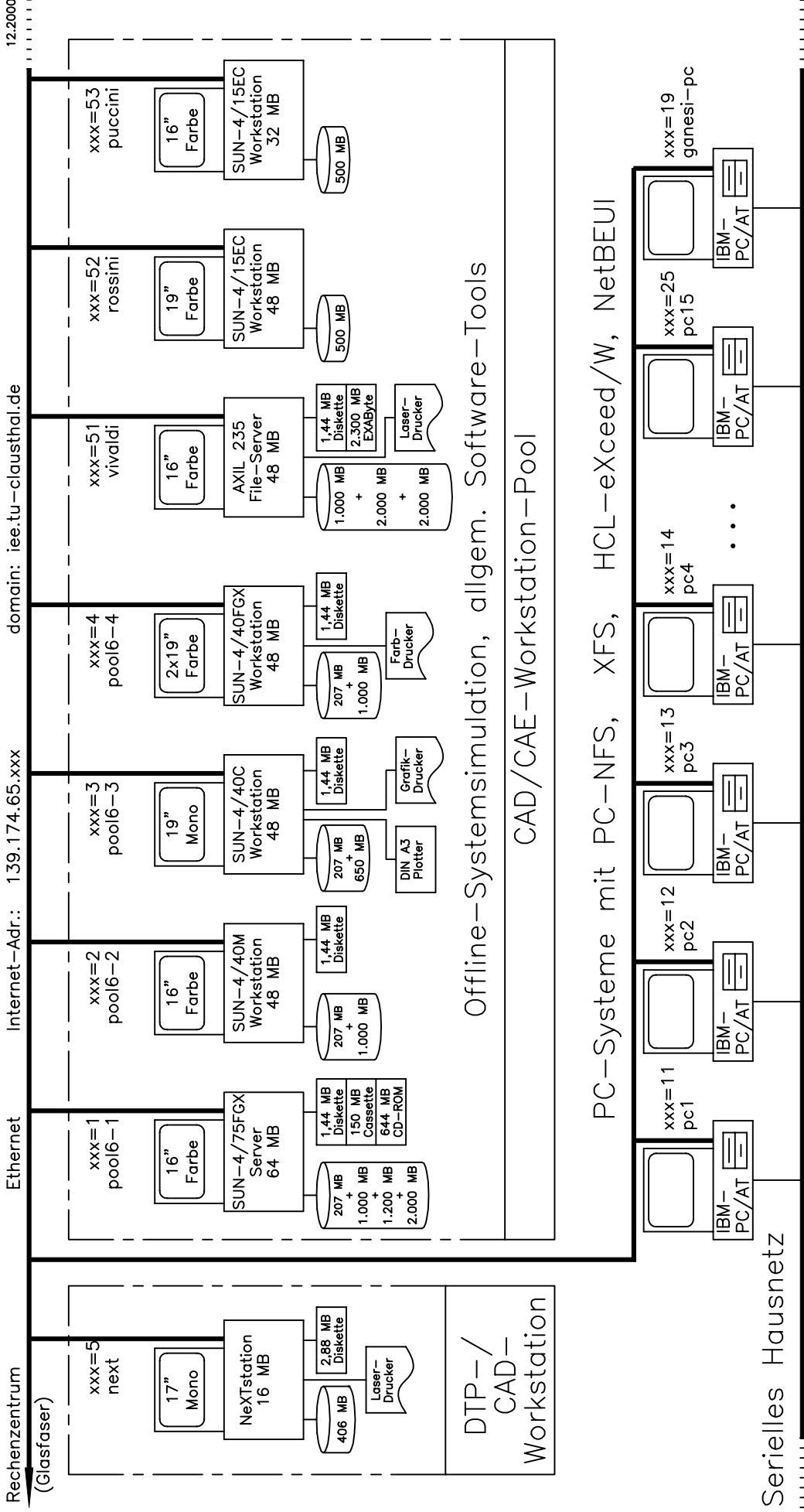
Ressourcen des Institutes

* Verfügbare Gebäudefläche	1670 m ²
– Bürofläche	826 m ²
– Labor-/Prüffeldfläche	794 m ²
– Drittmittelhalle Tannenhöhe	100m ²
* Mitarbeiter	
– wissenschaftliches Personal	13
– techn.-/Verwaltungsangestellte	12
– Lehrbeauftragte / Gastwissenschaftler	9 / 1
– Wissenschaftliche Hilfskräfte	24
– externe Doktoranden	5
	<hr/>
	64
* Prüffeld mit	
– Maschinen-/Antriebslabor	
– Energieelektroniklabor	
– Hochspannungs-/Energieanlagenlabor	
– Prüfstände für Walzwerks-, Bahn- / Schredder-Antriebe mit I/U/D-Umrichtern, Umkehrstromrichtern	
