



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

JAHRESBERICHT

DES

**INSTITUTS FÜR ELEKTRISCHE ANLAGEN
UND ENERGIEWIRTSCHAFT**

2001

Herausgegeben vom:

Institut für Elektrische Anlagen
und Energiewirtschaft
Technische Universität Wien

Gußhausstraße 25/373
A-1040 Wien

Telefon: 0043-1-588 01/37301
Telefax: 0043-1-588 01/37399

Redaktion: A.o.Univ.Prof. Dr. H. Müller

Vorwort

Sehr geehrte Freunde unseres Instituts,

wie jedes Jahr übermitteln wir Ihnen den Jahresbericht unseres Instituts.

Wie Sie dem Titelblatt entnehmen können, ist seit 1. Januar 2001 die Bezeichnung „Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft“. Bereits seit 1996 besteht eine sehr enge und erfolgreiche Kooperation zwischen den beiden vormaligen Instituten, die auch in Personalunion vom jetzigen Vorstand geführt wurden. Die Zusammenarbeit zwischen „Technik“ und „Wirtschaft“ hat sich für beide Seiten als sehr wertvoll erwiesen und ist aus der Sicht der Forschung und Lehre sehr sinnvoll. Sie gibt unseren Absolventen außerordentlich gute Berufsmöglichkeiten, wie die vielen Anfragen zeigen.

Wir werden im Jahr 2002 die Professur für Energiewirtschaft neu besetzen können und damit dieses wichtige Arbeitsgebiet weiter stärken.

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts liegen derzeit im Bereich „Dezentrale Energiesysteme“, „Regenerative Energieerzeugung und deren Netzanbindung“, „Potentiale der regenerativen Energiequellen“, „CO₂-Minderungsmaßnahmen und Zertifikathandel“ und „Sicherheit der Energieversorgung nach der Deregulierung“.

Wir trauern um Frau Chladek, langjährige Mitarbeiterin im Bereich Schalterbau, die uns nach langer schwerer Krankheit verlassen hat.

Wir möchten uns bei den Energieversorgern, den Verbänden, Ministerien und der energietechnischen Industrie für die gute Zusammenarbeit und die interessanten Forschungsaufträge bedanken.

Nachträglich wünsche ich Ihnen auch im Namen der Mitarbeiter des Instituts ein erfolgreiches Neues Jahr

Ihr

Wien, im Januar 2002

o.Univ.Prof. Dr. Günther Brauner

INHALT

	Seite
1. Personalverzeichnis	1
2. Lehrbetrieb	4
3. Diplomarbeiten	16
4. Dissertationen	17
5. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	18
6. Forschungsförderung und Projekte	54
7. Forschungsberichte	56
8. Veröffentlichungen	57
9. Vorträge	62
10. Veranstaltungen/Seminare	66
11. Mitwirkung in Fachgremien	67
12. Einrichtungen des Instituts	68

1. Personalverzeichnis

58801-DW

Vorstand	Brauner Günther, o.Univ.Prof. Dr.-Ing. E-Mail: g.brauner@tuwien.ac.at	37310
----------	---	-------

Bereich Anlagen

Stellvertreter	Hadrian Wolfgang, Ao.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: wolfgang.hadrian@tuwien.ac.at	37315
----------------	--	-------

Sekretariat	Gam Sabine E-Mail: s.gam@tuwien.ac.at Frey Christine E-Mail: office@esb735.tuwien.ac.at	37301 37302
-------------	--	----------------

Ao.Univ.Prof.	Müller Herbert, Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: h.mueller+e373@tuwien.ac.at Theil Gerhard, Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: gerhard.theil@tuwien.ac.at	37319 37317
---------------	---	----------------

Univ.Ass.	Berger Karl, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: kb@esb735.tuwien.ac.at Berger Manfred, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: m.berger+e373@tuwien.ac.at Hammerschmidt Martin, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: mh@esb735.tuwien.ac.at Raschbacher Franz, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: f.raschbacher@tuwien.ac.at	37323 37311 37326
-----------	--	-------------------------

wissenschaftl. Mitarbeiter	Geßl Bernhard, Dipl.-Ing. E-Mail: bg@esb735.tuwien.ac.at Laier Andreas, Dipl.-Ing. E-Mail: andreas.laier+e373@tuwien.ac.at Mair Martin, Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: martin.mair+e373@tuwien.ac.at Neuhaus Alexander, Dipl.-Ing. E-Mail: an@esb735.tuwien.ac.at Pöppl Georg, Dipl.-Ing. E-Mail: g.poepppl@tuwien.ac.at	37349 37335 37332 37326 37318
-------------------------------	--	---

allgem.Univ.Bed.	Besau Franz	37346
	Jobst Rainer	37339
	Smolnik Karl, Fachob.Insp.	37338
Freie Mitarbeiter	Chladek Eva (verstorben Dez. 2001)	
Zugeteilt dem Institut:	Fickert Lothar, O.Univ.Prof. Dr.techn.	37301
	Fröhlich Klaus, Dr.techn.	37302
	Michal Roland, Univ.Doiz. Dr.techn.	37302
	Moraw Günter, Univ.Doiz. Dr.techn.	37301
	Rieder Werner, em.o.Univ.Prof. Dr.phil.	37322
	Stimmer Herbert, em.o.Univ.Prof. Dr.techn. Dr.h.c.	37316
Lehrauftrag am Institut:	Gös Reinhard, Univ.Lektor Dr.techn.	
	Hofbauer Franz, Univ.Lektor Dr.techn.	
	Irsigler Manfred, Univ.Lektor Hofrat Dipl.-Ing.	
	Kapfer Ernst, Univ.Lektor Hofrat Dipl.-Ing.	
	Widl Wolfgang, Univ.Lektor Dr.techn.	

Bereich Energiewirtschaft

Stellvertreter	Haas Reinhard , Ao.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: haas@risc.iew.tuwien.ac.at	37352
Sekretariat	Frey Christine E-Mail: frey@risc.iew.tuwien.ac.at	37303
Univ.Ass.	Auer Hans Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: auer@risc.iew.tuwien.ac.at	37357
wissenschaftl. Mitarbeiter	Berger Martin Dipl.-Ing. E-Mail: berger@risc.iew.tuwien.ac.at	37351
	Biermayr Peter Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: biermayr@risc.iew.tuwien.ac.at	37358
	Faber Thomas Dipl.-Ing. E-Mail: biermayr@risc.iew.tuwien.ac.at	37359
	Huber Claus Dipl.-Ing. Dr. techn. E-Mail: huber@risc.iew.tuwien.ac.at	37360
	Keseric Nenad E-Mail: Keseric@risc.iew.tuwien.ac.at	37356
	Kranzl Lukas Dipl.-Ing. E-Mail: kranzl@risc.iew.tuwien.ac.at	37351
	Resch Gustav Dipl.-Ing. E-Mail: resch@risc.iew.tuwien.ac.at	37354
	Schriebl Ernst Dipl.-Ing. E-Mail: schriebl@risc.iew.tuwien.ac.at	37356
	Stadler Michael Dipl.-Ing. E-Mail: stadler@risc.iew.tuwien.ac.at	37355
Zugeteilt dem Institut:	Faninger Gerhard , Ao.Univ.Prof. Dr.mont.	37303
	Friedrich Kurt , Univ.Do. Ao.Univ.Prof. Dr.jur	37303
	Harhammer Peter , Hon.Prof. Dr.techn.	37356
	Infanger Gerd , Univ.Do. Dr.techn.	37303
	Stigler Heinrich Mag.rer.soc.oec., Univ.Prof. Dr.	37303
	Wirl Franz , Univ.Do. Ass.Prof. Dr.techn.	37303
Lehrauftrag am Institut:	Birol Fatih , Dr.techn.	37303
	Huber Claus , Dr.techn.	37360

2. Lehrbetrieb

Bereich Anlagen

Pflichtlehrveranstaltungen für Studiengang "Energie- und Antriebstechnik"

Kraft- und Umspannwerke

5. Semester, 2 VO

Brauner, G.

Energiewirtschaftliche Grundlagen, Solarkraftwerke, Windkraftanlagen, Hoch-, Mittel- und Niederdruck Wasserkraftwerke, Dampfkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, GUD-Kraftwerke, Kernkraftwerke, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken, Eigenbedarf von Kraftwerken, Aufbau von Schaltanlagen und Einsatz für Netzleitungsarbeiten.

Energieübertragung und -verteilung

6. Semester, 3 VO

Brauner, G.

Aufgaben der elektrischen Energieübertragung, Leitungen und Kabel, Transformatoren, symmetrische Komponenten, Fehler, Lastfluß, Kurzschlußrechnung, Stabilität, Schutztechnik, Netzurückwirkung: Oberschwingungen und Flicker, Elektromagnetische Beeinflussung, Überspannungen und Isolationskoordination.

Übungen aus Kraft- u. Umspannwerke

7. Semester, 1,5 UE

**Theil, Müller, Hammerschmidt,
Berger M., Raschbacher**

Zum Stoff der Vorlesung "Kraft- und Umspannwerke" werden detaillierte Berechnungsgrundlagen erläutert sowie Rechenbeispiele vorgerechnet. Inhalt: Solarkraftwerke, thermische Kraftwerke, Wasserkraftwerke, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken, Kraftwerksregelung und Netzregelung, Zuverlässigkeit in Kraftwerken, Entstickung und Entschwefelung. Lehrziel: Verstehen der Energieumwandlungsprinzipien, Berechnung von Wirkungsgraden, Analyse von Kraftwerksprozessen, Bewerten der Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung, Verstehen der Zuverlässigkeit.

Übungen aus Energieübertragung und -verteilung

8. Semester, 2 UE

**Müller, Hadrian, Theil, Berger M.,
Raschbacher**

Zur Vorlesung "Energieübertragung und -verteilung" werden Rechenverfahren erläutert und Rechenbeispiele aus folgenden Gebieten vorgerechnet: Leitungskonstante, Lange Leitung (mit Spannungshaltung und Kompensation), elektromagnetische Beeinflussung, Lastfluß- und Kurzschlußberechnung, mechanische und thermische Kurzschlußwirkungen, transiente Stabilität, Netzurückwirkungen.

Laborübungen aus Elektrische Anlagen E-A
9. Semester, 3 LU

**Müller, Hadrian, Theil, Berger M.,
Hammerschmidt, Raschbacher**

Die Laborübungen sollen den Stoff der Vorlesungen Kraft- u. Umspannwerke und Energieübertragung und -verteilung durch praktische Übungen vertiefen. Folgende Übungen sind vorgesehen:

Erdschluß in Drehstromnetzen
Messungen an Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen
Wirk- und Blindleistungsregelung
Lange Leitung und Kompensation
Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme
EMV-Übung 1 Schutz gegen Überspannungen
EMV-Übung 2 Induktive Beeinflussung
Netzurückwirkungen

Hochspannungstechnik

2 VO

Brauner, G.

Überblicksmäßiges Kennen der physikalischen Phänomene in Isoliersystemen und der Isolationskoordination. Beschreiben prinzipieller Arten von Isolieranordnungen (Luftisolation, Flüssigkeitsisoliersysteme, Mischisoliersysteme, Festkörperisoliersysteme und Druckgasisoliersysteme). Komponenten der Energieübertragung und Verteilung kennen. Wissen, wie deren Funktion überprüft werden kann (Spannungsformen, Erzeugung und Messung hoher Spannungen, Prüfprozeduren).

Elektrische Schaltgeräte

2 VO

Widl, W.

Systematik und physikalische Grundlagen (Kontakt, Schaltlichtbogen, Kontaktwerkstoffe) der Schaltgeräte. Funktionen und Bauformen der Schaltgeräte wie: Hilfsstromschalter (Taster, Relais, Mikroschalter, Paketschalter), Verbraucherschalter (Schütze, Schutzschalter, Anlasser, Nockenschalter), Netzschalter (Trafo-Stufenschalter, Trennschalter, Lastschalter, Leistungsschalter), Sicherungen und Überspannungsableiter.

Labor Hochspannungstechnik

2 LU

Hammerschmidt, M.

Prüfung eines Mittelspannungs-Vakuumschalters in einem synthetischen Prüfkreis, computerunterstützte Dimensionierung der Prüfkreisbauelemente. Erzeugung hoher Wechselspannung, Einsatz verschiedener Teilentladungsmeßsysteme. Prüfung der dielektrischen Festigkeit eines Freiluft-Trennschalters mit hoher Wechselspannung und Stoßspannung. Computerunterstützte Dimensionierung der Hauptabmessungen sowie numerische Feldberechnung für eine SF6-Luft Durchführung, praktische Prüfung der Spannungsfestigkeit mit voller und abgeschnittener Stoßspannung.

Pflichtlehrveranstaltungen für Studiengang "Automatisierungs- und Regelungstechnik"

Elektrische Anlagen für Regelungstechniker

Brauner, G.

6. Semester, 1,5 VO

Energiewirtschaftliche Grundlagen, Prinzipien der Energieumwandlung: Solar-, Wind-, Wasser-, Dampfkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, Kraftwerks- und Netzregelung, Leitungen und Kabel, Kurz- und Erdschlüsse, Schutztechnik, Schaltanlagen, Netzurückwirkungen industrieller Anlagen: Oberschwingungen, Spannungsänderungen, Flicker, Bewertung von Netzurückwirkungen, Maßnahmen zur Beherrschung von Netzurückwirkungen.

**Übungen aus Elektrische Anlagen für
Regelungstechniker**

**Hadrian, Müller, Theil, Berger M.,
Hammerschmidt, Raschbacher**

7. Semester, 1 UE

Zur Vorlesung "Elektrische Anlagen" werden die Rechenverfahren erläutert und Rechenbeispiele aus folgenden Gebieten vorgerechnet: Solarkraftwerke, Windkraftwerke, Wasserkraftwerke und thermische Kraftwerke, Kraftwerksregelung und Netzregelung, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken und Netzen, Nennwerte von Leitungen und Kabeln, Spannungsberechnung und Kompensation, Kurzschlußrechnung, Netzurückwirkungen: Oberschwingungen und Flicker, elektromagnetische Beeinflussung. Lehrziel: Berechnen einfacher Energieumwandlungsprozesse, Berechnen der Umweltauswirkungen CO², Schwefel, Stickoxyde, Bestimmung der Kosten der Energieerzeugung und wirtschaftliche Auslegung der Bedarfsdeckung, Auslegung von Netzen unter Berücksichtigung von Netzurückwirkungen, Berechnung von EMV-Problemen und Bewerten von Abhilfemaßnahmen.

**Laborübungen aus Elektrische Maschinen
und Anlagen E-B**

Rummich, E.

parallel mit **Hadrian, Raschbacher**

9. Semester, 2 LU

Diese Laborübungen finden gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Maschinen statt. Sie sollen den Stoff der Vorlesungen "Betrieb elektrischer Maschinen" und "Elektrische Anlagen" durch praktische Übungen vertiefen. Neben den Übungen, die vom Institut für Elektrische Maschinen betreut werden, sind seitens des Instituts für Elektrische Anlagen folgende Übungen vorgesehen:

Induktive Beeinflussung
Schutz gegen Überspannungen

**Schaltgeräte und Hochspannungstechnik/
Switching Devices and High Voltage Technol.**
je 1,5 SE

**Rieder, Hadrian, Müller, Theil,
Berger K., Hammerschmidt**

Systematik und physikalische Grundlagen der Schaltgeräte. Anforderungen und Kenngrößen. Funktionen und Bauformen der Schaltgeräte. Physikalische Grundlagen der Hochspannungstechnik. Prüftechnik, technische Isolieranordnungen und Isolationskoordination. Hochspannungskomponenten in Energieübertragung und -verteilung. Elektromagnetische Verträglichkeit.

Pflichtlehrveranstaltungen für alle Studienzweige der Studienrichtung Elektrotechnik

Diplomandenseminare
2 SE

**(Brauner/Rieder/
Hadrian/Müller/Theil)**

Pflichtlehrveranstaltungen für die Studienrichtung Maschinenbau

**Laborübung Elektrotechnik
und Elektronik für MB, VT**

**Rummich, E. parallel mit Raschbacher,
Berger M. 2 LU**

Diese Laborübung findet in Kooperation mit dem Institut für Elektrische Maschinen und Allgemeine Elektrotechnik statt. Vom Institut für Elektrische Anlagen wird der Übungsteil "Grundlegende Messungen der ET" betreut. Im Rahmen der Teilübung soll das Messen von Spannung, Strom, Widerstand und Leistung in Gleich- und Wechselstromkreisen demonstriert werden.

Wahllehrveranstaltungen

EDV-orientierte Projektarbeit für ET
4 AG

**Brauner, Hadrian, Müller, Theil, Haas,
Berger K., Berger M., Hammerschmidt,
Raschbacher, Auer**

Privatissimum für Dissertanten
2 PV

**(Brauner/Rieder//Eltschka/Hadrian/
Müller/Theil)**

Betrieb elektrischer Netze**Brauner, G.**
2 VO

Allgemeine Anforderungen an den Netzbetrieb,

Normalbetrieb: Wirkleistungs-Frequenz-Regelung primär und sekundär, Spannungs-Blindleistungsregelung im Übertragungs- und Verteilnetz.

gestörter Betrieb: Störung der Wirkleistungsbilanz und Unterfrequenz-Lastabwurf, Störung der Blindleistungsbilanz und Spannungszusammenbruch, Netzwiederaufbau.

Sicherheit im Netzbetrieb: Sicherheitsregeln, Schutzklassen, Vorschriften und Gesetze.

wirtschaftlicher Netzbetrieb: Stromgestehungskosten, wirtschaftliche Kraftwerks-, Leitungs- und Transformatorauslegung.

Netzplanung: Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze.

Netzleittechnik: Aufgaben, Struktur, Fernwirksysteme.

Planung von Elektroenergiesystemen

(Seminar mit Übungen am Computer)

Brauner, G. parallel mit
Berger M.
2 SE

Lastmodellierung und Gleichzeitigkeit, Lastflußrechnung und Behandlung von Konvergenzproblemen, Planung von Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen, Schwachstellenanalyse, Blindleistungskompensation, Kurzschlußberechnung, Kurzschlußbegrenzung, Erdung und Erdschlußlöschung, Berechnung großer Energiesysteme und Netzreduktion, Oberschwingungsanalyse in Verteilnetzen, Filterauslegung und rechnerische Überprüfung.

Netzzrückwirkungen**Brauner, G.**
1,5 VO

Spannungsqualität als Beurteilungsmaßstab, Ursachen für Oberschwingungen: Leistungselektronik, Sättigungserscheinungen, Analyse und Simulationsverfahren für Oberschwingungen, Begrenzungsverfahren für Oberschwingungen, Ursachen für Flickererscheinungen: Schweißanlagen, Lichtbogenöfen, Laständerungen; Analyse und Simulation von Flickervorgängen, Begrenzungsmaßnahmen, internationale Vorschriften. Verstehen der Ursachen für Netzzrückwirkungen, Analysieren von periodischen und nichtperiodischen Netzzrückwirkungen, Planen von Begrenzungsmaßnahmen.

Simulationsverfahren der Energietechnik**Brauner, G.**
1,5 VO

Beschreibung dynamischer Vorgänge durch Differentialgleichungen, Verfahrensfehler, numerische Stabilität, Zustandsgleichungen, Startwerte, Simulation transienter Vorgänge, mittelfrequente elektromagnetische Ausgleichsvorgänge, elektromechanische Vorgänge, transiente, oszillatorische und statische Stabilität, Regelvorgänge, Simulation von thermischen und hydraulischen Systemen in der Energietechnik.

Seminar Simulationsverfahren

Brauner, G. parallel mit
Raschbacher
2,0 SE

Übungen mit MATLAB/SIMULINK am PC zur Vorlesung Simulationsverfahren der Energietechnik

Störungen und Schutztechnik in elektrischen Netzen

Fickert, L.
2 VO

Stellung des Schutztechnikers im Betriebsgeschehen (Verantwortung, Analyse und Planung). Netzfehler und Schäden an Anlagen (Ursachen, Auswirkungen, Bedeutung für den Anlagen- und Netzbetrieb). Störungsaufklärung als post mortem Analyse und Werkzeug zur Schwachstellenerkennung (Gerätetechnik, theoretische Grundlagen der schutztechnischen Fehlerberechnung, insbesondere Auswertung von Netzfehlern- und Geräteausfallsstatistiken). Schutzeinrichtungen als Betriebsmittel (Abschalten - Umschalten - Melden - Registrieren), die verschiedenen Funktionsprinzipien von Schutzeinrichtungen (Strom, Spannung, Phasenmessung, abgeleitete Größen) mit Beispielen (Leitungs-, Transformator-, Generator- und Sammelschienenenschutz) und Exkursion.

Hochspannungstechnik unter Nutzung elektronischer Werkzeuge

Gös, R.
2 VO

Elektromagnetische Verträglichkeit

Hadrian, W.
1,5 VO

- Grundlagen und Definitionen, - Praktische Beispiele, - Ohmsche Beeinflussung, - Die Erde als Wechselstromleiter, - Berechnung von Induktivitäten und Gegeninduktivitäten, - Schirmung, - Blitzschutz, - Der nukleare elektromagnetische Puls (NEMP)

Blitzschutz

Hadrian, W.
1,5 VO

Blitze und die mit ihnen verknüpften transienten Felder (engl. LEMP Lightning Electro Magnetic Puls) führen zu starken elektromagnetischen Beeinflussungen am Einschlagsort und über den LEMP auch in der näheren Umgebung. Damit der Blitzschutz zweckmäßig aufgebaut werden kann, müssen die wesentlichen Eigenschaften der Blitze bekannt sein.

- Gewitterentstehung, Blitzphysik, - Blitzparameter und ihre Bedeutung, - äußerer Blitzschutz, - innerer Blitzschutz, - Vorschriftenwesen, - praktische Beispiele

Labor Hochspannungstechnik 2**Berger K., Berger M., Hammerschmidt**
2 LU

Hochspannungserzeugung (Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung) und Hochspannungsphänomene (Entladungsmechanismen, Lichtbogenwanderung). Druckabhängigkeit der Durchschlagsfestigkeit in Gasen (Paschen-Gesetz). Optimierung eines Leistungsschalter-Kontaktsystems am Computer (elektrostatische Feldsimulation), Test des zuvor am Computer simulierten Kontaktstückes. Isolationskoordination an einem Modell einer Schaltstation (Messung an einem Niederspannungsmodell und Computersimulation der transienten Vorgänge bei Blitzstoß).

Planung und Betrieb v. Schaltanlagen**Hofbauer, F.**
1,5 VO

Projektierungsgrundlagen, Anforderungen an Spannungsfestigkeit, Stromtragfähigkeit und Kurzschlußfestigkeit, Auswahlkriterien für die zum Einsatz kommenden elektrischen Betriebsmittel, Grundkonzepte elektrischer Anlagen in Innenräumen und im Freien, fabriksfertige Anlagen, Schutzmaßnahmen, Erdungsanlagen, Kabelverlegung, Sekundäranlagen: Eigenbedarfsversorgung, Schaltwarten, Erzeugung und Verteilung der Antriebsenergeträger, Sonderfälle: Elektromagnetische Verträglichkeit, Instandhaltungsmanagement, CAD im Anlagenbau, die Bedeutung der Internationalen Normung, Anwendung der Systemtechnik bei interdisziplinären Problemen (z.B. Aufbau des österreichischen Blitzortungssystems), aktuelle Fragen des Umweltschutzes (z.B. Lärm, Elektromagnetische Felder, Entstickungsanlagen und Entschwefelungsanlagen).

Grundlagen der elektrischen Bahnen**Irsigler, M.**
1,5 VO

Entwicklungstendenzen des Eisenbahnbetriebes, Aufgabenstellung der elektrischen Traktion, Betriebs-, Strom- und Stromversorgungssysteme, Energiebedarf und Energiewirtschaft elektrischer Bahnen, Dimensionierung der Bahnstromerzeugungs- und -verteilungsanlagen, Systemvergleiche und Grenzleistungsprobleme, Gestaltung der Stromversorgungsanlagen, elektrische Triebfahrzeuge, Betrieb elektrischer Bahnen unter besonderer Berücksichtigung des technischen Arbeitsschutzes, Kostenstruktur im elektrischen Bahnbetrieb.