– Batterie-Prüfstand mit Impulslade / -entladegerät und Impulserzeugungsspektrometer	
– Modell einer Energiekonditionierungsanlage (3kVA)	
– Systemprüffeld Schwungradspeicher für Nahverkehrstriebfahrzeuge (Lirex)	
– Batterie-Prüfstand mit Impulslade-/entladegerät und Impedanzspektrometer	

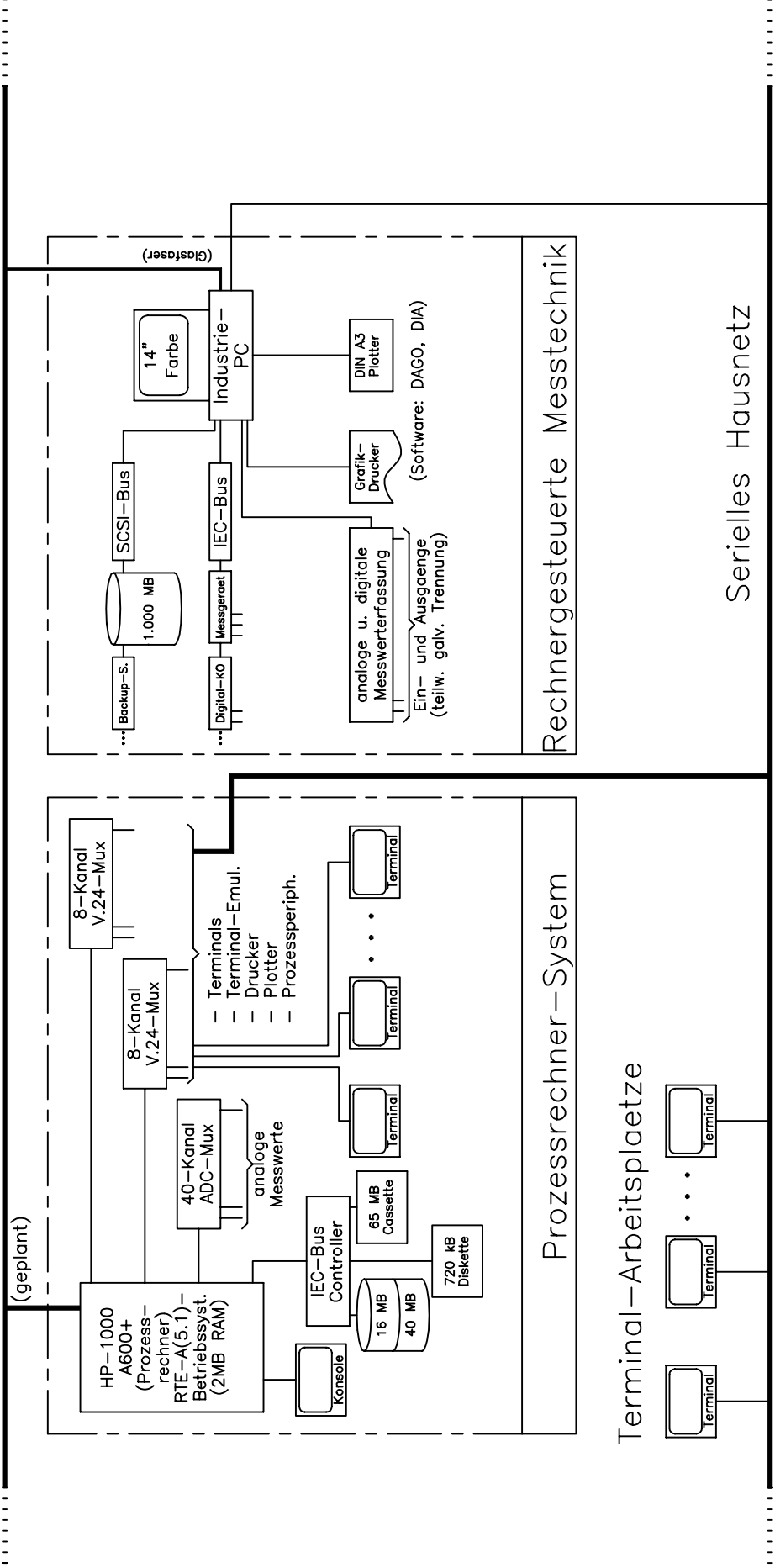
- * Energiekonditionierungsanlage (60 kVA, AMOEVES)
- * Mechanik-/Elektrotechnik-/Elektronikwerkstatt
- * Prozeßrechner-/Simulationstechniklabor: Windows – NT – Workstations,
UNIX – Workstations, Digitale Signalprozessor - Einschübe
- * NETASIM, MATLAB-Simulink, Saber für Workstationanwendung und
PC-Anwendung