Projektierung Elektrischer Bahnen**Irsigler, M.**
1 VO

- Vergleich der verfügbaren Bahnstromsysteme bei Vollbahnen (technische, betriebliche und wirtschaftliche Kenngrößen von Gleichstromsystemen, Einphasenwechselstromsystemen 16 2/3 Hz und Wechselstromsystemen mit Industriefrequenz)
- Voraussetzung für Elektrifizierungsprojekte (Streckenbelastungen, Investitionsanteile, traktionsabhängige jährliche Betriebskosten)
- Bereitstellung der Traktionsenergie (Ermittlung des Energie-Leistungsbedarfes; Planung des Bahnstromnetzes, der Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen; Dimensionierung der Anlagen; Kurzzeit - Dauerbelastbarkeit elektrischer Betriebsmittel; Versorgungssicherheit, Verfügbarkeit;

- Schaltung der Unterwerke, des Fahrleitungsnetzes; Schutzmaßnahmen; Betriebsführung; Fehlerortung)
 - Fahrleitungsanlagen (mechanische, elektrische Bemessung)

Grundkonzepte elektrischer Triebfahrzeuge

Kapfer, E.
1 VO

- Einführung: historische Entwicklung, Vorteile der elektrischen Traktion, Elektrifizierungswürdigkeit
- Hochgeschwindigkeitsverkehr
- automatisierter Fahrbetrieb
- Zugförderungsmechanik (fahr-dynamische Grundlagen)
- heutige Ausbildungsmöglichkeiten elektrischer Triebfahrzeuge für Fernbahnen, Nahverkehrssysteme sowie Schmalspur- und Nebenbahnen
- Steuerung elektrischer Triebfahrzeuge
- Wechselstromtriebfahrzeuge
- Gleichstromtriebfahrzeuge
- Mehrsystemtriebfahrzeuge
- Antriebe
- Hilfsbetriebe
- dieselelektrische Triebfahrzeuge

Cost and Quality Management in Switchgear Technology

Michal, R., Widl, W.
2 VO

Definition of cost. Costs versus expenses. Calculation of product costs, presentation and application of a calculation scheme. Limits of calculation schemes, alternative approaches. Development costs. Cost - benefit analysis of development projects. Statistical methods for quality techniques. Model of a factory. Quality in research and development. Quality in purchasing and production. Quality in sales and marketing. Quality management. Legal background of sales and marketing of products.

Rechnermethoden in der elektrischen Energieversorgung

Müller, H.
1,5 VO

"Systemtechnik" (Einleitung). Grundlegende Gebiete aus der Mathematik: Numerische Mathematik, Extremwertaufgaben (Optimierung), Statistik, Graphentheorie. Systemanalyse: Lastfluß-, Kurzschluß-, Stabilitätsberechnung, Zuverlässigkeitsanalyse, Prognose. Einsatz der Verfahren in Betriebsführung und Planung (Hierarchiestufen und systemtechnische Strukturen), Betriebsführung (Protokollierung, Steuer- und Regelaufgaben, State Estimation, Sicherheitsüberwachung, wirtschaftliche Lastverteilung und Fahrplanerstellung), Planung und Unternehmensführung. Datenbanken, Rechnersysteme, Mensch-Maschine(Rechner)-Kommunikation.

**Ausgew. systemtechnische Methoden
der elektrischen Energieversorgung**

Müller, H.
1,5 VO

Kurz- bis mittelfristige Lastprognosen zur Betriebsplanung (Methoden: Zeitreihenanalyse, multiple Regression, Mustererkennung). Höherwertige Betriebsführungs- und -planungsaufgaben, insbesondere: Netzsicherheitsüberwachung und eventuell Zustandskorrektur (Algorithmen: verschiedene, auch rasche/genäherte, numerische Lösungsverfahren für lineare/nichtlineare und auch überbestimmte Gleichungssysteme); Kraftwerkseinsatzoptimierung und wirtschaftliche Lastaufteilung inkl. Optimallastfluß (Methoden: verschiedene Verfahren der linearen und nichtlinearen Optimierung unter Nebenbedingungen)

Physikalische Grundlagen der Schaltgerätetechnik

Rieder, W.
2 VO

Vermittlung spezieller physikalischer Kenntnisse über Phänomene, welche das Funktionieren elektrischer Schaltgeräte wesentlich beeinflussen und für Entwicklung, Prüfung, richtigen Einsatz und Erkennen von Fehlerursachen von Schaltgeräten von praktischer Bedeutung sind. Einführung in die Physik elektrischer Kontakte: Kontaktwiderstand, Kontakterwärmung, Kontaktschweißen, Kontaktabbrand, Kontaktzuverlässigkeit. Kontaktwerkstoffwahl im Hinblick auf Schalterkonstruktion, Schaltaufgaben und Umweltbedingungen. Der Lichtbogen als Schaltelement im Vergleich zum Halbleiter. Grundlagen der Plasmaphysik. Schaltmedien (Luft, Öl, SF 6, Vakuum). Physikalische Grundlagen der Lichtbogenlöschverfahren und synthetischer Prüfverfahren.

Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens

Rieder, W.
1 VO

Ausbildung zu selbständigem technisch-wissenschaftlichen Denken und Arbeiten bei der Durchführung von Diplomarbeiten, Dissertationen, Forschungsprojekten und anspruchsvolleren Ingenieur-Aufgaben in der Industrie. Erkenntnistheoretische Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens. Problemanalyse, Projektplanung und Durchführung. Mündliche und schriftliche Präsentation technisch- wissenschaftlicher Ergebnisse.

Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens

Rieder, W.
1 UE

Praktische Anwendung des in der Vorlesung "Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens" vermittelten Wissens. Vorbereitung auf Durchführung und Präsentation von Diplomarbeiten, Dissertationen, Forschungsprojekten und anspruchsvolleren Ingenieuraufgaben. Praktisches Definieren und Erstellen von Begriffssystemen. Diskussion von Diplomarbeiten-Entwürfen hinsichtlich ihrer Struktur und Präsentation.

**Stationäre Analyseverfahren f. el.
Energienetze**

Theil, G.
1,5 VO

Mathematische Methoden für die Lösung spärlich besetzter linearer Gleichungssysteme, für die Inversion spärlicher Matrizen und für die Lösung von Differentialgleichungssystemen werden behandelt. Danach werden Algorithmen zur Lösung der nichtlinearen Lastflußgleichungen beschrieben (Lastflußrechnung). Nach einem Überblick über Ausfallsimulationsrechnung wird näher auf Estimationstheorie und Lastflußoptimierung eingegangen. Sodann wird ein kurzer Überblick über die grundlegenden Methoden der Kurzschluß- und Stabilitätsrechnung gegeben. Den Abschluß bilden Verfahren zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen für die Verteilung elektrischer Energie. Die Anwendung der wichtigsten hier beschriebenen Methoden wird mit Hilfe von Rechnerprogrammen demonstriert.

Zuverlässigkeit und Statistik i.d. ET

Theil, G.
1,5 VO

Einleitend werden grundlegende statistische Methoden zur Zuverlässigkeitsabschätzung, wie beispielsweise Abschätzung von Dichtefunktionen für Zuverlässigkeitskenngrößen, Kombination der Zuverlässigkeiten von Komponenten zu Zuverlässigkeitsindizes von Systemen, Markov-Prozesse usw., behandelt. Anschließend werden Methoden zur Ermittlung der Zuverlässigkeit von Blockkraftwerkssystemen mit Berücksichtigung der Aushilfe durch ein benachbartes Kraftwerkssystem angegeben. Ein weiteres Kapitel behandelt die Abschätzung der rotierenden Reserve und der optimalen Ausbauplanung von Kraftwerkssystemen. Zuletzt werden Verfahren zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Netzkomponenten und von Netzsystemen unter Berücksichtigung der Belastbarkeit der Komponenten besprochen. Die Verfahren werden durch einfache Beispiele, teilweise aber auch anhand von komplexeren Untersuchungen an realen Systemen, praktisch erläutert.

**Berechnung von Erd- u. Kurzschlüssen
in Hochspannungsnetzen**

Theil, G.
1,5 VO

Überblick über Netzberechnungsmethoden, effiziente Lösungsmethoden für die Kurzschlußberechnung, Modellierung der elektrischen Betriebsmittel in Phasenkomponenten und in den symmetrischen Komponenten, Modellierung symmetrischer und unsymmetrischer Fehler, Netzreduktion für die Kurzschlußberechnung, Beispiele: Einfluß von Querelementen, Einfluß des Nullimpedanzverhältnisses, der Erdschlußkompensation, Auswirkung der Resonanzabstimmung bei unsymmetrischen Netzelementen, Beispiele für unsymmetrische Fehlerarten, Doppelerdschluß.

Freifächer

**Exkursionen zu Anlagen und Betrieben
der elektrischen Energietechnik**

Eltchka, R.
2 EX

Bereich Energiewirtschaft

Energiemodelle u. Energiepol. Analysen

Haas, Auer SE 4,0

Selbständige Analyse und Lösung beispielhafter Probleme der Energiewirtschaft. Kraftwerkseinsatz in liberalisierten Strommärkten, optimale Nutzung erneuerbarer Energieträger, ökonomische Energieverbrauchsanalysen

Programmierpraktikum

Haas, Auer SE 4,0

Lösung eines konkreten Problems der Energiewirtschaft durch Programmieren eines Computermodells

Energy Economics

Haas, Auer SE 4,0

Analysis and discussion of recent problems in Energy Economics; The liberalisation of electricity markets, impact on renewables, emission trading (in English)

Regulierung und Markt in der Energiewirtschaft

Haas VO 1,5

Historische Entwicklungen, Regulierungsarten, Analyse bereits liberalisierter Märkte, Randbedingungen für langfristigen Wettbewerb, Hedging, Stromhandel, Derivatmärkte, Kritische Einschätzung der Restrukturierung

Energiewirtschaft

Haas VO 3,0

Analyse energiewirtschaftlicher und energiepolitischer Probleme, Diskussion von Energiekrisen und Umweltproblemen, Analyse der Verfügbarkeit von erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energieträgern, Bewertung von energiepolitischen Instrumenten und Erarbeitung von Lösungsansätzen

Energiemodelle und Energiepol. Analysen

Haas VO 1,5

Bedeutung der Modellbildung in der Energiewirtschaft, Lineares Programmieren, Dynamic Programming, Ökonometrische Modelle, Zeitreihen- und Querschnittsanalysen, Entwicklung von Szenarien und Prognosen

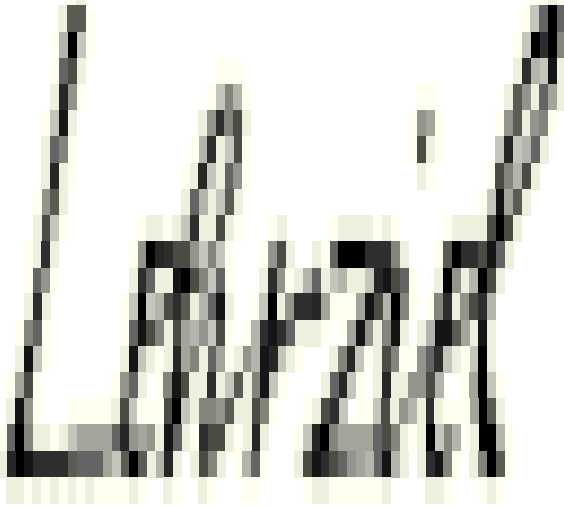
Wirtsch.u.Ökol.Optimier.d.Heizens

Haas VO 2,0

Analyse energetischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte zur optimalen Auslegung von Gebäudehülle und Heizsystemen, Maximierung der Energieeffizienz, optimale Nutzung erneuerbarer Energieträger

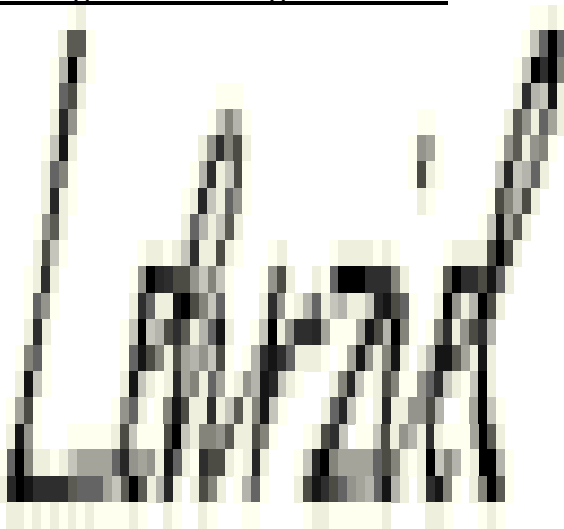
Die globale Energienachfrage/-Angebotssituation**Birol VO 1,5**

Entwicklung des Weltenergiemarktes aus verschiedenen Perspektiven (Brennstoffe, sektoriell, etc.), Energie- und Endverbraucherpreise (OECD, etc.), Zukunftsperspektiven der Energienachfrage nach verschied. Szenarien.

D. wirtschftl. Bedeu. ern. bar. Energ. Träger**Faninger VO**

2,0

Technische Grundlagen und Wirtschaftlichkeitsbewertung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger, Potentialabschätzungen, Diskussion der Zukunftsperspektiven

Rechnergestützte Energiewirtschaft**Harhammer VO**

2,0

Modellierung leitungsgebundener Energiesysteme zur ressourcenoptimalen Planung mit Optimierungs- und Prognosemodellen in liberalisierten Märkten

Umweltschutz in der Energiewirtschaft**Huber VO****1,5**

Umweltpolitische Instrumente und Strategien, Treibhausgasproblematik, Bewertung von Instrumenten zur Erreichung des Kyoto-Ziels (national und international)

Stochast. Optimierung-Planung i.d. Energiewirtschaft**Infanger VO 3,0**

Grundlagen der Optimierung unter Unsicherheit, Theorie der Lösungsalgorithmen großer Systeme, Spezielle Anwendung auf die Kraftwerkseinsatz- bzw. Kraftwerksausbauoptimierung;

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung i.d. EW.**Stigler VO****1,5**

Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung, Kosten-rechnung und Investitionsrechnung, Betriebswirt-schaftliche Instrumente, Buchhaltung, Bilanzierung, Gewinn- und Verlustrechnung;

Elektrizitäts- u. Wasserwirtschaft**Stigler VO****1,5**

Technische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte der Elektrizitätswirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Nutzung der Wasserkraft

Diplomandenseminar**Privatissimum für Dissertanten**

3. Diplomarbeiten (2001 abgeschlossen)

RABER, Christoph: Simulation von Netzzrückwirkungen durch Windparks.

(Betreuer: BRAUNER)

SCHINDLEGGER, Jürgen: EMV von Computerelementen.

(Betreuer: HADRIAN)

TIEFGRABER, Dietmar: Detailanalyse stromstarker, georteter Blitze auf Basis von Daten des österreichischen Blitzortungssystems ALDIS.

(Betreuer: HADRIAN)

GRANZER, Martin: Vergleichende Interpretation von Bewertungskennziffern zur Risikoabschätzung im wettbewerbsorientierten Strommarkt.

(Betreuer: MÜLLER/REITGRUBER, IRM - Integriertes Ressourcen Management AG)

IRSIGLER, Gottfried: Approximation von Systemzustandskurven aus Prozessdaten zur Modellierung von Flusskraftwerken auf einem Prozessrechnersystem.

(Betreuer: MÜLLER/GRUBER, Ennskraft AG)

TAUS, Hans: Historische internationale vergleichende Analyse von Grünen Angeboten in der Elektrizitätswirtschaft.

(Betreuer: MÜLLER/HAAS)

URLESBERGER, Martin: Jahreseinsatzplanung eines hydro-thermischen elektrischen Erzeugungssystems unter stochastischen Einflussgrößen.

(Betreuer: MÜLLER/KALLIAUER, Verbundgesellschaft)

LAIER, Andreas: Auswertung der Störungsdaten der Komponenten von Hochspannungsnetzen 1963-1999.

(Betreuer: THEIL)

BUZANICH, Hannes: Internationale Klimaschutzprojekte Erfahrungen aus der Pilotphase der UNFCCC.

(Betreuer: HAAS)

JOVANOVIC, Stevan: Die Kosten der Stromerzeugung aus Biomasse in Europa

(Betreuer: HAAS)

MÜHLBERGER, Erich: Der Stromverbrauch für die öffentliche Beleuchtung und die Beleuchtung von Haushalten in Wien und Österreich.

(Betreuer: HAAS)

BRANDSTETTER, Friedrich: Klimaschutz auf kommunaler Ebene die Marktgemeinde Pressbaum im Klimabündnis.

(Betreuer: HAAS)

HUBER, Thomas: Reduktion der CO₂-Emissionen durch Einbindung erneuerbarer Energieträger in die elektrische Energieversorgung Österreichs.

(Betreuer: HAAS)

YILMAZ, Aydin: Elektrizitätssektor und Privatisierungsprozesse in der Türkei.

(Betreuer: HAAS)

SKOPETZ, Harald: Einflussfaktoren auf den Heizenergieverbrauch in Österreich.

(Betreuer: HAAS)

STÜTZ, Roman: Dynamische Optimierung der Einspeiseprofile bezüglich des Gewinns unter Berücksichtigung der Ausgleichsenergie Eine Anwendung der Monte Carlo Simulation.

(Betreuer: HAAS)

4. Dissertationen (2001 abgeschlossen)

RUDOLF, Andreas: Optimierte Betriebsplanungsstrategie eines dezentralen Energieversorgers und deren Umsetzung hinsichtlich des Elektrizitätsbinnenmarktes und des Klimabündnisses.

Dissertation an der Technischen Universität Wien, März 2001

Begutachter: Ao.Prof. Dr. H. MÜLLER

o.Prof. Dr. H. STIGLER (Technische Universität Graz)

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Optimierung der Betriebsplanungsstrategie eines dezentralen Energieversorgers im Umfeld des liberalisierten Energiemarktes und unter Berücksichtigung globaler, ökologischer Gesichtspunkte (Klimabündnis). Es werden Strategien sowie Systemlösungen entwickelt, die dem Energieversorger helfen, am Markt zu reüssieren. Für die Bewerkstelligung der umfassenden, operativen Aufgaben wird ein integriertes Betriebsmanagementsystem, welches über Komponenten für Energiemanagement, Handel, Zählermanagement und Abrechnung verfügt, vorgestellt. Das Energiemanagementsystem basiert im wesentlichen auf den Funktionseinheiten Prognose (für Wetter, Erzeugung und Last), Betriebsplanung, Online-Optimierung sowie Erzeugungs- und Lastmanagement. Die Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung eines Energiemanagementsystems und hier im speziellen auf die mittel- und kurzfristige Betriebsplanung. Die Betriebsplanung erfolgt nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten mit dem Ziel der Minimierung der Betriebskosten. Es wird auf Basis der gemischt-ganzzahlig-linearen Programmierung unter Vorgabe der Prognosen der optimale Einsatz der Erzeugungs-, Vertrags- und Speichereinheiten unter Berücksichtigung aller technischen, vertraglichen und ökologischen Randbedingungen sowie einer Risiko- und Reservestrategie bestimmt. Als Anwendungsbeispiel zum Energiemanagementsystem wurden Simulationsrechnungen mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit des Querverbundsystems des untersuchten Energieversorgers nachzuweisen, durchgeführt. In unterschiedlichen Szenarien wurden der Einfluss hoher regenerativer Erzeugung, die Ausrichtung auf den Strommarkt (OTC- und Spot-Geschäfte) sowie der Handel mit Ausgleichsenergie und Emissionszertifikaten betrachtet. Abschließend wird eine Risikomanagement-Strategie für den Energieversorger vorgestellt.

5. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Versorgungssicherheit im liberalisierten Markt – sind neue Rahmenbedingungen erforderlich ?

G. BRAUNER

1. EINLEITUNG

Die Deregulierung hat bei vielen Netzbetreibern zu einer stärkeren Ausrichtung auf Effizienz und Gewinnmaximierung geführt. Am Beispiel von Statnett, dem Übertragungsnetzbetreiber der Nordel ist dies in Abb. 1 dargestellt.

Im Jahr 1991 wurde die Deregulierung in Schweden eingeführt. 1997 kam eine Begrenzung des zulässigen Gewinns der Netzbetreiber hinzu.

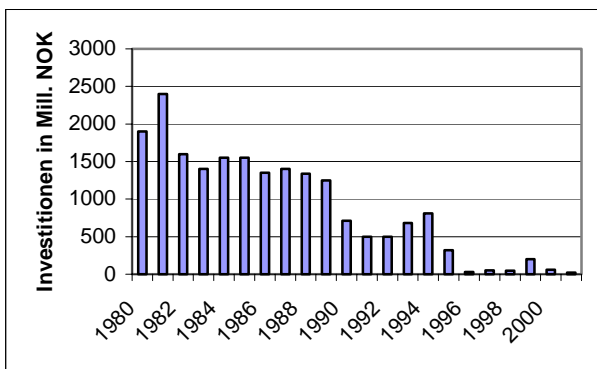


Abb. 1 Investitionen im Nordel-Übertragungsnetz

Ähnliche Entwicklungen sind beim Personalstand zu beobachten. In Österreich wurde bei den Energieversorgern zwischen 1991 und 2001 der Personalstand um 30% von 31.000 auf 21.000 Mitarbeiter reduziert. Ähnliche Tendenzen sind in anderen Ländern zu beobachten z.B. in USA (Abb. 2).

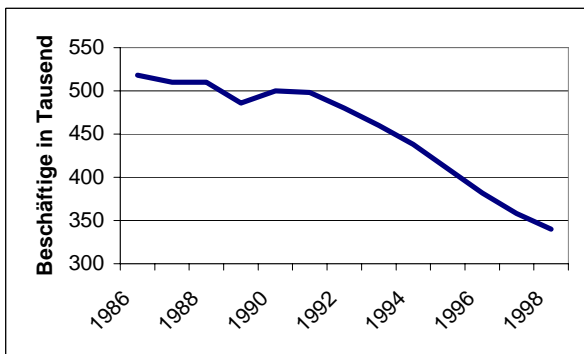


Abb. 2 Entwicklung des EVU-Personalstandes in den USA

Die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Kosteneinsparung sind bei den dynamischen und wettbewerbsorientierten EVU bereits ausgeschöpft. Die meisten EVU sind noch in einer Phase der allmählichen Anpassung an die neuen Rahmenbedingungen, da die Deregulierung in Österreich erst vor zwei Jahren eingeführt wurde. Die erste Phase der Deregulierung ist durch Preisverfall insbesondere bei den Industrie-Strompreisen durch starken Wettbewerb der Erzeuger und einer Senkung der Netztarife durch den Regulator gekennzeichnet. Die Rahmenbedingungen der Deregulierung sind auf Kostensenkung und Effizienzsteigerung ausgerichtet.

Die Versorgungszuverlässigkeit ist derzeit in vielen Ländern nicht spezifiziert und es besteht die Gefahr, dass bei ausschließlicher Betrachtung des „shareholder value“ die Qualität der Versorgung leiden kann. In der zweiten Phase der Deregulierung haben daher einige Länder begonnen, die Versorgungszuverlässigkeit und Spannungsqualität sowie die Kundenfreundlichkeit der EVU zu bewerten und durch finanzielle Anreize eine Qualitätslenkung durchzuführen.

2. Versorgungssicherheit und Kundenbedürfnis

Die Kunden haben in den letzten Jahrzehnten eine größere Sensitivität gegenüber Versorgungsunterbrechungen entwickelt. Die Indices der Versorgungssicherheit sind:

- Unterbrechungshäufigkeit
- Mittlere Unterbrechungsdauer je Ereignis
- Jährliche mittlere Unterbrechungsdauer bezogen auf alle Kunden oder nur die unterbrochenen Kunden
- Zahl der Betroffenen Kunden oder Transformatorstationen je Ereignis

Zur Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit werden international die folgenden Indizes verwendet.

System Average Interruption Frequency Index

$$SAIFI = \frac{\sum (Anz_unterbr_Kunden) \cdot (Anz_Unterbr.)}{Gesamtzahl_Kunden}$$

System Average Interruption Duration Index

$$SAIDI = \frac{(Anz_betr_Kunden) \cdot (Dauer_Unterbr.)}{Gesamtzahl_Kunden}$$

Customer Average Interruption Frequency Index

$$CAIFI = \frac{Anzahl_Unterbrechungen}{Gesamtzahl_betroffener_Kunden}$$

Customer Average Interruption Duration Index

$$CAIDI = \frac{\sum Unterbrechungsdauern}{Gesamtzahl_Unterbrechungen}$$

Average System Availability Index

$$ASAI = \frac{tats\ddot{a}chliche_Systemverf\ddot{u}gbarkeit}{angeforderte_Systemverf\ddot{u}gbarkeit}$$

Average interruption time related to capacity

$$TIEPI = \frac{\sum (unterbrochene_Leistung) \cdot (Dauer_Unterbr.)}{installierte_Leistung}$$

Die Versorgungssicherheit ist in den einzelnen Ländern noch sehr unterschiedlich, wie Abb. 3 zeigt.

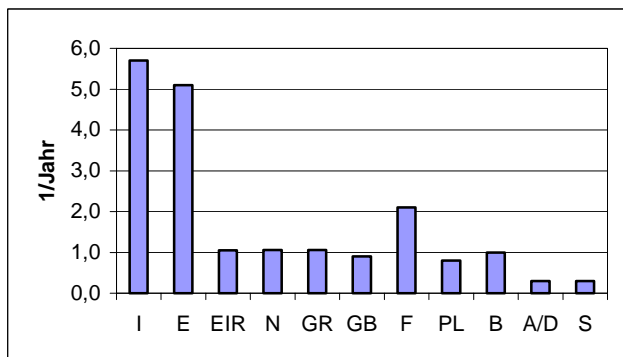


Abb.3 Unterbrechungshäufigkeit in Europa (SAIFI)

3. Internationale Rahmenbedingungen

In einigen Ländern wurden neue Rahmenbedingungen eingeführt, die das Ziel haben, Anreize zur Einhaltung von Mindeststandards in der Versorgungszuverlässigkeit zu setzen. Insbesondere Länder mit unterdurchschnittlichen Zuverlassigkeitsstandards neigen dazu, durch neue Rahmenbedingungen die Mindestqualität anzuheben. Die Richtlinie EN50160 die bisher im Nieder- und Mittelspannungsnetz zur Beurteilung der Versorgungsqualität herangezogen wird, stellt keine garantierten Grenzwerte dar, sondern beschreibt nur die zu erwartenden Qualitätsmerkmale.

In einigen Ländern wurden zunächst SAIDI und SAIFI als Qualitätsstandard definiert und die in die Regulierungsgesetzgebung aufgenommen. Da hier die Unterbrechungshäufigkeit und -dauer auf alle Kunden also auch die nicht betroffenen bezogen werden, ergeben sich relativ günstige Indizes. Die meisten Länder tendieren heute zu den Indizes CAIDI und CAIFI, die nur auf die betroffenen Kunden bezogen sind und daher eine realistischere Bewertung zulassen.

Länder die bereits eine Bewertung der Versorgungssicherheit in die Deregulierung aufgenommen haben sind Argentinien, Italien, Portugal, Spanien und Großbritannien. Argentinien hat bereits finanzielle Anreize zur Bewertung der Sicherheit eingeführt. Italien und Portugal haben damit im Jahr 2001 begonnen. Spanien, England und die Niederlande wollen folgen. In den meisten übrigen Ländern sind keine Festlegungen über die zulässige Zahl der Unterbrechungen und die Unterbrechungsdauer vorhanden.

Argentinien

Ende der 80er Jahre war in Argentinien in der Energieversorgung eine geringe Investitionstätigkeit. Hierdurch häuften sich die Ausfälle. Mit der Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft ab 1992 wurde auch die Versorgungssicherheit aufgenommen. Durch entsprechende Anreizsysteme sind die Erzeugungskapazitäten zwischen 1991 und 1997 um 37% angestiegen. Die einzuhaltenden Qualitätsstandards wurden in der ersten Phase der Liberalisierung bei Konzessionerteilung mit dem Regulator vertraglich vereinbart. Als Indizes wurden der Mittelwert der Unterbrechungshäufigkeit und -dauer (SAIFI, SAIDI) verwendet.

In der zweiten Phase der Regulierung ab 1996 wurden für die Versorgungszuverlässigkeit die mittlere Unterbrechungshäufigkeit und -dauer bezogen nur auf die betroffenen Kunden festgelegt. Die festgelegten Grenzwerte zeigt die Tab. 1.

Tabelle 1 Grenzwerte für die Versorgungssicherheit

Spannungsebene	Unterbrechungshäufigkeit	Gesamtdauer
Hochspannung	6 /a	4 h/a
Mittelspannung	8 /a	6 h/a
Niederspannung	12 /a	12 – 20 h/a

Als Qualitätsstandards werden festgelegt:

- Versorgungszuverlässigkeit (Unterbrechungsdauer und -häufigkeit)
- Spannungsqualität (Einhalten der Betriebsspannung, Harmonische, Flicker)
- Service Qualität (Dauer bis zur Wiederversorgung, Abrechnungsqualitat, Zahl der jährlichen Kundenbeschwerden wegen Unterbrechung)

Bei Unterbrechungen der Versorgung muss der Energieversorger an die betroffenen Kunden eine Rückerstattung für die nicht gelieferte Energie leisten, die bei 1,5 bis 2,8 €/kWh liegt.

Um die Investitionen in die Netze adäquat zur gestiegenen Nachfrage zu halten, wird in einem 10-jährigen

Planungshorizont eine koordinierte Kraftwerks- und Netzplanung vorgenommen. Die in jeder Netzebene erforderliche Übertragungskapazität wird hieraus abgeleitet. Aufgrund von normierten spezifischen Ausbauskosten für jede Spannungsebene können die zusätzlichen Investitionskosten AIC aus den Netzinvestitionskosten $npv(investment_i)$ und den Erforderlichen zusätzlichen Übertragungskapazitäten $npv(\Delta P_i)$ berechnet werden.

$$AIC = \frac{npv(investment_i)}{npv(\Delta P_i)} \quad (1)$$

Durch die Regulierung der Qualität und koordinierte Planung der Kraftwerks- und Netzreserve ist die Unterbrechungsrate und -dauer auf etwa 40 % der Werte vor der Regulierung verbessert worden.

Italien

Italien hat eine monolithische Versorgungsstruktur, bei der das Staatsunternehmen ENEL 93,7% aller Kunden versorgt. Seit 2001 wurden Qualitätskriterien in die Regulierung aufgenommen. Die Netzbetreiber müssen ein PQ-Monitoring System zur Aufzeichnung von Unterbrechungen in ihrem Versorgungsgebiet einsetzen. In den nächsten 3 Jahren soll die Verantwortlichkeit zwischen den einzelnen Netzebenen-Betreibern, den Händlern, Kunden und den übrigen Marktteilnehmern festgelegt und verbesserte Standards für die Versorgungszuverlässigkeit erarbeitet werden. Die Qualitätskriterien werden für die einzelnen Spannungsebenen und nach Regionen (Stadt, Land) unterschiedlich festgelegt. Falls ein Versorger diese Kriterien nicht erfüllt, erhalten die betroffenen Kunden seit Juli 2000 automatisch eine Rückvergütung. Die Vergütung beträgt 25€ pro Ereignis für die betroffenen Niederspannungskunden und 50€ pro Mittelspannungskunde. Keine Rückvergütung erfolgt bei Ereignissen durch höhere Gewalt oder wenn ein Verschulden bei den Kunden vorliegt.

Für den „Service Level“ wurden folgende Grenzwerte für die Erledigung in Arbeitstagen (AT) vorgegeben:

- Angebot für Arbeiten
40 AT 80%
- Erstellen eines Neuanschlusses
AT 85% 60
- Klärung von Abrechnungsfehlern
AT 90 % 15
- Ablesungs- oder Spannungsprobleme 10 AT 90 %
- Antwort auf Kundenbeschwerden
AT 90 % 20

Die Ursachen für Versorgungsunterbrechungen werden folgendermaßen kategorisiert:

- Höhere Gewalt
- Verantwortung der Kunden oder Vorlieferanten
- Verantwortung des betroffenen EVU

Höhere Gewalt wird durch Behörden festgestellt.

Die Trennung zwischen Vorlieferant, betroffenen EVU und Kunden erfolgt durch ein PQ-Monitoringsystem.

Durch die Maßnahmen soll die mittlere Unterbrechungsdauer pro Kunden von 100 min. im Jahr 1998 auf 40 min. im Jahr 2004 abgesenkt werden.

Spanien

Für die Versorgungszuverlässigkeit werden Grenzwerte vorgegeben, die für die Klassen der Abnehmerdichte und die Spannungsebenen verschieden sind. Als Index wird die unterbrochene Kapazität (TIEPI) verwendet.

Mit einem PQ-Monitoring System überwachen die Netzbetreiber ihre Netzbereiche. Bei Überschreitung von festgelegten Unterbrechungszahlen und -dauern wird zukünftig an die betroffenen Kunden eine Rückvergütung entsprechend der Ausfalldauer geleistet. Die Rückvergütung ist auf 10% der jeweiligen Jahresstromrechnung begrenzt.

Norwegen

Seit 2001 wird die Versorgungszuverlässigkeit in den Netztarifen berücksichtigt. Die Netztarife setzen sich aus den Netzkosten, einer festgelegten Gewinnmarge und einem Anteil zusammen, der die typischen Unterbrechungskosten IC für die Verbraucher durch nicht gelieferte Energie ENS darstellt.

$$IC = \sum_{n,m} ENS_{n,m} \cdot c_{n,m} \quad (2)$$

Die spezifischen Unterbrechungskosten sind für die Kategorien Stadt/Land und Industrie/Handel jeweils festgelegt, wobei zwischen geplanten und ungeplanten Unterbrechungen unterschieden wird. Für jede Netzebene ist ein standardisierter Kostenanteil IC vorgesehen, der sich aus dem zu erwartenden Unterbrechungskosten entsprechend (2) ergibt. Wenn ein Netzbetreiber unter diesem geplanten Kostenanteil bleibt, weil sein Netz geringere Unterbrechungskosten verursacht, wird die verbleibende Differenz gutgeschrieben. Wenn umgekehrt das Störungsgeschehen höher ist, wird die Gewinnmarge geschmälert.

Tabelle 2 Spezifische Unterbrechungskosten $c_{n,m}$

Kategorie	Geplante Unterbrechungen	Zufällige Unterbrechungen
Stadt und Land	0,375 €/kWh	0,55 €/kWh
Industrie und Gewerbe	4,375 €/kWh	6,25 €/kWh

Niederlande

Haushalte erhalten eine feste Vergütung von 35€ pro Unterbrechung, Industriebetriebe erhalten 0,35 €/kWh mit einer oberen Begrenzung auf 90.000 €. Die

Wiederversorgung muss unabhängig von der Ursache in spätestens 4 Stunden sichergestellt sein.

Die Qualitätsnorm soll überarbeitet werden, wobei unterschiedliche Standards für die einzelnen Netzebenen überlegt werden. Weiterhin sollen allgemein stärker die nicht gelieferte Energie auch bei den Haushalten berücksichtigt werden.

Finnland

Bei Versorgungsunterbrechungen, die ein Netzbetreiber zu verantworten hat, wird dem betroffenen Kunden der Gegenwert einer zweiwöchigen anteiligen Netzgebühr vergütet. Weiterhin muss der Netzbetreiber für indirekte Schäden durch nicht gelieferte Energie aufkommen, wenn dies auf grober Nachlässigkeit beruht.

4. Zukünftige Sicherheitsstandards

In Europa gibt es sehr unterschiedliche Sicherheitsstandards in der Energieversorgung. Länder mit geringen Standards haben bereits begonnen, durch neue Rahmenbedingungen der Regulierung die Sicherheit der Netze allmählich zu erhöhen.

In einigen Ländern mit höheren Sicherheitsstandards besteht derzeit die Tendenz, durch regulatorische Maßnahmen die Versorgungssicherheit mindestens auf dem derzeitigen Niveau zu halten. Es wird befürchtet, dass sonst infolge der geringeren Investitionstätigkeit in die Netze die Versorgungsqualität unzulässig absinken kann.

Allgemein werden Sicherheitsüberlegungen in der Energieversorgung international forciert. In Auckland/Neuseeland wurde die achtwöchige Versorgungsunterbrechung der Hauptstadt als Anlass genommen, den USA ist der Anlass die Versorgungskrise in Kalifornien, in Brasilien die Versorgungsengpässe diesem Jahr. In Europa sind derartige Großereignisse bisher nicht aufgetreten. Die Europäische Kommission hat aber die Versorgungssicherheit in ihre zukünftigen Planungen aufgenommen.

Grundsätzlich gilt, dass die Sicherheitsanforderungen der Verbraucher zugenommen haben. Dies ist auf die weitgehende Verbreitung der Computer in allen Bereichen zurückzuführen. Des Weiteren durch die überwiegende Anwendung von Elektrizität in der industriellen Produktion, im Kleingewerbe, der Verwaltung, dem Gesundheitswesen, der Gebäudeautomatisierung usw.

Es ist daher erforderlich, die Versorgungssicherheit zukünftig in die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Regulierung aufzunehmen und deren Indizes festzulegen.

Ein weiteres Problem der Deregulierung ist, dass die Netzbetreiber nur mehr unzureichend netzübergreifende Planungsaufgaben abstimmen und ihre Investitionen

koordinieren. Es ist ein Wettbewerb um die Kunden entbrannt, der ein gemeinsames Vorgehen erschwert.

Folgende Grundsätze einer zukünftigen Sicherheits-Regulierung sollten überdacht werden:

- *Feststellen des Lastanstiegs nach Regionen.* Die regionalen Netzbetreiber führen eine Prognose des Lastanstiegs durch. Dieser Lastanstieg sollte zukünftig wieder stärker für eine koordinierte Planung der Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungssysteme verwendet werden.
- *Planung der Erzeugungskapazität / Import.* Die Erzeugungskapazität wird derzeit nach Regeln des Wettbewerbs in der Erzeugung geplant und gebaut. Sicherheitsüberlegungen insbesondere über die regional vorzuhaltende Mindestreserve werden derzeit nur umgesetzt, sofern dies nicht zu ausreichenden und langfristig abgesicherten Erlösen führt. Durch den weiträumigeren Transport der Energie kommt es zudem zu einer stärkeren Auslastung der Übertragungsnetze und zu Engpässen der Übertragungskapazität. Es sollten wieder verstärkt Planungen durchgeführt werden, die eine größere regionale Eigenerzeugungsquote vorsehen und damit wieder das Übertragungsnetz als Ausgleichsnetz zwischen den Regionen betrachten, weniger aber als Übertragungsnetz für weiträumige Transporte. Hierzu müssen Anreize zur Erneuerung der lokalen Eigenerzeugungsanteile gesetzt werden. Hierdurch ergibt sich eine höhere Störungssicherheit in den Regionen.
- *Planung der Übertragungskapazität.* Eine koordinierte Planung der Übertragungsnetze aller europäischer Energieversorger ist notwendig, die auf den Lastprognosen der nächsten Jahrzehnte und den zu erwartenden Energieflüssen zwischen den Erzeugungs- und Lastschwerpunkten beruhen. Insbesondere ist eine Vereinheitlichung der Spannungsebenen auf 380 kV und eine Strukturierung entsprechend den Hauptenergieflussrichtungen erforderlich. Eine ausreichend Übertragungskapazität für Ausfälle von Erzeugungseinheiten ist der beste Garant für eine hohe Versorgungszuverlässigkeit.
- *Verteilungskapazität.* Die Verteilungsnetze haben eine regionale Versorgungsaufgabe. Derzeit besteht die Tendenz, die Verteilungsnetze möglichst weiträumig zusammenzuschließen, um bei Energietransporten Transitgebühren für überlagerte Ebenen einzusparen. Weiterhin werden teilweise neue Erzeugungseinheiten in niedrigere Ebenen aus den gleichen Gründen eingebunden. Es wäre zweckmäßig, durch angepasste Tarifmodelle die technisch zweckmäßigsten Lösungen zu forcieren.
- *Investitionsanreize.* Derzeit sind kaum Anreize für Investitionen vorhanden. Ein Netz das nicht entsprechend dem Lastwachstum ausgebaut wird, hat durch die stärkere Auslastung höhere Einnahmen und ist somit wirtschaftlicher. Dies führt zu einer

allmählichen Auslastung der Netze bis zur Kapazitätsgrenze. Durch Vorgabe von Investitionsanreizen entsprechend der Lastwachstum, der stärkeren Netzauslastung oder dem Ausbau von Erzeugungskapazitäten kann eine gleichartige Systemauslastung und -sicherheit erhalten werden. Die Anreizsysteme können entweder in Vorgaben für Investitionen entsprechend von noch zu vereinbarenden den Kennzahlen und in tariflich geregelten Vergütungen für diese Investitionen.

- **Qualitätsanreize.** Die Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität sollte genauer spezifiziert werden. Im einfachsten Fall kann ein jährliches Benchmarking der Qualitätsmerkmale mit Veröffentlichung zu einem stärkeren Qualitätsbewusstsein führen. Ansätze in einigen europäischen Ländern mit Pönalisierung von Qualitätsmängeln oder mit Vergütungen bei überschreiten der vorgegebenen Qualitätsgrenzwerte haben zu einer Verbesserung der Versorgungsqualität geführt. In Regionen mit sehr hohem Qualitätsstandard könnte auch eine Meldepflicht und Pönalisierung erst bei Unterschreiten der Qualitätskennwerte sinnvoll sein, um unnötige Reglementierungen zu vermeiden.

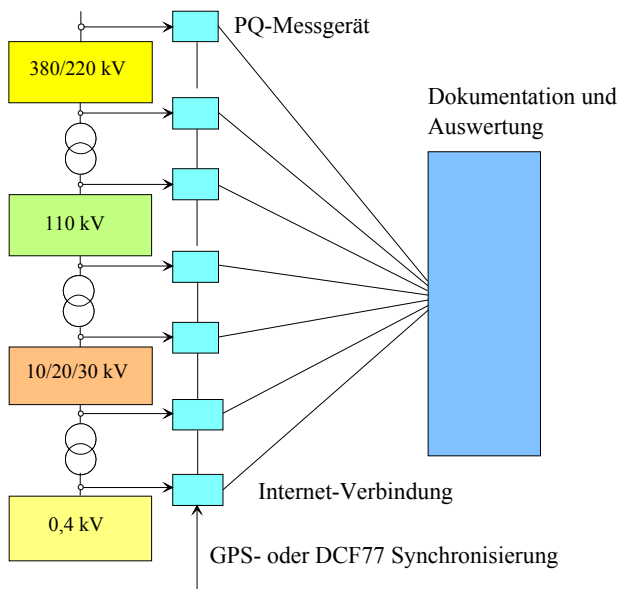


Abb. 4 Power Quality Monitoringsystem

- **Qualitätsüberwachung.** Wenn die Versorgungssicherheit und -qualität in der Regulierung berücksichtigt werden, ist eine Überwachung der Versorgungsqualität durch entsprechende Monitoringsysteme erforderlich (Abb. 4) [2]. Diese sollten in der Lage sein, die Ursachen von Qualitätsmängeln zu lokalisieren und entsprechend die Verursacher festzustellen (Abb. 5). Des Weiteren ist eine Einbindung von Blitzzortungssystemen erforderlich, um diesen Anteil der Ursachen durch höhere Gewalt von den inneren Ursachen trennen zu können. Die inneren Ursachen sind wiederum zu untergliedern in Ursachen im Netzbereich des Versorgers, sowie Ursachen im unter- oder

überlagerten Netzsystem. Abb. 4 zeigt den Aufbau eines derartigen Qualitätsmonitoring-Systems. Die Monitoringsysteme sollten von den Netzbetreibern installiert und betrieben werden. Die hierfür entstehenden Kosten können in den Netztarifen berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollte bei allen Steuerungs- und Überwachungsaufgaben gelten: so wenig Regulierung wie nötig, soviel Eigenverantwortung wie möglich.

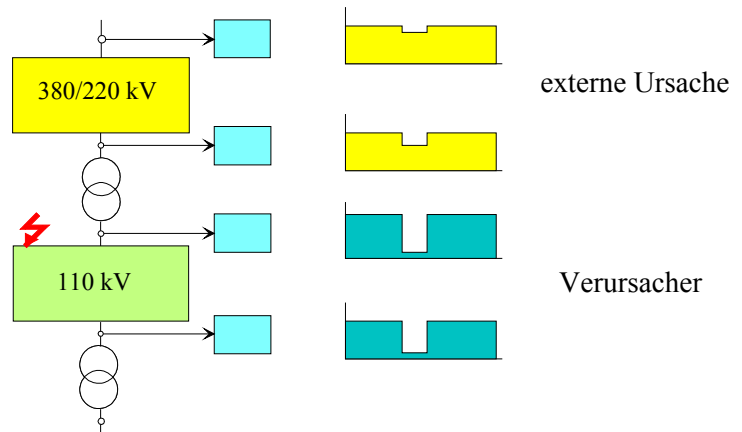


Abb. 5 Abgrenzung der Ursachen mit einem PQ-Monitoring-System

4 Zusammenfassung

Die erste Phase der Deregulierung hat in den meisten europäischen Ländern zu einer Regulierung in Richtung niedrigere Kosten für die Kunden geführt. Die Versorgungssicherheit wurde nicht ausreichend genau spezifiziert, wodurch sich Freiräume ergeben, die zu Versorgungsunsicherheiten führen können. Zukünftig sollte die Versorgungssicherheit von der Regulierungsbehörde festgelegt werden und es sollten Anreize für eine hohe Versorgungsqualität gegeben werden. Dies ist mit Investitionsanreizsystemen zu bewerkstelligen, die eine koordinierte Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsplanung benötigen. PQ-Monitoringsysteme werden zukünftig für den Nachweis der Versorgungssicherheit und die Abgrenzung der Verursacherhaftung benötigt.

5 Literatur

- [1] Green Paper "Towards a European security of energy supply" European Commission 2000.
- [2] M. Berger, G. Brauner: Anforderungen an Power-Quality-Monitoring-Systeme im liberalisierten Elektrizitätsmarkt. Energieinnovationen, Graz 31.1. bis 1.2. 2002,

Forschungsarbeiten im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft „Österreichische Blitzforschungsstelle Gaisberg“

Die Zielsetzung der Arbeitsgemeinschaft „Österreichische Blitzforschungsstelle Gaisberg“, ist die gemeinsame Durchführung von Forschungsprojekten zur Untersuchung von elektrischen und elektromagnetischen Parametern bei direkten Blitzeinschlägen. Im Jahr 2001 waren daran folgende Institutionen beteiligt:

- Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H., Geschäftsfeld Erneuerbare Energie (ÖFPZ): Hauptaktivität ist die Untersuchung der Beeinflussung von Photovoltaikkomponenten bei nahen Blitzeinschlägen (Distanz < 500m).
- TU Wien, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Arbeitsgruppe EMV in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Verband für Elektrotechnik, Abteilung Blitzortungssystem ALDIS (ÖVE-ALDIS): Aufzeichnung der Stromverläufe bei direkten Blitzeinschlägen in den 100m hohen Sendemast am Gaisberg und deren optische Erfassung mit einer Hochgeschwindigkeitsvideokamera.
- TU Wien, Institut für Elektrische Anlagen, Arbeitsgruppe Power Quality: Aufzeichnung der induzierten Spannungen in den Niederspannungsanlagen am Gaisberg.
- Telekom Austria: Meßtechnische Untersuchung der elektrisch wirksamen Grenzlänge von Bänderdern bei direkten Blitzeinschlägen.

Aufgrund der betriebsinternen Umstrukturierung der Telekom Austria konnten die Messungen der Telekom Austria in diesem Jahr nicht weitergeführt werden. Nach einer entsprechenden Übereinkunft sollen diese jedoch im Jahr 2002 von der Gruppe TU-Wien/ALDIS übernommen und fortgesetzt werden.

M. MAIR

1. Aufzeichnung der Ströme bei direkten Blitzeinschlägen

Das im Sommer 1998 begonnene Forschungsprojekt mit dem Titel „Direct measurement of lightning currents on a telecommunication tower“ (FWF Projektnummer 12977-TEC) wurde Ende März 2001 abgeschlossen. Auf der Grundlage einer im März 2001 abgeschlossenen formellen Kooperationsvereinbarung des Institutes mit ÖVE-ALDIS ist die Weiterführung der Forschungsarbeiten jedoch bis auf weiteres gesichert. Die Beantragung eines entsprechenden Nachfolgeprojektes zur Beschäftigung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters ist für Anfang 2002 geplant.

Die Messausrüstung, die in [1] im Detail beschrieben ist, blieb im abgelaufenen Jahr im wesentlichen unverändert. Die Gesamtanzahl der registrierten Entladungen ist mit 61 um etwa 30% niedriger als im Jahr 2000. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die im abgelaufenen Jahr erzielten Messergebnisse zusammengestellt. Der Medianwert der negativen Teilblitzimpulse liegt demnach bei -3,6 kA, jener der relativ seltenen positiven Teilblitzimpulse bei +1,9 kA.

Monat	Anzahl der Messtage	Registrierte Entladungen	Positive Teilblitzimpulse	Negative Teilblitzimpulse	Medianwert negativer Teilblitzamplituden [kA]
Jänner	0	0	0	0	-
Februar	1	6	1	10	-11,0
März	4	4	0	4	-12,1
April	1	1	0	0	-
Mai	3	8	0	39	-1,9
Juni	4	9	1	29	-2,5
Juli	0	0	0	0	-
August	3	7	2	75	-6,8
September	2	3	0	13	-3,1
Oktober	0	0	0	0	-
November	2	18	3	114	-3,7
Dezember	3	5	1	26	-1,5
2001	3	61	8	310	-3,6

Tabelle 1: Übersicht über die im Jahr 2001 aufgezeichneten Blitzstromverläufe und deren Parameter

Die Hochgeschwindigkeitsvideokamera wurde in diesem Jahr mit einem Weitwinkelobjektiv (Brennweite 3,5mm) ausgestattet, um unter den gegebenen Bedingungen einen möglichst großen Teil des Blitzkanals erfassen zu können. Leider war die freie Sicht zum Sendemast in vielen Fällen durch Nebel beeinträchtigt, in 5 Fällen war jedoch eine erfolgreiche Videoaufzeichnung möglich.