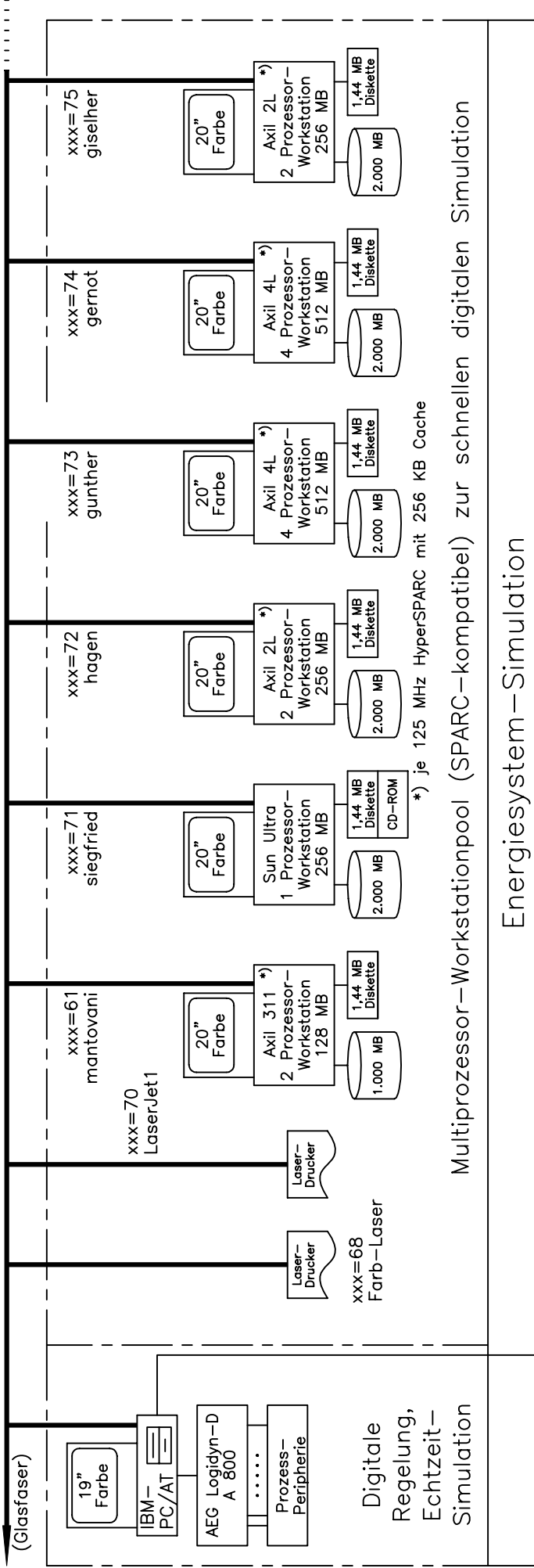
12.2000



UNIX-Workstations zur Offline-Simulation und Dokumentation

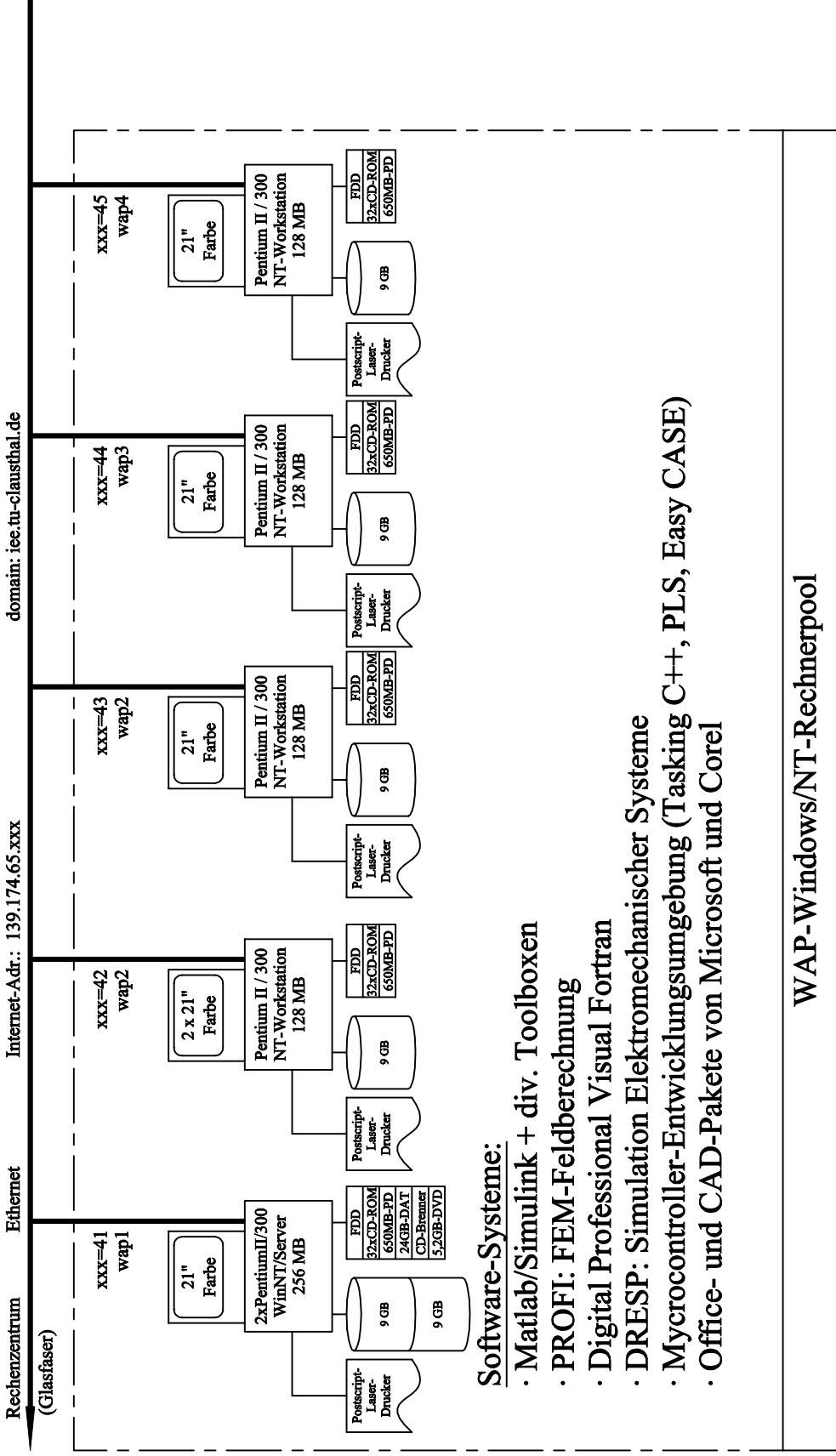


Recherausstattung zur Messtechnik im Prueffeld



Serielles Hausnetz

Recherausstattung zur Simulation von Energiesystemen



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

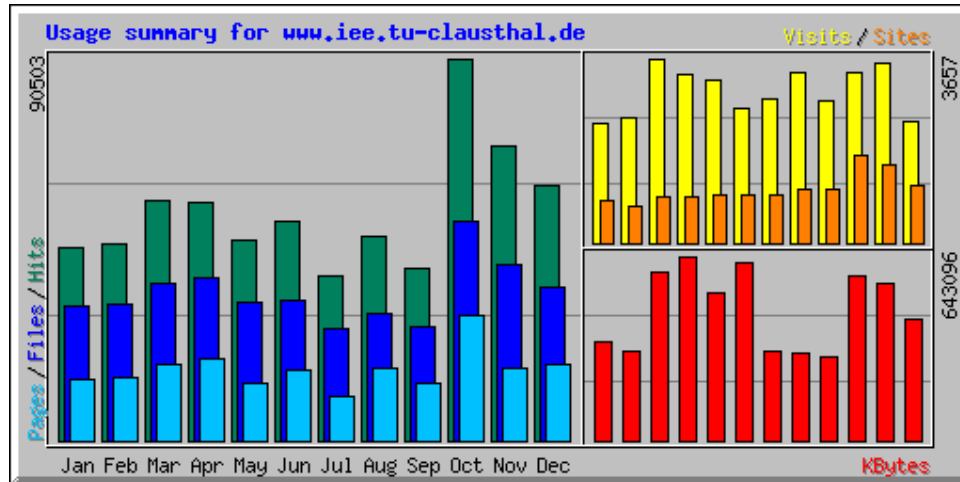
WAP-Windows/NT-Rechnerpool

Windows/NT-Workstations als wissenschaftliche Arbeitsplatzrechner



Usage Statistics for [http:// www.iee.tu-clausthal.de](http://www.iee.tu-clausthal.de)