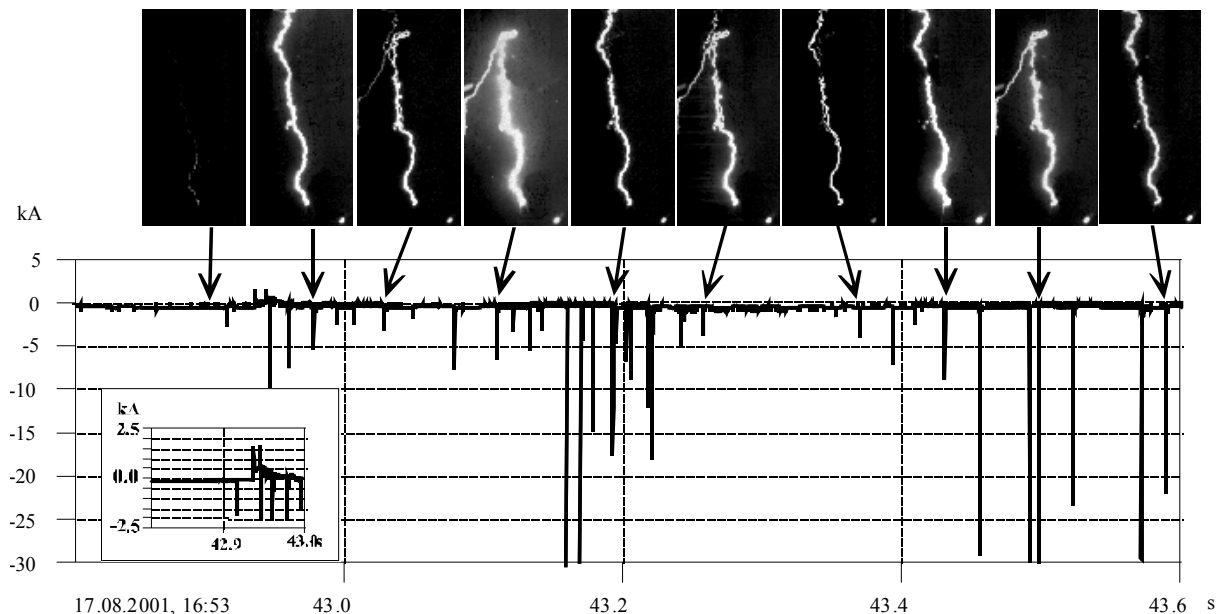


Abbildung 1: Zeitlicher Ablauf eines bipolaren Aufwärtsblitzes mit insgesamt 39 Teilblitzimpulsen. Die scheinbare Unterbrechung des Blitzkanals im oberen Drittel der Videobilder ist durch einen Wassertropfen auf der Kameraabdeckung bedingt.

In Abbildung 1 ist der Stromverlauf einer Aufwärtsentladung mit bipolarem Stromverlauf dargestellt. Ergänzend dazu sind einige charakteristische Videobilder gezeigt, die einen Eindruck vom zeitlich-räumlichen Ablauf des Einschlages vermitteln. Die Entladung weist 37 Teilblitzimpulse negativer Polarität mit Stromamplituden von $-1,2$ bis -30 kA und zwei Impulse positiver Polarität mit $+1,2$ bzw. $+1,7$ kA. Bemerkenswert ist dabei der mehrmalige Wechsel der stromführenden Zweige des Blitzkanals.

Manfred BERGER

2. Aufzeichnung transienter Überspannungen im Niederspannungsnetz

Hohe Maste, Anlagenteile und Bauwerke haben erwartungsgemäß ein erhöhtes Einschlagsrisiko. Speziell bei Windkraftanlagen, Hoch- und Mittelspannungsfreileitungen sowie Sendemaste können Blitzeinschläge Betriebs- und Funktionsstörungen verursachen. Es ist daher von hohem Interesse über die Wahrscheinlichkeit, die Häufigkeit und Risiken derartiger Blitzeinschläge Bescheid zu wissen.

Blitzeinschläge auf Hoch- und Mittelspannungsfreileitungen stellen die häufigste Fehlerursache in elektrischen Energienetzen dar. Die Aufwendungen für die Beseitigung der dadurch verursachten Störungen und Gefahren sind beträchtlich und schlagen sich in den Netzgebühren der Netzbetreiber nieder, die nunmehr im liberalisierten Energiemarkt kostendeckend zu wirtschaften haben.

Speziell für Freileitungen existieren einige empirische Beziehungen zur Ermittlung der Anzahl der Blitzschläge, welche jedoch wiederum nur einen Anhaltswert für die tatsächliche Anzahl geben (Tabelle 2). Bessere Ergebnisse liefert das elektromagnetische Modell – Blitzkugelverfahren.

Whitehead	$N_s = \frac{N_G}{10} \cdot (4h^{1,09} + b)$
Rizk	$N_s = \frac{N_G}{10} \cdot (38h^{0,45} + b)$
Eriksson	$N_s = \frac{N_G}{10} \cdot (28h_m^{0,6} + b)$
N_s	Leitungseinschläge/100km/Jahr
N_G	Blitzdichte [Anzahl/km ² /Jahr
h	Mittlere Leiterseilhöhe [m]
b	Abstand der Erdseile [m]
h_m	Masthöhe [m]

Tabelle 2: Empirische Beziehungen für die Anzahl der Blitzschläge [2]

Das elektromagnetische Modell:

Bei gegebener Enddurchschlagsstrecke und bekannter Geometrie des zu betrachtenden Objekts kann die Wahrscheinlichkeit der Blitzeinschläge von Blitzen einer bestimmten Stromamplitude ermittelt werden. Dies bildet die Grundlage für das elektromagnetische Modell, welches vor allem durch seine Einfachheit besticht.

Das von Hasse und Wiesinger [3] entwickelte Blitzkugelverfahren erlaubt eine anschauliche Darstellung des elektrogeometrischen Modells. Der Leader- Kopf wird hierfür als Mittelpunkt einer Kugel mit dem Radius der Enddurchschlagsstrecke herangezogen. Diese Kugel wird an den Umrissen des zu betrachtenden Objekts abgerollt. Trifft die Kugel dabei nur Fangeinrichtungen, ist Schutz gegeben. Trifft die Kugel aber auch Teile des zu schützenden Objekts, so ist in diesem Bereich kein Schutz gegeben. Der Schutz ist nur für die der zugrundegelegten Enddurchschlagsstrecke entsprechenden oder höheren Blitzstromamplituden gegeben.

Nicht jeder Blitzschlag auf eine Freileitung führt auch zu einer Störung. Blitzüberschläge auf Freileitungen werden daher grundsätzlich in drei Arten unterteilt:

- Induktionsüberspannung (induction mode): Durch einen Blitzschlag in der Nähe der Freileitung wird die influenzierte Ladung auf den Leiterseilen freigegeben und breitet sich in Form von Wanderwellen auf den Leitungen in beiden Richtungen aus. Diese indirekten Blitzüberspannungen stellen für Hochspannungsleitungen keine Gefahr dar. Für Nieder- und Mittelspannungsfreileitungen sind sie jedoch sehr wohl von Bedeutung.
- Schutzfehler (shielding failure): Bei stromschwachen Blitzen verringert sich dementsprechend die Enddurchschlagsstrecke und der Schutzbereich des Erdseiles ist nicht mehr ausreichend um die Phasenseile vor Blitzeinschlägen zu schützen. Nicht jeder stromschwache Blitzschlag auf ein Phasenseil muss jedoch zu einer Störung führen. Vor allem bei Hochspannungsfreileitungen kann das Isolationsvermögen den stromschwachen Blitzen standhalten.
- Rückwärtiger Überschlag (backflash): Durch Blitzschlag in einen geerdeten Teil der Freileitung kommt es zu einer Potentialanhebung des Mastes oder Erdseils, was einen Überschlag von den geerdeten Aufhängepunkten der Leiterisolation zu den Phasenseilen verursachen kann. Rückwärtige Überschläge werden daher vorwiegend von stromstarken Blitzen verursacht.

Die Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf die Spannungsqualität bei der Kundenanlage sollen erstmals messtechnisch erfasst werden. Dazu wurde bei der ORF- Sendeanlage am Gaisberg ein PQ- Analyzer im Niederspannungsverteiler installiert. Aufgrund der Schirmwirkung des Sendeturmes ist kaum mit Direkteinschlägen in die MS- Freileitung zu rechnen. Hauptsächlich erwartet man sich Induktionsüberspannungen, die nach einem Blitzschlag in den Sendeturm durch die auf der Freileitung frei werdenden influenzierten Ladungen entstehen.

Im Juli 2001 wurde vorerst der PQ- Analyzer EURO-QUANT von Haag einphasig an einer Steckdose installiert. Dabei kamen wir bald zur Erkenntnis, dass der EURO-QUANT zur Aufzeichnung von induzierten Spannungen aufgrund von Blitzeinschlägen eine zu niedrige Abtastrate besitzt.

Im Oktober 2001 wurde daher der PQ- Analyzer TOPAS 1000 von LEM mit einer Abtastrate von 10MHz dreiphasig installiert. Zusätzlich zu den Phasenspannungen werden die Lastströme an der NS- Seite der beiden Umspanner aufgezeichnet. Damit können transiente Spannungen, die durch Schalthandlungen in der Kundenanlage verursacht werden, erkannt und als solche deklariert werden.

Das Anschlussschema der Messeinrichtung ist in Abbildung 2 dargestellt. Der PQ- Analyzer ist über die serielle Schnittstelle an den Daten- und Time- Server angeschlossen.

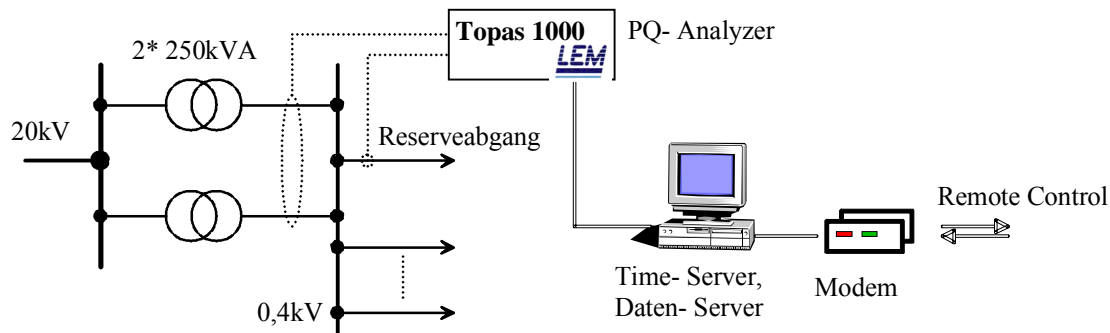


Abbildung 2: Anschlusschema der Messeinrichtung

In Abbildung 3 ist ein Beispiel einer derartigen Aufzeichnung dargestellt. Am 30.12.2001 um 06:26:30 UTC kam es zu einem Blitzschlag auf den Sendemast. Der erste Teilblitz hatte eine Amplitude von ca. 5,3kA und es folgten weitere 10 Teilblitze (nicht dargestellt). Die induzierte Spannung hatte ein Maximum von ca. 500V. Induzierte Spannungen der Folgeblitze wurden vom PQ- Analyser nicht aufgezeichnet, da dieser nach einer Triggerung eine Sperrzeit von 1s hatte.

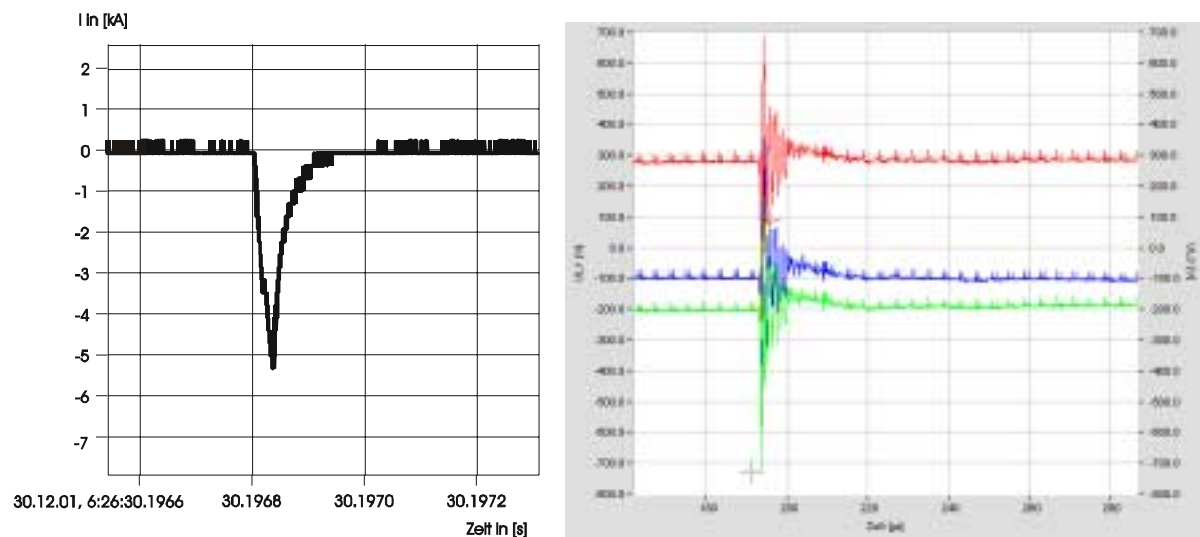


Abbildung 3: Blitzstromverlauf und die dabei induzierte Spannung am 30.12.2001, 06:26:30 UTC

Bei einem ausreichenden Datenbestand wird es möglich sein, Zusammenhänge zwischen dem Blitzstromverlauf und der dadurch induzierten Spannungen zu erarbeiten.

3. Literatur

- [1] Diendorfer, G., Mair, M., Schulz, W., Hadrian, W.: Lightning current measurements in Austria – Experimental setup and first results. Proceedings of the 25th International Conference on Lightning Protection, Rhodes 2000, Seite 44-47.
- [2] Pistauer, A.: Analyse des Blitzschutzes ausgewählter Hochspannungsleitungen unter Einbeziehung des österreichischen Blitzortungssystems ALDIS, Diplomarbeit TU Wien, 2000
- [3] Hasse, P., Wiesinger, J.: in: Handbuch für Blitzschutz und Erdung, Pflaum Verlag, München, 1982

Monitoring der Versorgungsqualität – Power Quality Monitoring

Manfred BERGER

In Zeiten des Versorgungsmonopols von elektrischer Energie stellte die öffentliche Spannungsversorgung ein „öffentliches Gut“ dar, dessen Charakteristiken und deren Verfügbarkeit von den Kunden mehr oder weniger zu tolerieren war. Im Falle von Industriebetrieben mit erhöhten Anforderungen an die Versorgungssicherheit wurde dies unter Umständen eine politische Frage der Sicherstellung des Wirtschaftsstandortes.

Die charakteristischen Eigenschaften der öffentlichen Spannungsversorgung wurden normativ festgelegt (z.B. IEC 1000, EN 50160). Die dabei angegebenen Grenzwerte werden in weiten Teilen des Versorgungsgebietes um ein Vielfaches unterboten. In anderen Teilen (dünn besiedeltes Gebiet, Randzonen des Versorgungsnetzes) können diese Grenzwerte jedoch sogar überschritten werden. Die Vorgabe ein und derselben Grenzwerte für alle Netzanschlüsse stellt daher eine sehr grobe Vereinfachung dar.

Nach der Marktöffnung stellt die Spannungsversorgung ein handelbares Produkt dar. Es gibt jedoch einen gravierenden Unterschied zu anderen Märkten. Bei der Spannungsversorgung hat der Erzeuger kaum Einfluss auf die Qualität der Spannungsversorgung beim Kunden. Qualitätsbestimmend hierfür ist das Verteilnetz, an dem der Kunde seinen Netzanschluss besitzt. Die Verantwortung für die Qualität der Spannungsversorgung liegt somit beim Verteilnetzbetreiber.

Zur Festlegung der Qualität der Spannungsversorgung, zusammengefasst unter dem Begriff Power Quality – Versorgungsqualität, gibt es die beiden Hauptgruppen Spannungsqualität und Versorgungssicherheit. Die Kennwerte zur Versorgungsqualität (Spannungsqualität) beschreiben die Kurvenform der Sinusspannung. Die Kennwerte zur Versorgungssicherheit (Zuverlässigkeit) beschreiben die Verfügbarkeit der Spannungsversorgung. Eine Sonderform bei dieser Einteilung bilden die Spannungseinbrüche. Einerseits beeinträchtigen sie die Sinusform und damit die Spannungsqualität, andererseits beeinträchtigen sie die Versorgungssicherheit.

Für die Spannungsqualität beschreibenden Kennwerte sind in der Europanorm weitestgehend Grenzwerte festgelegt. Zu den Kennwerten bezüglich der Versorgungssicherheit (Häufigkeit der Spannungseinbrüche und der Versorgungsunterbrechungen) sind jedoch nur Anhaltswerte angegeben.

Systemtechnische Möglichkeiten beim Aufbau eines Monitoring- Systems:

Bei der konventionellen Form des „Monitoring“ erfolgt die Aufzeichnung von Schreiber- und Störschreiberdaten, sowie der schutz- und leittechnischen Statusmeldungen. Ziel ist die rasche Analyse auftretender Ereignisse und Störungen um ein rasches Handeln und eine gezielte Störungsbeseitigung zu gewährleisten. Aus den Aufzeichnungen können zuverlässigkeitsrelevante Kennwerte wie Unterbrechungshäufigkeit, -dauer sowie die nicht gelieferte Energie abgeschätzt werden.

In letzter Zeit kamen häufiger PQ- Messgeräte zum Einsatz. Damit können am gewählten Messpunkt alle Kennwerte der Versorgungsqualität ermittelt werden. Die Messperiode erstreckt sich je nach Bedarf von einigen Stunden bis zu einigen Wochen, gemessen wird vorwiegend an Orten mit erhöhtem Störungsaufkommen sowie bei Kundenbeschwerden. Die Aufzeichnungen dieser temporären Messungen stellen einen Datenbestand dar, der einen groben Überblick über die Versorgungsqualität gewährt.

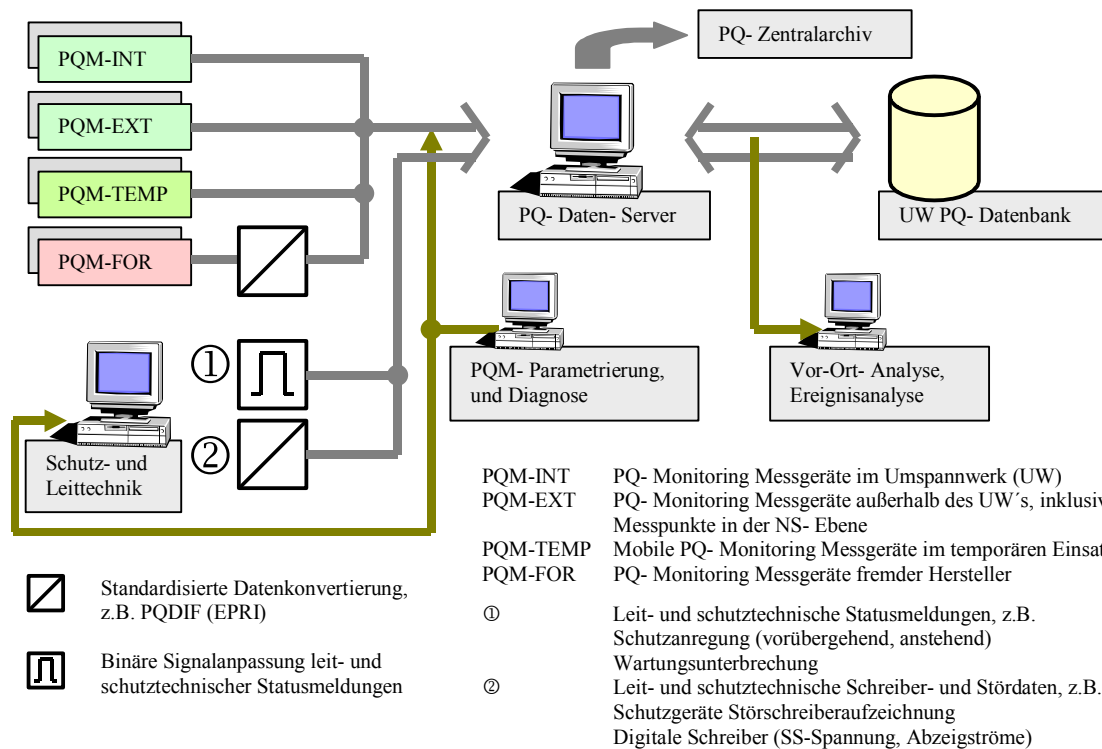


Abbildung 1: Systemtechnischer Aufbau im Umspannwerk (UW)

In der Abb. 1 ist der prinzipielle Aufbau eines flächendeckenden PQ-Monitoring-Systems dargestellt.

Versorgungsunterbrechungen haben ihre Ursache überwiegend in der MS- Ebene, die Ursache der Spannungseinbrüche liegt jedoch hauptsächlich in der HS- Ebene. Kennwerte der Spannungsqualität wie Flicker und Oberschwingungen haben aufgrund der üblichen Kurzschlussleistungen eher lokalen Charakter. Aufbauend auf diesen Tatsachen wird eine Grundstruktur nach Abb. 1 vorgeschlagen.

Durch die Übernahme netztopografischer und komponentenspezifischer Daten aus der Netzberechnung können mit den Daten der Zentral-Datenbank detaillierte und netzübergreifende Ereignis- und Qualitätsanalysen durchgeführt werden. Es können sowohl die Fehlerorte als auch die räumliche Ausdehnung und der Störungsbereich ermittelt werden. Aufgrund der Merkmale der Störungsereignisse können diese klassifiziert werden.

Die zweite Hauptaufgabe der PQ-Zentrale ist die Versorgungsqualität in anschaulicher Form darzustellen, ohne auf die Strukturen im Hintergrund einzugehen. Durch dieses mehr oder weniger automatisierte Berichtswesen werden den Interessensgruppen spezifische Berichte offengelegt.

Für Investitionsentscheidungen der Netzplanung und die Optimierung der Wartungs- und Instandhaltungsstrategien können diese Daten sehr hilfreich sein. Im Falle regulativer Vorgaben kann die Erfüllung dieser automatisiert offengelegt werden. Auch die Kunden selbst können über die Versorgungsqualität an ihrem Anschlusspunkt informiert werden.

Einfluss von Windparks auf die Versorgungsqualität

Manfred BERGER

Im österreichischen Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz (ELWOG) ist die Menge an Elektrizität bezogen auf den Gesamtverbrauch festgelegt, die aus Ökoanlagen zu stammen hat. In Österreich wird dabei grundsätzlich unterschieden zwischen Kleinwasserkraftwerken mit einer Engpassleistung kleiner 10MW und den Anlagen auf Basis neuer erneuerbarer Energieträger. Zu den Anlagen auf Basis neuer erneuerbarer Energieträger zählen Anlagen auf Basis von Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, Erdwärme, Wind- und Sonnenenergie.

Stromhändler mit Sitz im Inland müssen anhand von Zertifikaten nachweisen, dass sie 8% ihrer Abgabe an Endkunden durch Kleinwasserkraftwerke decken. Der Anteil der von den Verteilnetzbetreibern abgenommenen Energie aus erneuerbaren Energieträgern hat bezogen auf ihre Energieabgabe an den Endkunden stufenweise bis zum 1. Oktober 2007 4% zu betragen. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es einem erheblichen Zuwachs von Ökoenergieanlagen, also auch Windenergieanlagen.

Um eine Potentialabschätzung der in Österreich zur Verfügung stehenden Windenergie durchzuführen, ist zu beachten, dass hier sehr komplexe topographische Verhältnisse mit unterschiedlichen Landschaftsformen vorherrschen. Entsprechende Windmessungen an 12 österreichischen Referenzstandorten in 30 Meter Höhe lieferten folgendes Ergebnis: Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt zwischen 4,6 und 6,7m/s. Die Leistungsdichte liegt zwischen 130 und 476 W/m². Große Standortpotentiale befinden sich im Osten Österreichs, im Voralpenbereich und im Wald- und Mühlviertel.

Durch den hohen Schwankungsbereich der Leistungsdichte scheint es sinnvoll, Windenergieanlagen konzentriert in Windparks an Orten mit hoher Leistungsdichte einzusetzen. Bei vollständigem Ausbau ergäbe sich ein Potential von ca. 5200GWh. Technisch nutzbar davon sind etwa 4000GWh, was einem Anteil an der gesamten Elektrizitätsaufbringung von 6% entspricht.

Die Standorte der Windenergieanlagen befinden sich meist in dünn besiedeltem Gebiet fernab der gut ausgebauten Netze. Für die technische Beurteilung der Windenergieanlagen ist neben dem Schallpegel und der Leistungskurve die Netzverträglichkeit von großer Bedeutung. Netzurückwirkungen ergeben sich ganz allgemein dadurch, dass eine Anlage mit nichtstationärem Betriebsverhalten und einer nichtlinearen Strom-Spannungscharakteristik an einem Netz mit einer bestimmten Kurzschlussleistung betrieben wird. Maßgeblich ist dabei die Kurzschlussleistung S_{kV} und der Netzimpedanzwinkel Ψ_{kV} am Verknüpfungspunkt (PCC) der Windenergieanlage mit dem öffentlichen Netz. Die in diesem Fall relevanten Netzurückwirkungen werden eingeteilt in Spannungsänderungen, Spannungsanhebung, Flicker und Oberschwingungen.