Summary Period: Last 12 Months
Generated 02-Jan-2001 00:00 MET



Summary by Month										
Month	Daily Avg				Monthly Totals					
	Hits	Files	Pages	Visits	Sites	KBytes	Visits	Pages	Files	Hits
Dec 2000	1949	1171	575	77	1123	421577	2398	17846	36319	60446
Nov 2000	2330	1394	573	119	1552	546928	3579	17216	41849	69918
Oct 2000	2919	1669	961	108	1720	574067	3363	29813	51761	90503
Sep 2000	1352	904	451	93	1045	289232	2799	13530	27123	40579
Aug 2000	1564	973	548	109	1066	306281	3379	17015	30171	48510
Jul 2000	1261	853	336	92	949	309916	2855	10442	26456	39121
Jun 2000	1731	1112	556	88	947	621518	2667	16681	33362	51932
May 2000	1525	1058	439	103	957	518015	3212	13616	32822	47298
Apr 2000	1881	1278	639	111	900	643096	3330	19190	38363	56437
Mar 2000	1829	1204	576	117	926	584467	3657	17868	37342	56707
Feb 2000	1608	1115	513	85	737	309029	2476	14878	32347	46651
Jan 2000	1580	1092	499	82	822	345025	2386	14476	31670	45839
Totals					5469152	36101	202571	419585	653941	

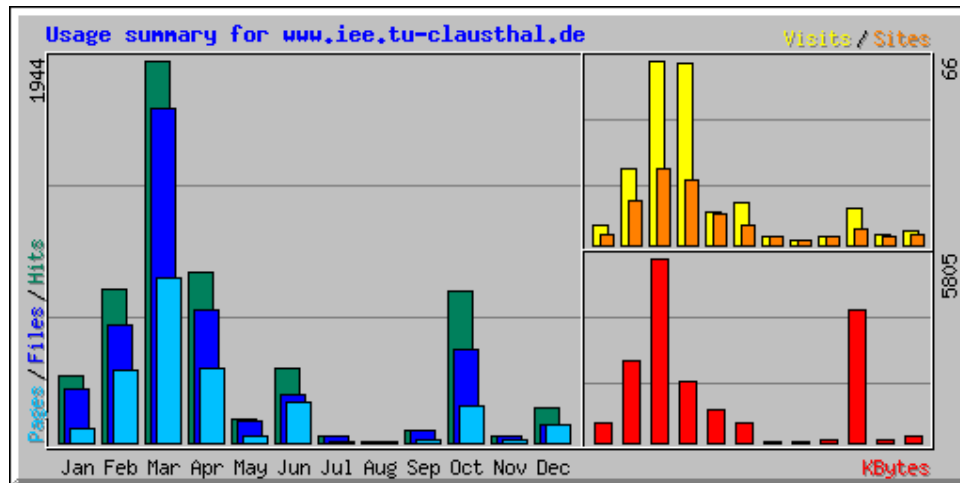
Generated by [Webalizer Version 2.01](#)