Richtlinien für deren Grenzwerte sind in Tabelle 1 angegeben. Bei den Spannungsänderungen unterscheidet man zwischen schaltbedingten Spannungsänderungen und Spannungsänderungen, die durch periodische und nichtperiodische Leistungsschwankungen hervorgerufen werden. Schaltbedingte Spannungsänderungen ergeben sich beispielsweise durch das Zuschalten oder das Polumschalten eines Asynchrongenerators. Als Kriterium des zu erwartenden Spannungseinbruchs kann dabei der maximale Schaltstromfaktor $k_{i_{max}}$ oder der netzabhängige Schaltstromfaktor $k_{i_{\Psi}}$ herangezogen werden. Zweiterer ermöglicht auch eine Beurteilung der Flickerwirkung des Schaltvorganges. Bei bekannter Kurzschlussleistung S_{kV} und dem Netzimpedanzwinkel Ψ_{kV} am Verknüpfungspunkt kann somit die maximale

Beeinträchtigung durch Spannungsänderung und Flicker in Folge einer Schalthandlung ermittelt werden.

VEÖ	VDEW
Spannungsanhebung am Verknüpfungspunkt	
$\Delta u_A \leq 2\%$ $\Delta u_A = \frac{\sum S_{Amax}}{S_{kV}} \cos(\Psi_{kV} + \varphi_A)$	$\Delta u_A \leq 2\%$ $k_{kl} = \frac{S_{kV}}{\sum S_{Amax}} \geq 50$ $S_{Amax} \leq \frac{2\% \cdot S_{kV}}{ \cos(\Psi_{kV} + \varphi_A) }$
Schaltbedingte Spannungsänderungen	
$d = \frac{\Delta U}{U_v} \leq 2\%$ $d = \frac{\Delta S_{Amax}}{S_{kV}} \cdot \cos(\Psi_{kV} - \varphi_a)$	$\Delta u_{max} \leq 2\% = k_{imax} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}}$ $k_{imax} = \frac{I_a}{I_{nG}}$
Langzeitflicker	
$A_{lt} \leq 0,1$ $A_{lt} = \sum_j (c \cdot \frac{S_A}{S_{kVj}} \cdot \cos(\Psi_{kVj} + \varphi_f))^3$	$A_{lt} \leq 0,1$ $P_{lt} = \sqrt{\sum_i (c \cdot \frac{S_{nEi}}{S_{kV}} \cdot \cos(\Psi_{kV} + \varphi_f))^2}$
Oberschwingungen	
$I_v \leq I_A \cdot \frac{p_v}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}}$ $THDi_A \leq \frac{18}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}}$	$I_{vzul} = i_{vzul} \cdot S_{kV}$ $S_A = \sum S_{nE}$

Tabelle 1: Anschlussbedingungen für Windenergieanlagen an die MS- Ebene

Flickerbezogene Grenzwerte werden über den Langzeitflickerstörfaktor A_{lt} und die Langzeitflickerstärke P_{lt} festgelegt, welche durch den Anlagenflickerbeiwert c beeinflusst werden. Heutzutage sind die meisten Windenergieanlagen in der Lage die flickerbezogenen Grenzwerte mühelos einzuhalten. Der Flicker stellt demnach für den Netzanschluss keine begrenzende Größe mehr dar.

Um die zulässige Oberschwingungsbelastung durch Windkraftanlagen zu definieren können einerseits Grenzwerte für die Oberschwingungsströme einer (Multiplikator p_v), andererseits Grenzwerte für die überlagerten Oberschwingungsströme aller angeschlossenen Windenergieanlagen (Multiplikator i_{vzul}) angegeben werden. Netzgeführte Stromrichter verursachen typischerweise Oberschwingungsströme mit dem ungeradzahigen Vielfachen der Netzfrequenz, selbstgeführte Umrichter mit Pulsmodulation arbeiten im Frequenzbereich zwischen 2000 und 9000Hz.

Spannungsschwankungen als auch Flicker konnten durch die Ausführung von drehzahlvariabel betriebenen Synchrongeneratoren mit Einspeisung über Zwischenkreisumrichter und Asynchrongeneratoren mit erhöhtem Nennschlupf bedeutend verringert werden. Die Oberschwingungsbelastung wird durch Stromrichter mit höherer Pulszahl und elektronisch ausgeführter Zündwinkelsteuerung verringert. Von den Netzurückwirkungen hat sich daher die Spannungsanhebung als von größter Bedeutung herausgestellt. Die Tendenz geht zu Windparks mit Anlagen im Megawattbereich. Da die meisten Standorte der Windenergieanlagen fernab der gut ausgebauten Netze liegen, führen Windparks in dieser Größenordnung zu einer erheblichen Netzbeanspruchung.

Einsatz von GPS in der Nähe von Nieder- und Hochspannungsfreileitungen zur Warnung von unzulässigen Annäherungen und zur Erhöhung der Sicherheit bei Arbeiten in der Nähe von Freileitungen und Anlagen.

W. HADRIAN

Eine häufige Ursache von Unfällen im Bereich von Starkstromanlagen ist die Berührung von unter Spannung stehenden Freileitungen durch die elektrisch leitenden Teile von Arbeitsmaschinen, wie z.B. Bagger, Mobilkräne und Ladevorrichtungen von Lastkraftwagen. Seit Jahren wird immer wieder versucht entsprechende Warngeräte zu entwickeln. In der „Studie über die Machbarkeit von Geräten zur Warnung vor Annäherung an unter Spannung stehenden Hochspannungsfreileitungen“ im Auftrag der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) wird ausführlich auf die Anforderungen an solche Geräte eingegangen. Näher untersucht wurden Geräte, die ein Warnsignal aus dem elektrischen Feld ableiten. Leider sind solche Geräte unzuverlässig, was hauptsächlich auf unvermeidbare Verzerrungen des elektrischen Feldes zurückzuführen ist. Diese Feldverzerrungen stören den eindeutigen Zusammenhang zwischen der Feldstärke und dem Abstand zu den unter Spannung stehenden Leiter. Durch den Fortschritt der Satellitennavigation GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) in Hinblick auf die allgemein verfügbare Genauigkeit und der Verbilligung der benötigten GPS-Empfänger rückt der Einsatz dieser modernen Technologie in greifbare Nähe.

In dem Bericht werden die notwendigen Grundlagen der Satellitenortung zusammengestellt. Die wichtigsten Teile sind die Bereitstellung eines geeigneten Kartenmaterials (GPS-tauglich) und die erreichbare Genauigkeit der GPS-Ortung. Durch die Abschaltung der künstlichen Verschlechterung des GPS-Signals am 1. Mai 2000 ist die für den zivilen Bereich verfügbare Genauigkeit auf das 3-fache gestiegen und liegt bei etwa 10m.

Die erreichbare Genauigkeit wurde auch anlässlich der Präsentation am 19.5.2001 von den Teilnehmern als ausreichend erachtet.

Voraussetzungen für eine derartige GPS-Ortung sind:

- die Aufbereitung von geeignetem Kartenmaterial (zur Zeit in Österreich nicht verfügbar).
- die Anpassung der am Markt befindlichen GPS-Technik für die Warnung vor unzulässiger Annäherung an Hochspannungsleitungen für Boden und Luftfahrzeuge.

Diese Arbeit wurde im November 2001 abgeschlossen.

Im weiteren wird vorgeschlagen eine Folgestudie zur technischen Umsetzung der genannten Technologie durchzuführen. Dabei sollten folgende Punkte näher untersucht werden:

- Erfassung eines Teilstückes einer Hochspannungsfreileitung mit Laserscanning, um ein georeferenziertes Luftbild mit GIS-Vectordaten zu erhalten.
- Anpassung von am Markt befindlichen GPS-Geräten an die vorliegende Fragestellung
- Durchführung von Versuchen mit erstelltem Kartenmaterial und der angepassten GPS-Technik
- Auswertung der Erfahrungen

Vergleich direkt gemessener Blitzstromamplituden mit den von ALDIS bestimmten Amplituden

G. DIENDORFER (ALDIS), W. HADRIAN

Bei einem Blitzortungssystem wird die Blitzstromamplitude aus dem Maximalwert der Magnetfeldkomponente des vom Blitz abgestrahlten elektromagnetischen Feldes bestimmt. Die elektromagnetische Welle unterliegt auf dem Weg zur Ortungsantenne einer Reihe von Einflussfaktoren, wie z.B. einer Dämpfung durch die endliche Leitfähigkeit des Bodens. Durch das gleichzeitige, direkte Messen des Blitzstromes in den Sendemast am Gaisberg (Salzburg) seit 1998 und der indirekten Bestimmung der Amplitude aus den Daten von ALDIS ist es möglich Aussagen über die Genauigkeit der Amplituden-Bestimmung bei Ortungssystemen zu machen. Neben der Überprüfung der Amplitudenermittlung kann auch die Genauigkeit der Ortung des Einschlagpunktes beurteilt werden.

Die direkte Blitzstrommessung an einem Sendemast stellte in jeder Hinsicht eine messtechnische Herausforderung dar. Es muss unter extremen klimatischen und elektromagnetischen Bedingungen eine möglichst genaue Aufzeichnung des gesamten Blitzstromverlaufes durchgeführt werden. Weiters sind die Unkenntnis des Einschlagzeitpunktes, der große Amplitudenbereich des Blitzstromes (einige 100 Ampere bis einige 10 Kiloampere) und die enorme zeitliche Dynamik als erschwerend hervorzuheben.

Durch den Einsatz von Lichtwellenleitern und die damit erreichte Potentialtrennung ist es möglich, den Strom mittels eines breitbandigen Messwiderstandes (Frequenzbereich 0-3 MHz) an der Turmspitze zu messen. Durch den Einsatz eines Messwiderstand ist es im Gegensatz zu Messungen mit einer Rogowski-Spule möglich, auch die Langzeitströme zu registrieren. Diese Langzeitströme werden zu Beginn des Blitzstromes oder am Ende der Entladung beobachtet und haben eine Amplitude von einigen 100 Ampere. Dabei wird eine Ladungsmenge transportiert, die ein Vielfaches der Ladung des Stoßstromes beträgt. Die transportierte Ladung ist der bestimmende Faktor für die Ausschmelzungen, die am Fußpunkt der Blitzentladung auftreten.

Einige Daten über die Zahl der Einschläge in den Sendemast sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Jahr	Blitzschläge Österreich Gesamtgebiet	Blitzschläge Bundesland Salzburg	Geortete Flashes R<1km	Geortete Strokes R<1km	Aufgezeichnete Einschläge in den Sendemast
1995	131.469	12.295	29	125	-
1996	119.602	11.853	54	261	-
1997	123.597	10.390	49	271	-
1998	179.851	15.089	33	110	-
1999	104.958	8.105	30	93	81
2000	207.641	19.851	62	217	104
2001	132.785	11.112	34	160	55

Tabelle 1: Anzahl der Blitzschläge

Zur Kontrolle des Einschlagpunktes ist im Abstand von ca. 150m vom Sendemast eine High-Speed Kamera installiert, die einen Turmeinschlag mit bis zu 1000 Bilder pro Sekunde aufzeichnen kann. Leider wird durch Wolken und Nebelschwaden die Sicht beeinträchtigt. Die Videoaufnahmen können dann nicht ausgewertet werden.

Das Diagramm 1 ist eine Gegenüberstellung der Stromamplituden, wie sie direkt am Sendemast gemessen wurden und den Werten aus den ALDIS- Daten. Der ermittelte Zusammenhang (Korrelationsgerade)

$$I_{\text{ALDIS}} = 0,94 \cdot I_{\text{Sendemast}}$$

bestätigt, dass die aus den elektromagnetischen Feldern ermittelten Stromstärken nur um 6% von den direkt gemessenen Stromstärken abweichen.

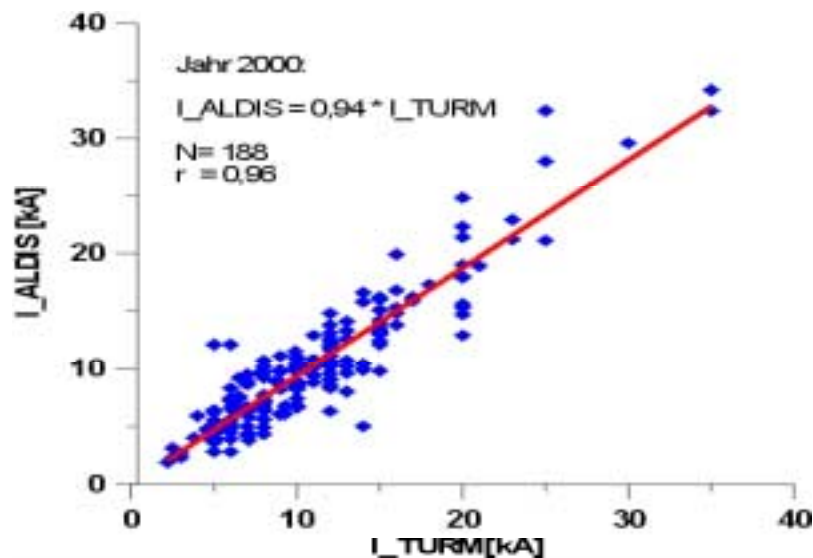


Diagramm 1: Korrelation zwischen den I_{Turm} und I_{ALDIS}

Interessante Bilder liefert die High-Speed Videokamera (1000 Bilder/Sekunde). Bei den meisten Aufnahmen kann eine seitliche Versetzung des gesamten Blitzkanals zwischen den einzelnen Teilblitzen beobachtet werden. Als Ursache wird der Wind angenommen. Die größte Windverschiebung des Kanals wurde beim Einschlag am 17.8.2000 beobachtet. Innerhalb von 500ms (Beginn der Blitzentladung bis Ende des Stromflusses) wurde der Blitzkanal um ca. 6m versetzt. Trotz der relativ großen seitlichen Verschiebung bleibt der Fußpunkt der Blitzentladung unverändert.

Anbindung von Windkraftanlagen an das elektrische Netz

A. LAIER

Das untersuchte Thema ist von großer Aktualität, da entsprechend der EIWOG-Novelle Ökoenergie (Wind, Photovoltaik, Biomasse) im Ausmaß von 4% der Endenergie eingespeist werden muss und Energie aus Kleinwasserkraftwerken in Höhe von 8% zusätzlich einzubringen ist.

Kleinwasserkraftwerke und Biomasse-Kraftwerke stellen „ruhige“ Erzeuger dar, die nur geringe zeitliche Änderungen der Leistung verursachen und daher gut planbar sind. Zudem sind diese Energiequellen gleichmäßig im Netz verteilt und führen daher nur zu geringen Problemen.

Photovoltaik-Anlagen haben nur geringe Leistungen und sind daher aus der Sicht der Netze in ihren Auswirkungen unbedeutend.

Windkraftanlagen (WKA) stellen ernsthafte technische Probleme für die Verteilungsnetze dar:

- Das Dargebot der Windkraft ist nur an wenigen Standorten ausreichend hoch.
- Die Windkraftanlagen sind aufgrund der Großwetterlagen gleichzeitig in Betrieb oder gleichzeitig abgeschaltet, wodurch sich hohe Netzurückwirkungen ergeben.
- Die Windkraftanlagen werden meistens in dünn besiedelten Regionen aufgestellt, wodurch die verfügbaren Durchleitungskapazitäten der Netze beschränkt sind. Dadurch treten besonders große Netzurückwirkungen auf.

Folgenden Fragestellungen wurden untersucht:

- Welche technischen Probleme treten bei der Konzentration von Windkraftanlagen in Windparks an wenigen Standorten auf?
- Wie groß können die Leistungen von Windparks in Abhängigkeit von der Netzlänge, den Leitungsquerschnitten und der verfügbaren Kurzschlussleistung im Umspannwerk werden, ohne dass unzulässige Rückwirkungen entstehen?
- Wie kann erreicht werden, dass Windenergieanlagen trotz gutem Winddargebot nicht wegen zu großen Netzurückwirkungen vom Netz genommen werden müssen?

Diese Fragen werden durch Simulationen beantwortet. Der derzeitige Stand der Netzanschlussbedingungen für Windkraftanlagen aus der Literatur wurde diesen Simulationen zugrunde gelegt.

Forschungsarbeiten zur rechnergestützten Systemtechnik und Energiemanagement im wettbewerbsorientierten Strommarkt (in Kooperation mit Unternehmen der Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft)

H. MÜLLER

Auf dem Gebiet der **Prognose** wurden die Arbeiten im Rahmen des von der EU geförderten (Brite-Euram II) thematischen Netzwerkes "Intelligent Forecasting Systems for Refineries and Power Systems" in den ersten Monaten von 2001 abgeschlossen. Die Aktivitäten zu diesem Themenkreis hatten im wesentlichen die Untersuchung von Methoden, die auf sogenannte "Soft Technologies" (Neurale Netze, Fuzzy Logik) zurückgreifen, zur **Lastvorhersage** und schließlich auch zur **Preisvorhersage am Strommarkt** zum Inhalt. Soweit diese Arbeiten in der Kooperation mit der Firma Siemens AG Österreich, PSE, abgewickelt worden waren, wurden sie durch eine zusammenfassende Berichterstellung über die Einbettung der Prognoseaufgabe in das informationstechnisch unterstützte Energie-Management bzw. den -Vertrieb abgerundet (siehe unter 9. Veröffentlichungen MÜLLER/SCHÜTZENHOFER/STURM zur Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001).

Die ebenfalls in Kooperation mit Siemens AG Österreich, PSE, zum Problemkreis des **Energiemanagements** durchgeführten Untersuchungen und Adaptionen am System DEMS (Dezentrales Energie Management System) wurden 2001 zu einem Zwischenabschluss gebracht – in Form der Dissertation RUDOLF (siehe unter 4. Dissertationen, wo auch zusammenfassend die diesbezügliche Aktivitäten kurz beschrieben sind). Zusätzlich wurde darüber bei verschiedenen Tagungen über verschiedene Teilaspekte daraus ausführlich berichtet (siehe unter 9. Veröffentlichungen bzw. 10. Vorträge MÜLLER/RUDOLF).

Im Konnex mit dem Aufgabengebiet **Prognose** wurde aber gleichzeitig mit weiteren Aktivitäten zum DEMS begonnen: da Prognosen eine wesentliche Grundlage für die Einsatzplanung im DEMS sind, wird derzeit ein Modellansatz zur Vorhersage der Erzeugung aus Windkraft erarbeitet.

Zur Thematik der **Preisschätzung am Strommarkt** wurden in Zusammenarbeit mit der Firma IRM (Integriertes Ressourcen Management) AG verschiedene Pricingmodelle (Lognormal, Pilipovic) und Simulationsansätze ("historische", Monte Carlo) untersucht und ihr Einfluss auf die Risikobewertung verglichen (siehe unter 3. Diplomarbeiten GRANZER).

Forschungsarbeiten aus dem Bereich "Energiewirtschaft"

H. MÜLLER

Mit Februar 2001 wurde der Ergebnisbericht zu dem seitens der Österr. Nationalbank Jubiläumsfonds über 2 Jahre geförderten Forschungsvorhaben "**Optimierte Förderstrategien für erneuerbare Energietechnologien basierend auf empirischen Analysen bisher durchgeführter Programme**" erstellt und das Projekt abgeschlossen. Bei dem Vorhaben waren unter der Projektleitung durch MÜLLER und unter Mitarbeit von HAAS, R., HUBER, C., BERGER, Martin, HEIDENREICH, M., RESCH, G. und TAUS, H. nach einer Dokumentation und Analyse der historischen Entwicklung erneuerbarer Energieträger ("EET") in der EU bzw. detaillierter in Österreich die Entwicklungen der Effizienz verschiedener Technologien zur Nutzung von EET untersucht worden. Speziell für Österreich erfolgte eine nähere Betrachtung der Hemmnisse in bezug auf die Markteinführung einzelner Technologien und angeschlossen eine detaillierte Dokumentation und Analyse weltweit implementierter Förderstrategien zur Überwindung dieser Hemmnisse, wobei "Instrumente basierend auf Freiwilligkeit", "Regulative preisgesteuerte oder kapazitätsgesteuerte Instrumente" und "Indirekte Instrumente" unterschieden wurden. Daraus wurden schließlich optimierte Förderstrategien für einzelne Technologien abgeleitet, die speziell auf die Situation in Österreich zugeschnitten sind und die Investitions- wie Betriebskosten der regenerativen Energietechnik durch die Stimulation des Marktes mit einer differenzierten Förderpraxis reduzieren sollen.

Neben dem umfassenden Ergebnisbericht wurde über verschiedene (Teil-)Aspekte des Projekts in einer Diplomarbeit (siehe unter 3. Diplomarbeiten TAUS) sowie einigen Beiträgen zur Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Wien, 21. – 23. Febr. 2001, (siehe auch unter 9. Veröffentlichungen und 10. Vorträge) berichtet:

RESCH, G. und TAUS, H.: "Bewertung regulierender und freiwilliger Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energieträger",
 HUBER, C.: "Kosteneffiziente Strategien zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen für Österreich",
 HEIDENREICH, M. und FECHNER, H.: "ÖKOSTROM Controlling",
 BERGER, Martin und KRANZL, L.: "Perspektiven für Biomasse-Verstromung in KWK in Österreich".

Neu beantragt und nach Bewilligung der Förderung auf 2 Jahre durch die Österr. Nationalbank Jubiläumsfonds mit August 2001 begonnen wurde das Forschungsvorhaben "**Verbesserte wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen für die Einspeisung von Ökostrom**". Unter der Projektleitung durch MÜLLER ist hier der Hauptmitarbeiter/Dissertant M. HEIDENREICH. Über erste Teilergebnisse aus den bereits angestellten Untersuchungen wird beim 7. Symposium Energieinnovation "Energieinnovation in Europa", 31. Jänner bis 1. Febr. 2002, in Graz, im Beitrag HEIDENREICH, M., AUER, H. und MÜLLER, H.: "Ein dynamischer Performanceindikator zur Verbreitung von Ökostrom" berichtet.

Planung von Verteilnetzen bei dezentraler Erzeugung

G. PÖPPL

1. Integration von dezentralen Einheiten

Um dezentrale Einheiten bei der Planung von Verteilnetzen zu berücksichtigen, sind zusätzliche Aspekte zu beachten. Neben wirtschaftlichen und organisatorischen/strukturellen sind vor allem technische Vorgaben einzuhalten, wie z.B.

- Spannungsanhebungen und Spannungsschwankungen
- Lastflussumkehr im Schwachlastfall
- Netzurückwirkungen durch Anbindung über Wechselrichter
- Schutzmaßnahmen

2. Algorithmus zur Optimierung von Niederspannungsnetzen bei dezentraler Erzeugung

Voruntersuchungen

Vor Beginn der Optimierung sind entsprechende Planungsrichtlinien und Standardbetriebsmittel festzulegen. Daraus ergeben sich Nebenbedingungen für die Optimierung, wobei durch abgeleitete Heuristiken Vereinfachungen möglich sind.

Für die überlagerten Mittelspannungsnetze können über Modellnetzuntersuchungen Kosten abgeschätzt werden. Dabei werden ausgehend von einem definierten System von Modellnetzkomponenten, wie Anlagenkonzepte für Umspannwerke, Kabel und Netzstationen, unterschiedliche Lastdichten untersucht. Die Netze werden dabei so konzipiert, dass bei ansteigender Lastdichte auf bestehende Netzkomponenten aufgebaut werden kann [1].

Modell

Ziel der Optimierung ist die Minimierung der Investitions- und Verlustkosten unter Berücksichtigung von dezentralen Einheiten.

Als Nebenbedingungen sind zu berücksichtigen:

- Belastungsrestriktionen
- Spannungshaltung
- Netzform
- Grenzen der Kurzschlussleistung
- Erfüllung des Strom- und Wärmebedarfs
- Nebenbedingungen aufgrund der Betriebsweise der dezentralen Einheiten

Das Gleichungssystem (Zielfunktion und Nebenbedingungen) ergibt nach Linearisierung ein gemischt-ganzzahliges Modell.

Die Lösung erfolgt mit Hilfe des in Abb. 1 dargestellten Zerlegungsverfahrens (Benders-Dekomposition [2])

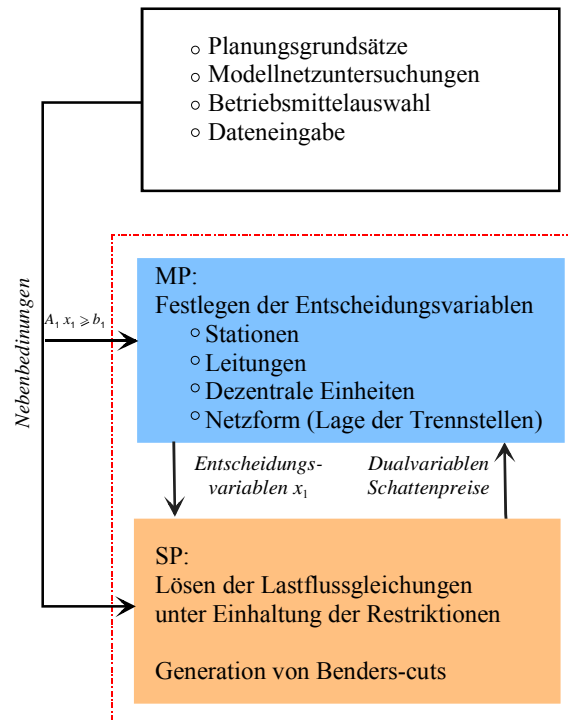


Abb. 1: Netzplanungsalgorithmus mit Benders-Dekomposition

Damit können Netzrestrukturierungsmaßnahmen zur Kostensenkung ermittelt und zudem mögliche und bevorzugte Einsatzorte von dezentralen Energieerzeugungsanlagen bestimmt werden.