Ausführliche Statistik unter <http://www.iee.tu-clausthal.de/Intern/Statistik/2000/http/>



Usage Statistics for [https:// www.iee.tu-clausthal.de](https://www.iee.tu-clausthal.de)

Summary Period: Last 12 Months
Generated 02-Jan-2001 00:14 MET

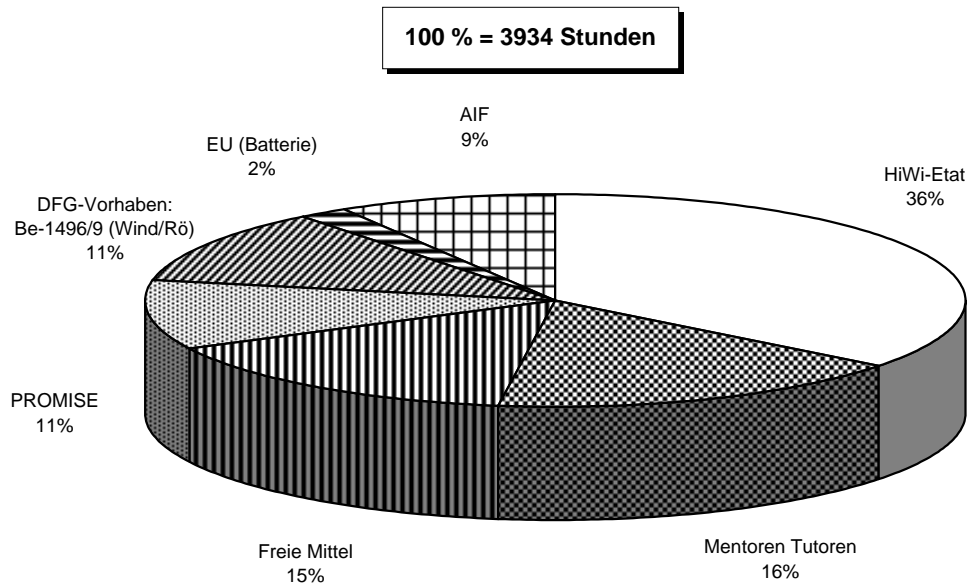


Summary by Month										
Month	Daily Avg				Monthly Totals					
	Hits	Files	Pages	Visits	Sites	KBytes	Visits	Pages	Files	Hits
Dec 2000	6	3	3	0	4	198	5	89	94	178
Nov 2000	2	1	0	0	3	69	4	11	35	38
Oct 2000	40	25	9	0	6	4164	13	184	477	767
Sep 2000	2	2	0	0	3	116	3	16	61	63
Aug 2000	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3
Jul 2000	1	1	0	0	3	47	3	9	29	31
Jun 2000	34	21	19	1	7	645	15	210	241	383
May 2000	5	4	1	0	11	1008	12	31	107	117
Apr 2000	32	24	13	2	23	1910	65	375	671	871
Mar 2000	62	54	26	2	27	5805	66	834	1700	1944
Feb 2000	27	21	13	0	16	2597	27	373	602	782
Jan 2000	18	15	4	0	4	649	7	73	273	341
Totals						17210	222	2208	4293	5518

Generated by [Webalizer Version 2.01](#)

Ausführliche Statistik unter <http://www.iee.tu-clausthal.de/Intern/Statistik/2000/https/>

Mittel für studentische Hilfskräfte in 2000



Einsatz studentischer Hilfskräfte 2000