3. Literatur

- [1] G. Brauner, G. Pöpl, *Netzrestrukturierung und Kosteneinsparung in Mittel- und Niederspannungsnetzen*, Studie, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, TU Wien, Mai 2001
- [2] L. S. Lasdon, *Optimization Theory for Large Systems*, Macmillan Series in Operations Research, 1970

Optimale dezentrale Energieversorgung

F. RASCHBACHER

Durch die EIWOG-Novelle wird die Zahl der dezentralen Erzeugungseinheiten auf Basis von Kleinwasserkraftwerken und Windkraftwerken stark zunehmen. Weiters ist zu erkennen, dass dezentrale Erzeugungseinheiten, wie Brennstoffzellen, Verbrennungsmotoren und Mikroturbinen, durch stetigen Preisrückgang deutlich Marktanteile gewinnen werden. In dieser Arbeit werden die bereits am Institut entwickelten stochastische Modelle zur Simulation des Strom- und Wärmebedarfes zur Ermittlung der maximalen Grenzkosten einer dezentralen Versorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern, bei deren Neubau, verwendet.

Meistens fällt der Zeitpunkt des Bedarfes der thermischen Spitzenleistung mit dem Zeitpunkt des Bedarfes der elektrischen Spitzenleistung nicht zusammen. Dagegen ist bei dezentralen Einheiten die Erzeugung elektrischer und thermischer Leistung sehr stark gekoppelt. Für die alleinige Versorgung eines Verbrauchers mit einer dezentralen Einheit kann es durchaus sinnvoll sein, diese starre Kennlinie, zumindest in eine Richtung, „aufzuweichen“. Das erreicht man durch Verwendung einer elektrischen Zusatzheizung, die den „überschüssigen“ Strom in Wärme umwandelt und in weiterer Folge zu einer Verringerung der notwendigen Nennleistung und damit der Investitionskosten der dezentralen Einheit führen kann. Es wird ermittelt, wie weit die Investitions- und Betriebskosten dezentraler Energieversorgungssysteme sinken müssen, damit diese Systeme eine ernsthafte „Gefahr“ für die konventionelle Versorgung darstellen. Die dezentrale Einheit kann entweder als alleiniges Versorgungssystem oder als Teil, z. B. in Kombination mit Widerstandsheizung, auftreten. Fünf konventionelle Systeme sollen dabei berücksichtigt werden, diese sind Strom-, Fernwärmeanschluss, Gas-, Ölheizung und elektrische Widerstandsheizung. Zusätzlich kann auch die optimale Nennleistung der dezentralen Einheit ermittelt werden.

Modellbildung

Nach [1] gelten die Globalstrahlung, die Windgeschwindigkeit und die Außentemperatur als Haupteinflussfaktoren für den Wärmebedarf. In [2] wird dargestellt, dass der Strombedarf von der Globalstrahlung abhängig ist. Im Allgemeinen, besonders aber bei Niedrigenergiehäusern, sind auch innere Wärmequellen für den Wärmebedarf von Wohnbauten von großer Bedeutung. Diese Zusammenhänge sind in Abb. 1 veranschaulicht und werden, zusammen mit einem Heizungsregler, mangels vorhandener Messdaten in MATLAB[®] simuliert.

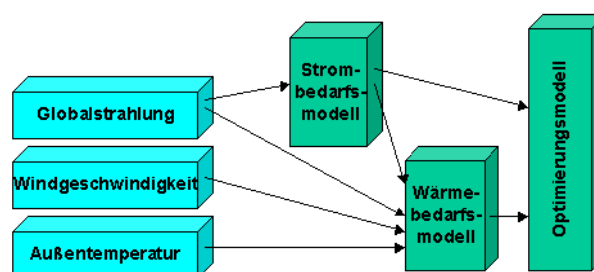


Abb. 1. Blockbild des Gesamtsystems

Aus diesen simulierten Lastgängen werden dann gemeinsame Häufigkeitsverteilungen $\langle P_{el}, P_{th} \rangle$ errechnet. Diese stellen gemeinsam mit einer Reihe von Kostenfaktoren die Eingangsdaten für ein nachgeschaltetes GGLP Optimierungsmodell dar, wo für den betreffenden Haushalt die kostengünstigste Energieversorgungsstruktur bestimmt wird. Man erhält eine Aussage darüber, welche Versorgungssysteme, einzeln oder in Kombination, aus der Sicht der Verbraucher die wirtschaftlichste Erfüllung der Nachfrage ermöglichen. Kosten verursachen einerseits die Energiekonverter (z. B. Ölheizung) und andererseits die Netzanschlüsse und die Energielieferung (Abb. 2).

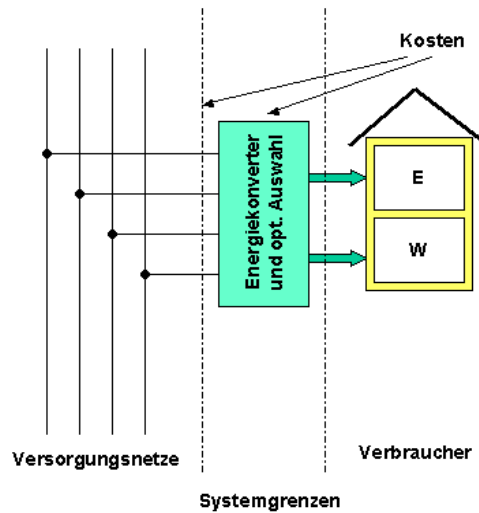


Abb. 2. Kosten der Energieversorgung

In der Zielfunktion werden die Kosten der Gesamtenergieversorgung errechnet und sie wird unter den Nebenbedingungen der Erfüllung der Leistungsnachfrage (thermisch und elektrisch) und weiteren Leistungsgrenzen, die aus der nicht vorgegebenen Ausbauleistung der dezentralen Einheit resultieren, minimiert. Um die maximalen Grenzkosten der dezentralen Einheit ermitteln zu können, werden zusätzlich die Investitionskosten der dezentralen Einheit stufenweise erhöht.

Ergebnisse

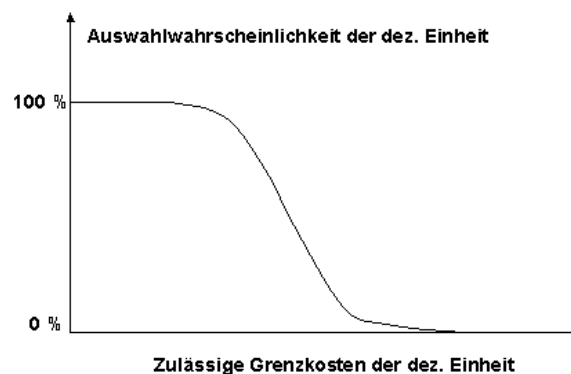


Abb. 3. Auswahlwahrscheinlichkeit der dezentralen Einheit bei unterschiedlichen Investitionskosten

In Abb. 3 ist ein typisches Ergebnis der Optimierung dargestellt. Daraus können die maximal zulässigen Grenzkosten einer dezentralen Einheit bei einer beliebigen Auswahlwahrscheinlichkeit, z. B. 50 %, abgelesen werden.

Literatur

- [1] Panzhauser, E. *Verhaltens- und bautechnische Einflußfaktoren auf den Heizenergieverbrauch*. E und M, 1982
- [2] Böck, M.; Haas, R. *Der temperaturabhängige Strombedarf im Haushalt*. Studie, TU-Wien, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, 1995

Strömungsmechanisches Modell eines Schaltlichtbogens bei magnetischer Blasung

Leiter: em. o. Univ. Prof. Dr. Werner RIEDER.

Durchführung in enger Zusammenarbeit mit o. Univ. Prof. Dr. Wilhelm SCHNEIDER,
Vorstand des Instituts f. Strömungslehre und Wärmeübertragung.

Ziel: Den Einfluß der strömungsdynamischen Verhältnisse auf die Bewegung eines magnetisch beblasenen Lichtbogens in Lichtbogenkammern einfacher Geometrie zu erfassen und ein möglichst einfaches mathematisches Simulations-Modell der Lichtbogenbewegung zu entwickeln, das bei der Optimierung der Löschkammergeometrie von Niederspannungs-Leitungsschutzschaltern dienlich ist.

Industriepartner: EATON Corp., Milwaukee (USA); SIEMENS AG, Regensburg (D).

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Karl BERGER,
Dipl.-Ing. Bernhard GESSL.

Für zufriedenstellende strombegrenzende Funktion von Leitungsschutzschaltern bei der Kurzschlußunterbrechung ist unter anderem eine rasche Bewegung des Schaltlichtbogens von der Stelle der Kontakttrennung zu den Löschblechen erforderlich. Die rasche Expansion des Lichtbogens nach seiner Entstehung sowie dessen Bewegung verursachen Druckwellen, die sich in der Lichtbogenkammer fortpflanzen und an den Enden reflektiert werden. Die Wechselwirkung dieser reflektierten Druckwellen mit dem Lichtbogenplasma ist von maßgeblichem Einfluß auf die Lichtbogenbewegung.

Die bisherigen Untersuchungen konzentrierten sich auf das Laufverhalten des Lichtbogens im transversalen Magnetfeld (Blasfeld) zwischen Laufschiene aus Kupfer. Variiert wurden Stärke und Art (Fremd-, Eigenfeld) des Blasfeldes sowie die Geometrie der Lichtbogenkammer. Zwischen *parallelen Laufschiene* wurde der Einfluß der Behinderung der Zu- und Abströmung an den Kammerenden sowie der Einfluß seitlicher Spalte zwischen Wänden und Laufschiene auf die Lichtbogenbewegung untersucht.

Bei Kammeranordnungen mit *asymmetrisch divergenten Laufschiene* (60° , 75° und 90° Winkel an einer Elektrode, die andere Elektrode gerade) wurden Versuche mit Eigenfeldbeblasung zwischen seitlich dicht anliegenden Wänden durchgeführt. Die Intensität des magnetischen Blasfeldes wurde mit unterschiedlicher Laufschienehöhe bei sonst gleichen Abmessungen der Lichtbogenkammer variiert. Das Ende der Lichtbogenkammer war entweder offen, oder mit einer Anordnung von Keramikplättchen zu 50% verdämmt, die Seitenwände wurden stets dicht anliegend angeordnet.

Um die Bewegung des Lichtbogens zu erfassen, wurde für jede Kammergeometrie eine entsprechende Anordnung von 30 Lichtleitern ausgeführt. Zu ausgewählten Zeitpunkten wurde zudem eine Fotografie bei jeweils $10\ \mu\text{s}$ Verschlusszeit aufgenommen. Die Ausbreitung von Druckwellen in der Lichtbogenkammer wurde durch Drucksensoren in der Keramikwand registriert. Um die örtliche und zeitliche Entwicklung des Lichtbogens sowie die Ausbreitung der Druckwellen in der Lichtbogenkammer darzustellen, wurden aus den Versuchsdaten AVI (Audio Video Interleaved) - Dateien erstellt. Die Einzelbilder geben dabei den Zeitverlauf der

Versuchsdaten wieder. Die folgende Abb. 1 zeigt ein Einzelbild eines solchen Films und das bei diesem Versuch aufgenommene Kurzzeitfoto.

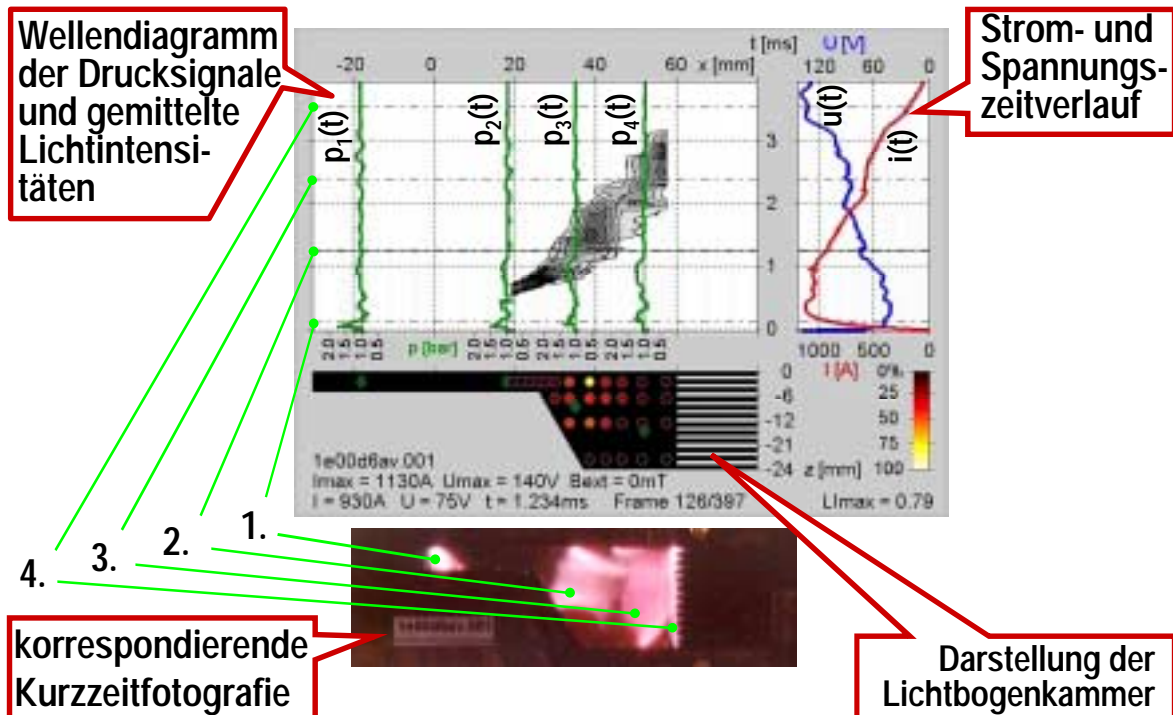


Abb. 1: Einzelbild eines aus Versuchsdaten erstellten AVI-Films (obere Grafik mit grauem Hintergrund) und die korrespondierende Kurzzeitfotografie (unten), die vier Teilbilder zeigt, die im Abstand von jeweils 1.1 ms aufgenommen wurden. Parameter: Querschnitt der Lichtbogenkammer vor der Aufweitung 5×5 mm, danach 5×24 mm, Kathode gerade, um 60° gebogene Anode, Kammerende links offen, rechts 50 % verdämmt, Zündung 30 mm vom linken Kammerende entfernt, Querschnitt der Laufschiene 5×1 mm, Eigenfeldbebläsung, Lichtbogenstrom vor Erreichen der Aufweitung 1130 A.

Der AVI-Film zeigt für einen Versuch mit 60° Aufweitung rechts oben ein Diagramm des Strom- und Spannungszeitverlaufes und links oben ein Wellendiagramm der Druck-Zeitverläufe der vier in der Wand der Lichtbogenkammer angeordneten Drucksensoren, dem eine Darstellung mittlerer Lichtintensitäten der Lichtleitersignale unterlegt ist. Dabei verläuft die Zeitachse jeweils von unten nach oben, die dem Zeitpunkt des ausgegebenen Bildes entsprechende Zeit wird jeweils durch eine waagrechte Linie (auf diesem Bild bei 1.234 ms) angegeben. Strichpunktierte Linien geben die Zeitpunkte an (etwa alle 1.1 ms), in denen Kurzaufnahmen des Lichtbogens erfolgten. Links unten gibt eine schematische Darstellung der Lichtbogenkammer die der aktuellen Ausgabezeit entsprechenden Momentanwerte der Druck- (Rauten) und Lichtleitersignale (Kreise) als farbige Flächen wieder. So kann bei der Betrachtung des Films, dessen Einzelbilder $10 \mu s$ Zeitschritte im Versuchsablauf repräsentieren, die Ausbreitung der Druckwellen sowie insbesondere die Lichtbogenbewegung visualisiert werden. Die in Abb. 1 unten dargestellte Kurzaufnahme zeigt den Lichtbogen zu vier Zeitpunkten (mit jeweils $10 \mu s$ Verschlusszeit) mit hoher örtlicher Auflösung, während die Lichtbogenkammerdarstellung im AVI-Film gute zeitliche Auflösung, allerdings nur für die Punkte der 30 Lichtleiter bietet.

Die Bewegungsgeschwindigkeiten der Fußpunkte an der geraden beziehungsweise geknickten Laufschiene sind im Bereich der Aufweitung stark unterschiedlich. Plasmastrahlen, die von stationären oder sich nur langsam bewegenden Fußpunkten an der geknickten Laufschiene

ausgehen beeinflussen die Wanderungsgeschwindigkeit auf der geraden Laufschiene ebenso wie eine eventuelle Verdämmung.

Bei den bisherigen Untersuchungen wurde die Lichtbogenkammer in Bewegungsrichtung des Lichtbogens entweder offen gelassen oder mit einer Strömungsdrossel aus nichtleitendem, unmagnetischem Material (Keramik) versehen. Ein Leitungsschutzschalter weist an dieser Stelle eine Anordnung von Löschblechen auf, die den Lichtbogen in mehrere serielle Teillichtbögen unterteilen. Aus der Fußpunktbildung auf den Löschblechen resultiert ein Spannungsabfall durch die zusätzlichen Anoden- und Kathodenfallgebiete, zudem wird der Lichtbogen im engen Spalt zwischen den Blechen intensiv gekühlt, wodurch der Spannungsbedarf weiter erhöht wird.

Dieser Vorgang der Lichtbogenunterteilung ist Gegenstand der laufenden Untersuchungen. Dazu sind zusätzlich zu den bisher erfassten Messdaten (Lichtbogenstrom, Lichtbogen Spannung, Druckverlauf in der Lichtbogenkammer, Ort, Form und Bewegung des Lichtbogens) auch die Teilspannungen an den Löschblechen zu erfassen. Neben der Größe des Lichtbogenstromes und den geometrischen Abmessungen der Lichtbogenkammer und der Formgebung des Löschblechpaketes auch die Materialeigenschaften der Löschbleche bedeutsam.

Weder das für Kammern mit parallelen Laufschiene entwickelte „Slug“-Modell für den Lichtbogen (das den Lichtbogen zwischen den Wänden ähnlich einer sich bewegenden Blase in einem Rohr beschreibt) noch das damit gekoppelte eindimensionale Wellenausbreitungsmodell läßt sich auf die geänderten geometrischen und magnetischen Verhältnisse bei divergenten Laufschiene, Eigenfeldebeblung und bei einer Löschblechanordnung unmittelbar übertragen.

Daher wurden (noch für parallele Laufschiene) mit einem CFD-Programm (Computational Fluid Dynamics, finite Volumenmethode) zweidimensionale Simulationen des Lichtbogens in der Ebene zwischen den Elektroden und auch in der Ebene zwischen den Wänden durchgeführt. Als Vorbereitung zur Berechnung des Lichtbogens mit *divergenten Laufschiene* wurde die *xz*-Rechnung (Ebene zwischen den Elektroden) als Grundlage genommen. Es werden als erstes die Elektroden als hochviskoses Fluid mitgerechnet, um das Magnetfeld, das durch den Strom durch die Elektroden verursacht wird, „das Eigenfeld in den Zuleitungen“, in die Berechnung des Lichtbogens einzubeziehen. Anschließend ist die Berechnung mit divergierenden Laufschiene und der Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen geplant.

Publikationen:

K. Berger, G. Gessl, W. Schneider, W. Rieder: Arc motion and wave propagation in arc chambers with lateral chinks between arc runners and walls. Proc. 47th IEEE Holm Conf. on El. Contacts (2001) 1 –5

Im Druck:

K. Berger, G. Gessl, W. Schneider, W. Rieder: Arc motion and wave propagation in arc chambers with lateral chinks between arc runners and walls. IEEE Trans CPT-25 (2002)

Kontaktkinetik

Leiter: em. o. Univ. Prof. Dr. Werner RIEDER.

Ziel: Schaffung allgemein anwendbarer quantitativer Unterlagen über den Einfluss der Kontaktkinetik auf Kontaktzuverlässigkeit und Lebensdauer von Schaltgeräten für Nennströme ≤ 16 A.

Industriepartner: AMI Doduco, Cherry, dmc², Delphi Automotive, Elektrisola, Gruner AG, Hella KG, Heraeus GesmbH, Inovon GmbH & Co. KG, Metalor, Quinel, Siemens AG, Trierer Walzwerk GmbH, Tyco Electronics (AMP, Axicom, Schrack)

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Martin HAMMERSCHMIDT
Dipl.-Ing. Alexander NEUHAUS.

Die Untersuchungen betreffen primär die Ursachen des Nichtöffnens von Schaltkontakten in Relais oder Mikroschaltern und die Abhängigkeit dieser Ausfallsursachen von der Schaltzahl und den Parametern der Kontaktkinetik.

A Diagnose der Ausfallursache eines Kontaktes

- (1) Es wurde ein Diagnosegerät entwickelt, welches es ermöglicht, die effektive Kontaktkraft eines Serienschalters während eines Lebensdauerversuches laufend zu messen und daraus den Verlauf des effektiven Kontaktabstandes zu bestimmen, sofern es möglich ist, den Schalter zur Anbringung eines Kraftsensors entsprechend zu modifizieren.
- (2) Mit diesem Gerät durchgeführte Messungen während Lebensdauerversuchen zeigten charakteristische Abschnitte in den Verläufen des effektiven Kontaktabstandes, welche bestimmten Phänomenen der Kontakterosion (= Materialwanderung und/oder Abbrand) zugeordnet werden konnten.
- (3) Auf Grund der Arbeiten (1) und (2) wurde ein Verfahren zur laufenden Abschätzung des effektiven Kontaktabstandes aus der Messung des Spannungsverlaufs entwickelt.
- (4) Es wurde ein Auswerteprogramm entwickelt, welches es ermöglicht aus Messungen nach (1) oder (3) typische Verläufe des effektiven Kontaktabstandes automatisch zu erkennen und daraus auf die Ausfallursache, eventuell auch auf den Ausfallmechanismus zu schließen.

B Einfluß der Kinetikparameter auf die Schweißkraft

- (1) Es wurde ein Modellschalter entwickelt, der es ermöglicht die wesentlichen Kinetikparameter in gewissen Bereichen zu definieren und von einander unabhängig zu variieren.
- (2) Damit durchgeführte Untersuchungen zeigten die Abhängigkeit der Schweißkraft und -häufigkeit von der Auftreffgeschwindigkeit, der Massen der Schaltstücke, der Gleitkomponente der Mitgangsbewegung und der Vorspannkraft der Mitgangsfeder.

- (3) Diese Zusammenhänge wurden durch einfache physikalische Modelle interpretiert und mit Hilfe eines mathematischen Modells beschrieben und der Berechnung zugänglich gemacht.

Mit den entwickelten Geräten und Auswerteprogrammen sollen Versuche an möglichst verschiedenartigen Gerätekonstruktionen und bei verschiedenen Beanspruchungen durchgeführt werden, um eine möglichst breite Anwendbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse zu gewährleisten. Insbesondere soll der Einfluss des Kontaktwerkstoffes auf die einzelnen Effekte eingehend untersucht werden.

Publikationen:

Im Druck:

M. Hammerschmidt, A. Neuhaus, W. Rieder: Diagnostics of contact failure mechanisms in relays. 21st International Conference on Electrical Contacts, Zürich 9.-12.9.2002

A. Neuhaus, M. Hammerschmidt, W. Rieder: Influence of kinetic parameters on contact welding in low power switches. 21st International Conference on Electrical Contacts, Zürich 9.-12.9.2002

A. Neuhaus, M. Hammerschmidt, W. Rieder: Influence of arc duration and current on contact welding in low power switches. 48th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Orlando, FL 21.-23.10.2002

M. Hammerschmidt, A. Neuhaus, W. Rieder: System to investigate the effects of material transfer in relays. 48th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Orlando, FL 21.-23.10.2002

Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Netztechnik und Betriebsorganisation in der Mittelspannungsebene auf die Versorgungszuverlässigkeit

G. THEIL, M. THEIL

Im liberalisierten Strommarkt sind die Elektrizitätsunternehmen verstärktem Wettbewerbsdruck unterworfen. Sie werden somit gezwungen, durch Umstrukturierung der Netze und der Betriebsorganisation Kosten zu senken. Diese Maßnahmen beeinflussen aber in der Regel die Zuverlässigkeit der Netze. Gleichzeitig gewinnt die Zuverlässigkeit als ein wesentliches Merkmal der Versorgungsqualität an Bedeutung. Dies bewirkt einen wachsenden Bedarf an Instrumenten zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Verteilnetzen.

Verfahren zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Hochspannungsnetzen besitzen bereits einen hohen Entwicklungsstand, können jedoch nicht unverändert auf Mittelspannungsnetze übertragen werden. Die Unterbrechungsdauern von Mittelspannungsnetzen sind nicht nur von den mittleren Ausfallauern der Betriebsmittel, sondern auch von der Organisation der Fehlerortung und Wiederversorgung, sowie von der Verfügbarkeit von Netztechnik zur Unterstützung des Störungsdienstes abhängig. Die Zuverlässigkeitsanalyse von Mittelspannungsnetzen bedarf daher einer möglichst praxisnahen Simulation des Wiederversorgungsvorgangs nach der Versorgungsunterbrechung.

Die Zuverlässigkeit der Abnehmerstationen eines elektrischen Energienetzes wird durch folgende Kenngrößen bewertet:

$$\text{Zeitnichtverl  lichkeit:} \quad \text{NV}_t = \sum_{i=1}^n \text{H}_i \cdot \text{Tu}_i \quad (1)$$

$$\text{Energienichtverl  lichkeit:} \quad \text{NV} = \sum_{i=1}^n \text{H}_i \cdot \text{Tu}_i \cdot \text{P}_i / \text{E} \quad (2)$$

$$\text{Mittlere Unterbrechungsdauer:} \quad \text{Tu} = \sum \text{Tu}_i \cdot \text{H}_i / \sum \text{H}_i \quad (3)$$

- n Anzahl der simulierten Störungen
- H_i Häufigkeit des St rungsereignisses, 1/a
- Tu_i Unterbrechungsdauer pro Ausfall, h
- P_i Mittlere ausgefallene Last, MW
- E Jährlicher Energieverbrauch, MWh

Für verschiedene Abnehmergruppen sind diese Zuverlässigkeitskenngrößen von unterschiedlicher Bedeutung. In das Bewußtsein der Haushaltsabnehmer prägen sich von allem die Dauern der Versorgungsunterbrechungen und deren Häufigkeiten ein. Für Industrie- und Gewerbeabnehmer ist dagegen die Energienichtverl sslichkeit von Bedeutung, da sie eine monetäre Bewertung des durch Versorgungsunterbrechungen verursachten wirtschaftlichen Schadens ermöglicht. Eine Zuverlässigkeitsanalyse muß folglich die Bestimmung aller dieser Komponenten beinhalten.

Die Zuverlässigkeit kann durch eine Reihe von Maßnahmen im Bereich der Netzstruktur, Netztechnik und Organisation der St rungsabhebung beeinflusst werden. Mit Hilfe eines

entsprechenden Rechnerprogramms werden die Auswirkungen der am häufigsten diskutierten strukturellen und betrieblichen Änderungen im Bereich der Mittelspannung auf die Versorgungszuverlässigkeit veranschaulicht. Die Untersuchung eines Modellnetzes ergab:

Durch Verminderung der Anzahl von Lasttrennschaltern oder durch Sticheinbindung von Verbrauchern verringern sich die Leitungslänge sowie die Anzahl der Betriebsmittel und damit die Ausfallhäufigkeit der Abnehmerstationen. Dagegen erhöht sich die mittlere Unterbrechungsdauer der nicht selektiv abtrennbaren Stationen. Unter der Voraussetzung, daß die Unterbrechungsdauer durch Notstromversorgung beschränkt wird, kann mit diesen Maßnahmen neben einer Kosteneinsparung auch eine Verringerung der Gesamtnichtverläßlichkeit des Netzes erreicht werden, Abb. 1.

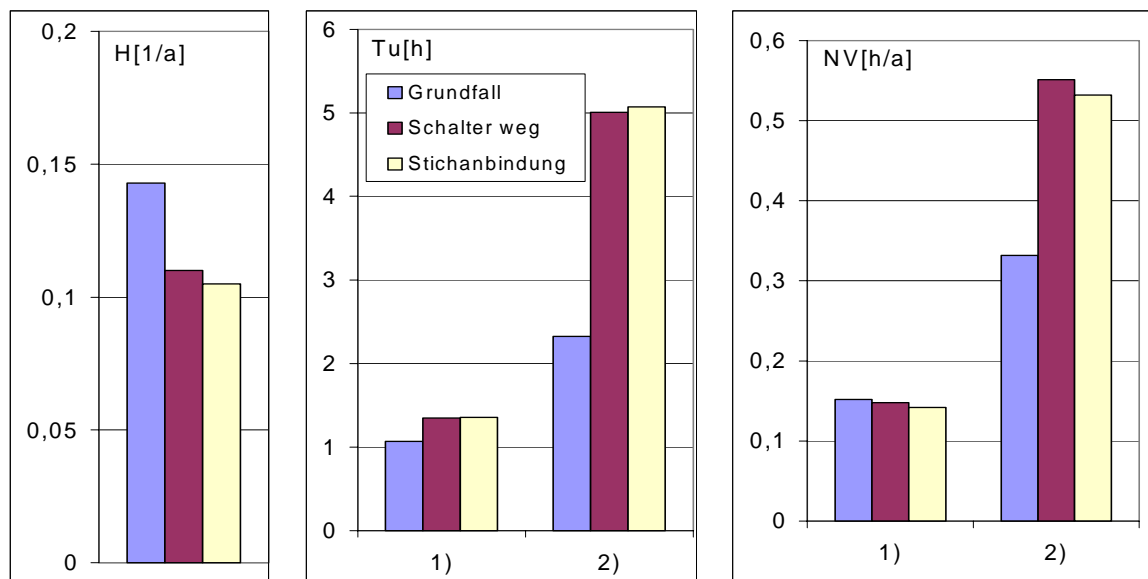


Abbildung 1 Vergleich der Zuverlässigkeitskenngrößen bei Einsparung von Betriebsmitteln 1) mit und 2) ohne Einsatz von Notstromversorgung

Für die optimale Strategie der Fehlerortung und Wiederversorgung können keine allgemein gültigen Richtlinien angegeben werden, da diese auf die Leitungsstruktur und die vorhandenen Betriebsmittel angepaßt werden muß. Für die untersuchten Leitungsstrukturen ist die Fehlerortung mit Kontrollschritt in Leitungsmitte günstiger als die sequentiell nach der Topologie fortschreitenden Fehlerortung. Bei beiden Strategien ist es besser, nach jedem Kontrollschritt wiederzuversorgen, als erst nach Abschluß der Fehlerlokalisierung.

Durch erhöhten Personaleinsatz (besetzte Umspannwerke, zwei Störungsmannschaften) ist eine deutliche Reduktion der Nichtverläßlichkeit zu erreichen, Abb. 2. Verbesserungen in derselben Größenordnung können aber auch durch Fernsteuerung erzielt werden, Abb. 3. Moderne Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologie schaffen folglich ein beträchtliches Potential zur Verbesserung der Netzzuverlässigkeit.

Jedes Netz besitzt seine individuelle Charakteristik, weshalb seine Zuverlässigkeit nicht ausschließlich nach den oben genannten allgemeinen Richtlinien beeinflusst werden kann. Vielmehr sollte jede Netzstruktur einer individuellen Zuverlässigkeitsanalyse unterzogen werden. Bei der Interpretation der Resultate ist zu berücksichtigen, daß diese mit Unschärfen behaftet sind, welche einerseits durch unsichere Eingabedaten, andererseits durch die dem

Ausfallprozeß inhärenten Streuungen verursacht werden. Unterschiede von Netzkonzepten sollten daher mit Hilfe von entsprechenden statistischen Methoden beurteilt werden.

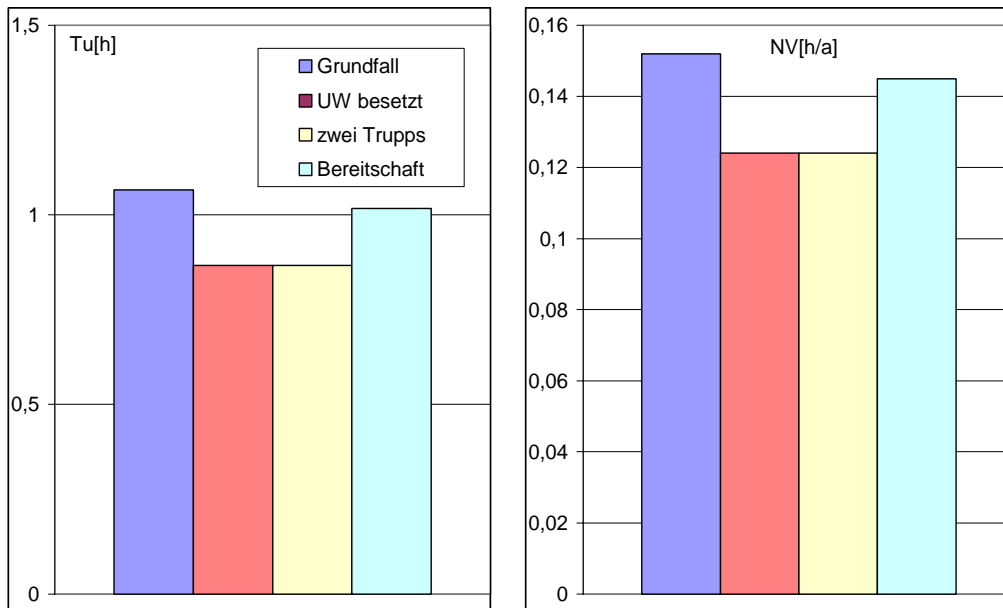


Abbildung 2 Auswirkungen von Personaleinsatz und Organisation des Störungsdienstes, mittlere Zuverlässigkeitskenngrößen pro Abnehmerstation

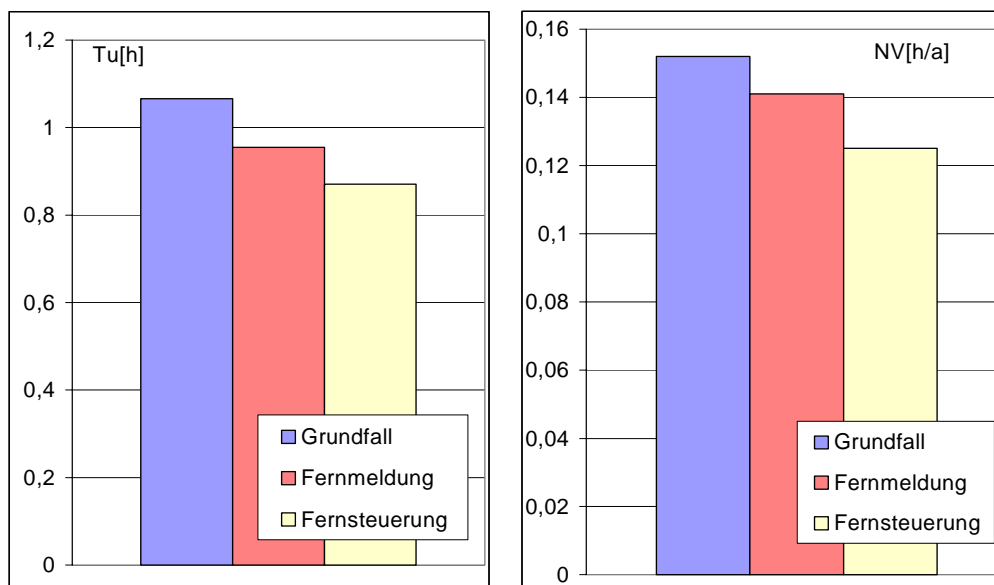


Abbildung 3 Einfluß des Einsatzes von Fernüberwachung und Fernsteuerung auf mittlere Zuverlässigkeitskenngrößen pro Abnehmerstation

Schrifttum

Theil, G.; Theil, M.: Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Netztechnik und Betriebsorganisation in der Mittelspannungsebene auf die Versorgungszuverlässigkeit. Forschungsbericht FB 1/2001, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien.

Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Verwendung von Ersatznetzen

G. THEIL

Analytische Methoden zur Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen beinhalten in der Regel die Simulation von Ausfällen bis zur zweiten Ordnung (Zweifachausfälle), wenn Erzeugungssysteme einbezogen werden auch von Ausfällen höherer als zweiter Ordnung. Überprüft man die Auswirkungen der Ausfälle mittels aufwendiger Verfahren wie beispielsweise optimierender Lastflußrechnung oder Stabilitätsrechnung, so gelangt man sehr rasch an die Leistungsgrenzen moderner Rechner. Es ist daher erforderlich, größere Netze ab ca. 100 Knoten zu segmentieren und die einzelnen Teilnetze getrennt zu untersuchen, wobei der Einfluß, den die umliegenden Netze im Verlauf der Ausfallsimulation auf den Lastfluß des untersuchten Netzsegments auswirken, entsprechend nachgebildet werden muß. Außerdem ist die Auswirkung der Zuverlässigkeit des externen Netzes auf das interne entsprechend zu modellieren. Hierbei ist sowohl die Rückwirkung der Nichtverläßlichkeiten der externen Netzkomponenten auf die Zuverlässigkeit des internen Netzes, als auch die Fähigkeit des externen Netzes, das interne in Ausfallsituationen zu unterstützen, nachzubilden.

Auf die Bedeutung einer zuverlässigkeitstechnischen Netzreduktion für die realitätsnahe Berücksichtigung benachbarter Netze, wird in [1] hingewiesen. In [2] wird ein Verfahren zur Nachbildung von Netzen der übergeordneten Spannungsebene in der Zuverlässigkeitsrechnung vorgestellt. Die am häufigsten verwendeten Ersatznetze für Netzsicherheitsrechnungen, insbesondere für Lastfluß- und Kurzschlußrechnungen, werden in [3] beschrieben und verglichen.

In der vorliegenden Arbeit wird die Problematik der Modellierung benachbarter Netze in jenen Fällen untersucht, in welchen diese eng mit dem eigenen Netz vermascht sind, so daß nach Ausfällen starke Rückwirkungen auf die Lastflußverteilung und das Spannungsniveau der Nachbarnetze erfolgen. Besondere Beachtung wird den Einrichtungen zur Lastflußsteuerung wie Generatoren mit Blindleistungsregelung, Transformatoren mit Stufenschaltern und FACTS-Elementen geschenkt, deren Einwirkung über die Grenzen der Teilnetze hinaus zum Tragen kommen und dadurch die Rückwirkung von Ausfallereignissen auf benachbarte Netze verstärken kann.

Es wird untersucht, ob sich Ersatznetze vom Typ Extended Ward [3], welche normalerweise für Lastfluß- Ausfallsimulationsrechnungen verwendet werden, auch für die Nachbildung externer Netze im Rahmen von Zuverlässigkeitsabschätzungen eignen. Mit einer geeigneten Festlegung der Grenzen zwischen externem und internem Netz werden Rückwirkungseffekte, welche zwischen diesen beiden Netzteilen durch Ausfälle von Netzelementen sowie durch Maßnahmen zur korrektiven Lastflußsteuerung verursacht werden, minimiert. Der Einfluß von folgenden Wirkungsverkettungen kann dann vernachlässigt werden:

- Ausfälle im externen Netz bewirken Leistungsdefizit im internen Netz.
- Ausfälle im internen Netz bewirken Überlastabschaltungen oder Lastabwurf im externen Netz oder das Ansprechen von Regeleinrichtungen des externen Netzes, verbunden mit Rückwirkung auf die Lastflußverteilung und Versorgungszuverlässigkeit des internen Netzes.

Es wird gezeigt, daß das externe Netz, sofern die oben beschriebenen Rückwirkungen vermieden werden, auch für Zuverlässigkeitsuntersuchungen hinreichend genau durch ein Ward- Äquivalent dargestellt werden kann. Die Verwendung eines speziellen Zuverlässigkeitsersatznetz ist dann nicht erforderlich.

Zur Bestätigung dieser Aussagen wird ein Ersatznetz vom Typ Extended Ward für ein reales Netz mit 240 Knoten erstellt, wobei die Grenzen zwischen internem und externem Netz nach den oben genannten Kriterien festgelegt werden. Das interne Netz umfaßt hierbei ca. 100 Knoten und deckt sich weitgehend mit dem Versorgungsbereich eines realen Elektrizitätsunternehmens. Es war jedoch erforderlich, einige Elemente von Nachbarnetzen in den internen Bereich mit einzubeziehen. Auf Grund entsprechender Vereinbarungen mit den Nachbarn bezüglich Datenaustausches konnte sicher gestellt werden, daß der interne Netzbereich vollständig beobachtbar ist.

Als Anwendungsfall für die entwickelten Ersatznetze wird eine Untersuchung über die Wirkung von Elementen zur Lastflußsteuerung, insbesondere von FACTS- Elementen auf die Zuverlässigkeit präsentiert. Diese Elemente werden im Rahmen der Simulation korrektiver Maßnahmen zur Verringerung von Ausfallwirkungen eingesetzt. Die Versuche werden für vier Netzausbauvarianten und drei Lastflußverteilungen mit unterschiedlicher Verteilung der Einspeisungen und unterschiedlichem Leistungstransfer durchgeführt.

Durch Vergleich der Resultate von Zuverlässigkeitsuntersuchungen für das vollständige und das reduzierte externe Netz wird nachgewiesen, daß die entwickelten Ersatznetze ausreichend genau sind, Abb. 1.

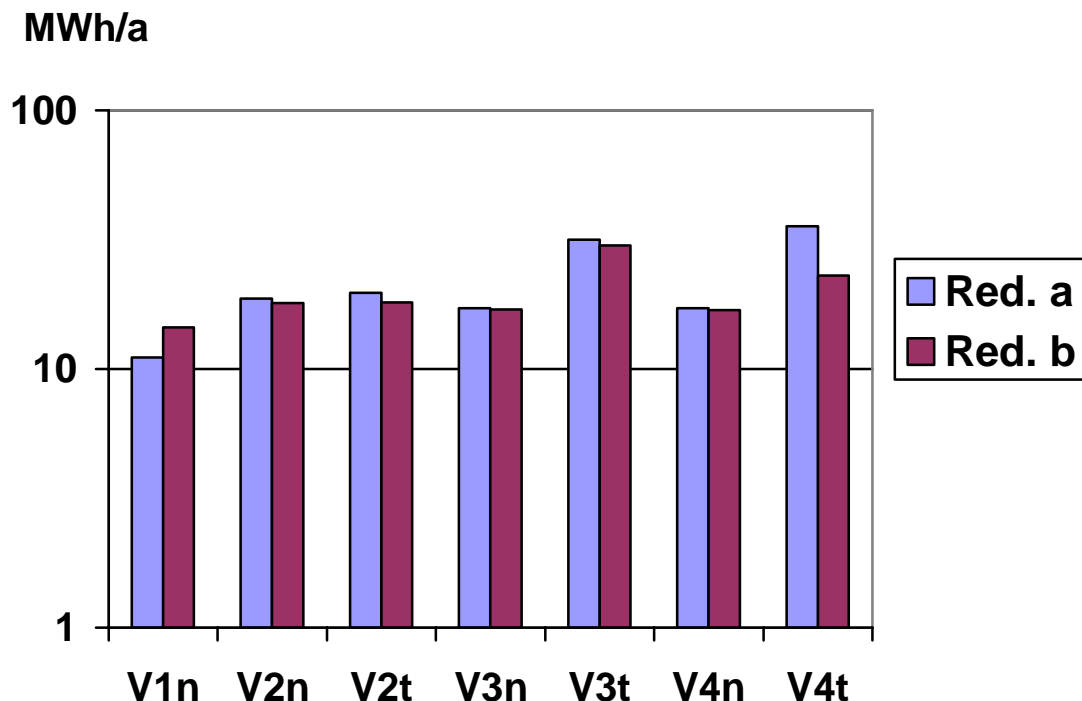


Abbildung 1 Vergleich der Ausfallenergie bei nicht reduziertem (Red. a) und reduziertem (Red. b) externen Netz für unterschiedliche Ausbauvarianten und Lastflußverteilungen

Es wird ferner gezeigt, daß bereits mit einer geringen Anzahl von UPFC eine flexible Lastflußsteuerung möglich ist, indem nicht nur der Lastfluß in benachbarten, sondern auch in weiter entfernten Zweigen beeinflußt wird. Bei hoher Netzbelastung ist ein einziger UPFC deutlich wirksamer als ein an derselben Position befindlicher Regeltransformator. Allerdings kann ein hohes Maß an Flexibilität nur dann erreicht werden, wenn das Netz ausreichend vermascht ist und einen nicht zu hohen Belastungsgrad aufweist. Die Zuverlässigkeit eines Netzes, dessen sämtliche Elemente an der Grenze ihrer Übertragungsfähigkeit betrieben werden, kann auch durch FACTS-Elemente nicht mehr wesentlich verbessert werden.

Befinden sich UPFC in redundanten Zweigen, so daß ihr Ausfall kein Leistungsdefizit verursacht, dann hat ihre Nichtverläßlichkeit keine Auswirkung auf die Zuverlässigkeit des Netzes. Andernfalls können UPFC- Ausfälle eine beträchtliche Verschlechterung der Netzzuverlässigkeit verursachen, besonders dann, wenn ihre Nichtverläßlichkeit deutlich höher ist als jene der konventionellen Netzelemente.

Da FACTS- Elemente wegen ihres hohen Preises derzeit nur in sehr beschränkter Anzahl eingesetzt werden können, ist ihre Positionierung im Netz sorgfältig zu planen.

Schrifttum

- [1] DVG-Arbeitsgruppe: Anforderungen an die Konzeption von Programmen zur Zuverlässigkeitsberechnung. Elektrizitätswirtschaft Jg. 97 (1998), Heft 11, S. 22 - 28.
- [2] Nippert, Th.; Gross, I.; Zdrallek, M.; Wellßow, W.H.: Reliability equivalents of higher-level Power systems. Proceedings of the 13 th PSCC Trondheim, June 28 - July 2nd 1999, pp 221 - 227.
- [3] Wu, F.F.; Monticelli, A.: A critical review of external network modelling for online security analysis. Electrical Power & Energy Systems. Vol 5 No 4, October 1983, pp 222 - 235.
- [4] Theil, G.: Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Verwendung von Ersatznetzen. Forschungsbericht FB 2/2001. Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien.

6. Forschungsförderung und Projekte

BRAUNER G., PÖPPL G.: "Netzrestrukturierung und Kosteneinsparung bei WIENSTROM", Teil 1: Umstellung des TT-Netzes in ein TN-Netz

BRAUNER G., PÖPPL G.: "Netzrestrukturierung und Kosteneinsparung bei WIENSTROM", Teil 2: 380kV /110kV Netze

BRAUNER G., PÖPPL G.: "Netzrestrukturierung und Kosteneinsparung bei WIENSTROM", Teil 3: 20kV/10kV und 0,4kV Netze

BRAUNER, G., PÖPPL, G., THEIL, G.: Zwischenbericht zur Studie "Netzrestrukturierung und Kosteneinsparung bei WIENSTROM", Teil 4: Zuverlässigkeitsanalyse und Reserveplanung. 17. Dez. 2001. Auftragsarbeit von WIENSTROM.

HADRIAN, W.: „Direct measurements of lightning currents on a telecommunication tower“, Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Proj. 12977-TEC), wurde im März 2001 abgeschlossen.

Vereinbarung zwischen Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft und dem Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE) zur Weiterführung der Blitzstrommessungen am Gaisberg bei Salzburg. Abgeschlossen im März 2001.

MÜLLER, H.:

Die über 3 Jahre gelaufene Förderung des Instituts (vertreten durch MÜLLER als Projektbetreuer) seitens der EU (EC) im Rahmen von **Brite-Euram II** unter der Kontrakt-Nr. BRRT-CT97-5023 innerhalb des thematischen Netzwerks "Intelligent Forecasting Systems for Refineries and Power Systems" (IFS) wurde mit März 2001 abgeschlossen.

Ebenfalls abgeschlossen wurde mit Februar 2001 das seitens der Österr. Nationalbank Jubiläumsfonds unter der Projekt Nr. 7579 über 2 Jahre geförderte Forschungsvorhaben "Optimierte Förderstrategien für erneuerbare Energietechnologien basierend auf empirischen Analysen bisher durchgeführter Programme", das unter der Projektleitung durch MÜLLER gemeinsam mit dem Institutsbereich "Energiewirtschaft" durchgeführt wurde.

Neu beantragt, von der Österr. Nationalbank Jubiläumsfonds unter der Projekt Nr. 9213 auf 2 Jahre bewilligt, und mit August 2001 begonnen wurde das Forschungsvorhaben "Verbesserte wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen für die Einspeisung von Ökostrom" unter der Projektleitung durch MÜLLER und mit wissenschaftlichen Mitarbeiter/Dissertant M. HEIDENREICH.

BIERMAYR Peter et al. 2001, "Analyse fördernder und hemmender Faktoren bei der Markteinführung von innovativen Wohnbauten", Forschungsprojekt im Auftrag des BMVIT, Endbericht unter www.hausderzukunft.at als download verfügbar;

BIERMAYR Peter, STIELDORF Karin et al. 2001, "Analyse des NutzerInnenverhaltens und der Erfahrungen von BewohnerInnen bestehender Wohn- und Bürobauten mit Pilot- und Demonstrationscharakter", Forschungsprojekt im Auftrag des BMVIT, Endbericht unter www.hausderzukunft.at als download verfügbar;

BIERMAYR Peter, SKOPETZ Harald 2001, "Hemmnisse zur Annahme der ÖKO-Eigenheimförderung bei den Zielgruppen Baumeister, Planer und Installateure", Abgeschlossenes Forschungsprojekt im Auftrag der Umweltberatung Niederösterreich;

BIERMAYR Peter et al. 2001 - 2002, "Hemmnisse und fördernde Faktoren bei der Markteinführung innovativer Wohnbauten - eine Informationsoffensive für Planer, Wohnbauträger und Technologieproduzenten", Forschungsprojekt im Auftrag des BMVIT, Zwischenbericht unter www.hausderzukunft.at als download verfügbar;

HAAS Reinhard, STADLER Michael und AUER Hans, "Die Bedeutung von dynamischen Tarifmodellen und neuer Ansätze des Demand-Side-Managements als Ergänzung zu Hedging-Maßnahmen in deregulierten Elektrizitätsmärkten."; Projekt gefördert vom JUBILÄUMSFOND DER ÖSTER-REICHISCHEN NATIONALBANK (Nr. 7895); Projektlaufzeit: September 1999 - Dezember 2001.

AUER Hans und STADLER Michael: "Die Bedeutung von dynamischen Tarifmodellen und neuen Ansätzen des Demand-Side-Management als Ergänzung zu Hedging-Maßnahmen in deregulierten Elektrizitätsmärkten", Forschungsprojekt im Auftrag des Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank, 1999-2001.

AUER Hans, WINKLER-RIEDER Waltraud, HOLZRICHTER Bernhard, KRANZL Lukas. "Nachhaltige Energieversorgungsstrategien für die Region Lungau", im Auftrag des österreichischen BMLFUW und der Salzburger Landesregierung,, 1999-2001.

HAAS Reinhard, BERGER Martin, KRANZL Lukas: Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weißbuchs für erneuerbare Energieträger und der CTO" im Auftrag von BMWA und BMLFUW, Schriftenreihe des BMLFUW Nr. 21/2001, Wien 2001

HAAS Reinhard, HUBER Claus, FABER Thomas, RESCH Gustav und in Kooperation mit ISE/FHG Freiburg (D), KEMA (NL) und IT Power (UK): "ELGREEN – Organising a joint green European electricity market", Forschungsprojekt im Auftrag der EC im 5. Rahmenprogramm (1. Februar 2000 – 31. Juli 2001)

LECHNER Herbert (EVA), HAAS Reinhard, AUER Hans, BERGER Martin und HUBER Claus: "Energiebinnenmarkt und Umweltschutz: Evaluierung für Österreich", Forschungsprojekt im Auftrag des österreichischen BMLFUW Schriftenreihe des BMLFUW Nr. 4/2001, 2000-2001.

7. Forschungsberichte

Hinweis zu den Forschungs- und Institutsberichten:

In der Reihe der vom Institut für Elektrische Anlagen an der Technischen Universität Wien herausgebrachten Forschungs- und Institutsberichten werden wichtige (Teil-)Ergebnisse aus der Forschung publiziert. Diese Forschungs- und Institutsberichte liegen sowohl in der Institutsbibliothek als auch in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien auf. Kurzfassungen bzw. Kurzinformationen dazu (auf Anforderung auch die vollständigen Fassungen) werden ferner an interessierte Universitätsinstitute des In- und Auslandes, an die Universitätsbibliothek Hannover und TIB sowie an Fachleute aus österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen verteilt.

FB 1/2002:

THEIL, G., THEIL, M.: Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Netztechnik und Betriebsorganisation in der Mittelspannungsebene auf die Versorgungszuverlässigkeit.

FB 2/2002:

THEIL, G.: Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Verwendung von Ersatznetzen.

MÜLLER Herbert, BERGER Martin, HAAS Reinhard, HEIDENREICH Michael, HUBER Claus, RESCH Gustav, TAUS Hans “Optimierte Förderstrategien für erneuerbare Energietechnologien basierend auf empirischen Analysen bisher durchgeführter Programme” – Endbericht Projekt Nr. 7579, ÖNB Jubiläumsfonds;

8. Veröffentlichungen

BRAUNER, G. HOHENSTEIN, D., WAHL, A.: Network Development for Cost Efficient Distribution. CIRED 2001, Amsterdam.

BRAUNER, G.: Verbändevereinbarung 2 gegen ElWOG-Novelle. 2.Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien 2001, (IEWT 2001), „Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft“, 21. – 23. Februar 2001.

BRAUNER, G.: Bilanzgruppen und Ausgleichsenergie. 2.Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien 2001, (IEWT 2001), „Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft“, 21. – 23. Februar 2001.

BRAUNER, G.: Das EVU der Zukunft – Technische und wirtschaftliche Visionen. 2. Linzer Energiegipfel, 2. – 4- April 2001 „Herausforderungen eines neuen Jahrtausends – Neue Spielregeln für Erzeuger und Kunden“.

BRAUNER, G.: Costs of poor power quality in deregulate market. Power Electronics and Intelligent Motion, 43rd Int. Conference, June 19-21, 2001 Nuremberg, Germany.

BRAUNER, G.: Power Quality Standards im Internationalen Vergleich. 118.Jg. (2001) e&i, H.9, S. 425-428.

BRAUNER, G., BUZANICH, H., HUBER, C., PERCL, O., PLÖCHL, C., SCHUBERT, U.: Analyse von bestehenden und möglichen Rahmenbedingungen zur Umsetzung des Kyoto-Abkommens, VEÖ-Journal, 7-8/2001, S. 35-42.

BACHER, R., BRAUNER, G., BRUMSHAGEN, H., FREUND, F., GRAF, R.-F.: The European interconnected grids in a changing environment. Archiv für Elektrotechnik 83(2001), H. 5-6, S. 235-241.

BRAUNER, G.: Ändert die Liberalisierung den Betrieb von Netzen und Kraftwerken ? VEÖ Journal 12/2001, S. 45-48.

BRAUNER, G.: Alternative Konzepte für die Strom- und Wärmeversorgung mit der Brennstoffzelle. Österreichische Ingenieur- und Architektenverein-Zeitschrift ÖIAZ 146(2001),H. 5-6, S. 204-207.

BRAUNER, G. und BERGER, M.: Coordination rules for power quality in wind parks. Proceedings of the 7th European Power Quality Conference. 19. – 21. Juni 2001, Nürnberg, Deutschland, S. 177-183.

HADRIAN, W: Das neue Blitzschutzkonzept nach EVN 61024. Zeitschrift: Der Sachverständige. Offizielles Organ des Hauptverbandes der allgemein beeideten gerichtlichen Sachverständigen Österreichs. Heft 2, 2001.

HADRIAN, W.: Beeinflussungsfragen – ein wichtiges Arbeitsgebiet der Anlagentechnik. Tagungsband der Internationalen Tagung über Beeinflussungsfragen 2001 in Wien, 20.-22. Juni 2001.

RAKOV, V., DIENDORFER, G., MAIR, M. et.al.: Characterization of the Initial Stage of Object-Initiated and Rocket-Triggered Lightning. 2001 AGU Fall Meeting 12.14.12.2001 San Francisco, EOS Trans. AGU 82(47), Fall Meeting Suppl., Abstract AE21A-10.

MÜLLER, H., gemeinsam mit SCHÜTZENHOFR, Th. und STURM, M.: Konkurrenzfähiger Energievertrieb in der Sales&Care Gesellschaft von Heute und Morgen. Beitrag zur Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001 "Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft", Wien, 21. - 23. Februar 2001; auf Tagungs-CD-ROM © Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft.

MÜLLER, H., gemeinsam mit RUDOLF, A.: Analyse und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme unter Berücksichtigung der Emissionsbilanz. Beitrag zur Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001 "Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft", Wien, 21. - 23. Februar 2001; auf Tagungs-CD-ROM © Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft.

MÜLLER, H., gemeinsam mit RUDOLF, A.: Analyse und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme mit einem innovativen Energiemanagementsystem. Beitrag zur VDI Gesellschaft für Energietechnik Fachtagung "Fortschrittliche Energiewandlung und -anwendung (Schwerpunkt: Dezentrale Energiesysteme)", Bochum, 13. – 14. März 2001; S. 561-571 im Tagungsband VDI-Berichte Nr. 1594, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, 2001.

MÜLLER, H., gemeinsam mit RUDOLF, A. und AUMAYR, G.: Studies of Distributed Energy Supply Systems Using an Innovative Energy Management System. Paper to International Conference on Power Industry Computer Applications PICA 2001 "Innovative Computing For Power – Electric Energy Meets the Market", Sydney, Australia. 20th – 24th May 2001; Conference Proceedings auf CD-ROM © IEEE, www.ee.unsw.edu.au/conference/pica2001 .

ZELLER, P.R., RIEDER, W.F.: Arc structure, arc motion, and gas pressure between laterally enclosed arc runners. IEEE Trans CPT-24 (2001) 337 – 341.

THEIL, G., THEIL, M.: Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Netztechnik und Betriebsorganisation in der Mittelspannungsebene auf die Versorgungszuverlässigkeit. Beitrag zur 2. Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Technische Universität Wien, 21. – 23. Februar 2001.

AUER Hans: "Hindernisse im Netzbereich für einen einheitlichen europäischen Strommarkt", in *Proceedings (CD-ROM), 2. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU-Wien*, 21.-23. Februar, 2001, Wien, Österreich, 2001.

AUER Hans: "Deriving Efficiency Scores for the Austrian Distribution Utilities", in *CD-ROM Proceedings, DistribuTECH Europe 2001 Conference*, November 6-8, 2001, Berlin, Germany, 2001.

AUER Hans, HAAS Reinhard: " Perspektiven für eine forcierte Nutzung der Kleinwasserkraft in Österreich " *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, **53**, 7/8, 2001.

BERGER M., HAAS R., KRANZL L., Promotion strategies and scenarios for an ambitious market introduction of renewables in Austria. contribution to IEW 2001 (<http://www.iiasa.ac.at/Research/ECS/IEW2001/program.html>), Laxenburg, June 2001

BERGER M., KRANZL L., *Perspektiven für Biomasse-Verstromung in KWK in Österreich*. contribution to IEWT 2001 conference and executive summary in the proceedings, Vienna, January 2001

BRAUNER Günther, BUZANICH Hannes, HUBER Claus, PERCL Oliver, PLÖCHL Clemens und SCHUBERT Uwe: "Analyse von bestehenden und möglichen Rahmenbedingungen zur Umsetzung des Kyoto-Abkommens", *VEÖ Journal* (forthcoming 7/8 2001), 2001

FABER Thomas, HAAS Reinhard und HUBER Claus: "Einspeisetarife oder Zertifikate?", in *Proceedings und CD-ROM 2. Internationale Energiewirtschaftstagung IEWT01 - Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft*, 21. bis 23. Februar, Technische Universität Wien, Wien, 2001.

FABER Thomas, HUBER Claus and HAAS Reinhard: "Design of the computer model ELGREEN ", *report by ELGREEN* within the 5th framework programme of the European Commission, DGTREN, Brussels, 2001.

RESCH Gustav, BERGER Martin, KRANZL Lukas "Database for the Model ElGreen" – Internal report of the project "Organising a Joint European Green Electricity Market (ElGreen)", DG TREN; 2001.

HAAS Reinhard, AUER Hans: "How to ensure effective competition on the Western European electricity market", *IAEE Newsletter*, Third Quarter, August 2001.

HAAS R., BERGER M., KRANZL L., "An ambitious scenario for increasing the market share of RES until 2010 in Austria", *Proc. Northsun 2001*, Leiden (NL), May 2001

HAAS R., BERGER M., KRANZL L., Strategien zur weiteren Forcierung Erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weißbuchs für Erneuerbare Energien und der Campaign for Take-off. Im Auftrag von BMWA und BMLFUW, Vienna, July 2001

HAAS Reinhard, AUER Hans: "Kleinwasserkraft im liberalisierten Strommarkt Österreichs" *Erneuerbare Energie*, 27-30, 4/2001.

HAAS Reinhard, AUER Hans: "Mercati elettrici europei: è effettiva concorrenza?", *ENERGIA*, **XXI**(4), 18-25, Roma 2001.

HAAS Reinhard, AUER Hans, SIOSHANSI FERREIDON P.: "Die kalifornische Stromkrise", *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, **51**, 5/2001, 280-287.

HAAS Reinhard, AUER Hans, STADLER Michael „*Introducing Competition in the Western European electricity market: A Critical Review*“ Proceedings of ENER Forum 2. Monitoring the progress of the implementation of the EU Gas and Electricity Directives: Are European markets becoming competitive? Prague, Czech Republic, 15-16 November 2001

HAAS Reinhard, AUER Hans: "Das Ende billigen Stroms in Mitteleuropa", in: *Kurzfassungsband und CD-ROM der IEWT2001*, 23.-25.2. 2001, Wien, 2001.

HAAS Reinhard, AUER Hans: "How to ensure effective competition in Western European electricity markets" IAEI Newsletter 3/2001.

HAAS Reinhard, AUER Hans: "The end of cheap electricity?", *The Utilities Journal*, May 2001

HAAS Reinhard, AUER Hans: "The relevance of excess capacities for competition in European electricity markets", *Proceedings, 24th IAEI International Conference, 25-27 April 2001, Houston, USA 2001*.

HAAS Reinhard, BERGER Martin, KRANZL Lukas: "Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich", *Erneuerbare Energie*, 8-11, 4/2001.

HAAS Reinhard, FABER Thomas, GREEN John, GUAL Miguel, HUBER Claus, RESCH Gustav, RUIJGROK Walter and TWIDELL John: "Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources in EU Countries", *report by ELGREEN* within the 5th framework programme of the European Commission, DGTREN, Brussels, 2001.

HAAS Reinhard, HUBER Claus and WOHLGEMUTH Norbert: "Financial Incentives to Promote Renewable Energy Systems in European Electricity Markets – A Survey", *International Journal of Global Energy Issues*, Vol. 15, No. 1/2 p. 5-24, 2001.

HAAS Reinhard, KESERIC Nenad, AUER Hans, TRAGNER Manfred: "Overcoming transmission barriers to improve competition in the European electricity market", *Proc. Gas+Power Risk Conference, Paris, 6-7 November 2001*.

HAAS Reinhard, TRAGNER Manfred and AUER Hans: "Assessing the impact of liberalisation on the wholesale and retail markets", *Proc. der Konferenz Energy+Power-Risk Management 2001, 6 & 7 September, Amsterdam, 2001*.

HAAS Reinhard, WOHLGEMUTH Norbert, HUBER Claus: "Financial incentives to promote renewable energy systems in European electricity markets – a survey", *International Journal of Global Energy Issues*, 2001

HAAS Reinhard: "Förderungsstrategien für PV-Anlagen in Österreich und international", *Tagungsband "Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen"*, Gleisdorf 29. Juni 2001.

HAAS Reinhard: "Successful dissemination strategies for R.E.S.: Economic and ecological issues" *Proceedings "6th International Summer School on Solar Energy"*, Klagenfurt, 24. 7. - 4. 8. 2000, Klagenfurt 2001.

HUBER Claus, CLEIJNE Hans, FABER Thomas, GREEN John, HAAS Reinhard and RESCH Gustav: "The Model ELGreen", *project report ELGREEN* within the 5th framework programme of the European Commission, DGTREN, Brussels, 2001.

HUBER Claus, CLEIJNE Hans, FABER Thomas, GREEN John, HAAS Reinhard, RESCH Gustav "Formal framework of the model ELGreen" – Internal report of the project "Organising a Joint European Green Electricity Market (ELGreen)", DG TREN; 2001.

HUBER Claus, FABER Thomas, HAAS Reinhard and RESCH Gustav: "Promoting renewables: feed-in tariffs or certificates?", *Proceedings International Energy Workshop IIASA, Laxenburg, Austria, 2001*.

HUBER Claus, HAAS Reinhard, FABER Thomas, RESCH Gustav, GREEN John, TWIDELL John, RUIJGROK Walter and ERGE Thomas: "Action Plan for a Green European

Electricity Market", *Joint report by ELGREEN* within the 5th framework programme of the European Commission, DGTREN, Brussels, 2001.

HUBER Claus, HAAS Reinhard, FABER Thomas, RESCH Gustav, GREEN John, TWIDELL John, RUIJGROK Walter and ERGE Thomas: "Final Report of the Project ElGreen", *project report by ELGREEN* within the 5th framework programme of the European Commission, DGTREN, Brussels, 2001.

HUBER Claus, HAAS Reinhard, FABER Thomas, RESCH Gustav, GREEN John, TWIDELL John, RUIJGROK Walter, ERGE Thomas "Final report of the project ElGreen" – Public report of the project "Organising a Joint European Green Electricity Market (ElGreen)", DG TREN; 2001.

HUBER Claus, HAAS Reinhard, FABER Thomas, RESCH Gustav, GREEN John, TWIDELL John, RUIJGROK Walter, ERGE Thomas "Action Plan for a Green European Electricity Market" – Public report of the project "Organising a Joint European Green Electricity Market (ElGreen)", DG TREN; 2001.

HUBER Claus: "Kosteneffiziente Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen", *in Proceedings und CD-ROM 2. Internationale Energiewirtschaftstagung IEWT01 - Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft*, 21. bis 23. Februar, Technische Universität Wien, Wien, 2001.

LECHNER Herbert, HAAS Reinhard, HUBER Claus, AUER Hans und: BERGER Martin, "Energiebinnenmarkt und Umweltschutz: Evaluierung für Österreich", Schriftenreihe des BMLFUW, 2001.

RESCH G., BERGER M., Database for the Model ELGREEN, Internal Report of the project "Organising a joint European green electricity market" (ELGREEN), Working package 6. Vienna, June 2001

RESCH Gustav, TAUS Hans (Diplomand bei MÜLLER): "Bewertung regulierender und freiwilliger Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energieträger"; "2. Internationale Energiewirtschaftstagung IEWT 2001: "Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft"; Wien, 21.02.01 bis 23.02.01; auf Tagungs-CDROM © Inst. f. El. Anlagen u. Energiewirtschaft.

9. Vorträge

BRAUNER, G.: „Versorgungszuverlässigkeit versus Rendite – Zukünftige Aufgaben für Regulatoren“. Alpbacher Technologieggespräche 23. bis 25. August 2001.

BRAUNER, G.: „Kann der Zertifikathandel den Treibhauseffekt begrenzen ?“, Internationale Energiesymposium, 19-21. September 2001, Stift Ossiach, Austria, erschienen in: „Forschung im Verbund“, Schriftenreihe Band 74, S. 125-130

BRAUNER, G.: „Ändert die Liberalisierung den Betrieb von Netzen und Kraftwerken“, Die Elektrizitätsmarktliberalisierung – Der österreichische Weg, VEÖ-Tagung, 25.-26. September 2001, Wien.

BRAUNER, G. und BERGER, M.: Coordination rules for power quality in wind parks. 7th European Power Quality Conference. 19. – 21. Juni 2001, Nürnberg, Deutschland.

HADRIAN, W.: Das neue Blitzschutzkonzept nach EVN 61024. Internationales Fachseminar 2001, GEBÄUDETECHNIK FÜR SACHVERSTÄNDIGE UND JURISTEN in Bad Hofgastein. 14.-17. Jänner 2001.

HADRIAN, W.: Einsatz von GPS zur Warnung vor unzulässigen Näherungen. AUVA (Allgemeine Unfallversicherungsanstalt). Wien 19. April 2001.

HADRIAN, W.: Einfluss der elektrischen Energieversorgung auf das elektromagnetische Umfeld (Freileitungen, Kabel und Transformatoren als Quellen elektromagnetischer Felder. RIZ (Regionales Innovationszentrum NÖ-West). 28.Mai 2001.

HADRIAN, W.: Beeinflussungsfragen- ein wichtiges Arbeitsgebiet der Anlagentechnik. Einführungsvortrag bei der Internationalen Tagung über Beeinflussungsfragen 2001 in Wien. 20.-22. Juni 2001.

HADRIAN, W.: Feldmessgeräte der unteren Preisklasse. AUVA (Allgemeine Unfallversicherungsanstalt). Wien 24.Oktober 2001.

RUDOLF, A. (Dissertant bei MÜLLER): Präsentation des Beitrags "Analyse und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme unter Berücksichtigung der Emissionsbilanz" bei der Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Wien, 21.-23. Febr. 2001.

RUDOLF, A., gemeinsam mit MÜLLER, H.: Präsentation des Beitrags "Analyse und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme mit einem innovativen Energiemanagementsystem" bei der VDI Gesellschaft für Energietechnik Fachtagung "Fortschrittliche Energiewandlung und –anwendung (Schwerpunkt: Dezentrale Energiesysteme), Bochum, 13. – 14. März 2001.

RUDOLF, A. (Dissertant bei MÜLLER): Presentation of paper "Studies of Distributed Energy Supply Systems Using an Innovative Energy Management System" in Session 3 of

International Conference on Power Industry Computer Applications PICA 2001, Sydney, Australia, 20th – 24th May 2001.

TAUS, H. (Diplomand bei MÜLLER) und RESCH, G. (Projektmitarbeiter) Präsentation des Beitrags "Bewertung regulierender und freiwilliger Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energieträger" bei der Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Wien, 21.-23. Febr. 2001.

RIEDER, W.: Physikalische Phänomene beim Stecken und Schalten kleiner Lasten. „Kontakte und Schalter für kleine Lasten“ EKON Tagung d. Informationstechn. Ges. des SEV Dübendorf, 15.3.2001.

BERGER, K., GESSL, G., SCHNEIDER, W., RIEDER, W.: Arc motion and wave propagation in arc chambers with lateral chinks between arc runners and walls. Proc. 47th IEEE Holm Conf. on El. Contacts (2001) 1 –5.

RIEDER, W.: Elektromechanische Schaltkontakte und gesteuerte Halbleiter - Eine Gegenüberstellung. VDE-Fachbericht 57 (2001) 21 – 27.

THEIL, G.: Abschätzung der Auswirkungen von Änderungen der Netztechnik und Betriebsorganisation in der Mittelspannungsebene auf die Versorgungszuverlässigkeit. Beitrag zur 2. Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Technische Universität Wien, 21. – 23. Februar 2001.

AUER Hans: „Hindernisse im Netzbereich für einen einheitlichen europäischen Strommarkt“ 2. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU-Wien, 21.-23. Februar, 2001, Wien, Österreich, 2001.

AUER Hans: “Effizienzvergleich der österreichischen Verteilunternehmen mit Hilfe der Data Envelopment Analysis”, *Energiegespräche*, Technisches Museum, 25. September 2001, Wien, Österreich, 2001.

AUER Hans: “Erfahrungen mit der Liberalisierung internationaler Strommärkte im Vergleich zum neuen österreichischen Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz (ElWOG)”, *Gastvortrag an der Fachhochschule Joanneum Research GesmbH – Studiengang Infrastrukturwirtschaft*, 19. Oktober 2001, Kapfenberg, Österreich, 2001.

AUER Hans: “The Relevance of Dynamic Tariff Structures in Liberalised European Electricity Markets” *DistribuTECH-DA/DSM Europe 2001 Conference*, November 6-8, 2001, Berlin, Germany, 2001.

AUER Hans: “Introducing Competition in Western Europe: A Critical Review”, ENER – Forum 2, *Monitoring the progress of the implementation of the EU Gas and Electricity Directives: Are European markets becoming competitive?*, November 15-16, 2001, Prague, Czech Republic, 2001.

FABER Thomas and HUBER Claus: "The model ElGreen (WP5 and WP6)", ElGreen Workshop, February 14th, KEMA, Arnhem, 2001.

BERGER Martin “An ambitious scenario for increasing the market share of RES until 2010 in Austria”, *Northsun 2001*, Leiden, Netherlands, 7th May 2001

BERGER Martin "Promotion strategies and scenarios for an ambitious market introduction of renewables in Austria", *IEW 2001*, Laxenburg, Austria, 20th June 2001

FABER Thomas: "Einspeisetarife oder Zertifikate", 2. *Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU-Wien - Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft*, 21. bis 23. Februar, Technische Universität Wien, Wien, 2001.

HAAS Reinhard "Förderungsstrategien für PV-Anlagen in Österreich und international", Tagung "Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen", Gleisdorf, 29. Juni 2001.

HAAS Reinhard "Introducing Competition in the Western European electricity market: A Critical Review ", 2nd ENER-Forum, Praha 15-16 November 2001.

HAAS Reinhard "Kosten sparen durch intelligente Energienutzung", Umweltberatung Mostviertel, Amstetten, 28. 3. 2001.

HAAS Reinhard "Liberalisierung der Strommärkte: Internationale Erfahrungen", im Rahmen der ARS-Veranstaltung *Liberalisierung des Energiemarktes*, Wien, 4.7.2001.

HAAS Reinhard "Linking Indicators and Econometric Analyses: What do they Tell Us?", Residential energy indicators workshop of the IEA, London, 30 May 2001.

HAAS Reinhard "Nachhaltige Energieversorgungsperspektiven für die Region Lungau", Vortrag im Rahmen der Präsentation des Abschlußberichts zum gleichnamigen Forschungsprojekt, 25.1.2001.

HAAS Reinhard "Overcoming transmission barriers to improve competition in the European electricity market", Gas+Power Risk Conference, Paris, 6-7 November 2001.

HAAS Reinhard "Strategic behaviour in liberalised electricity markets", IEW, Laxenburg, 20.6.2001.

HAAS Reinhard "Strommarktliberalisierung: Erneuerbare Energieträger – Quo vadis?", Wieselburg, 12. 12. 2001.

HAAS Reinhard, Auer Hans: "Das Ende billigen Stroms in Mitteleuropa", IEWT2001, 21.-23.2. 2001, Wien, 2001.

HAAS Reinhard, Auer Hans: "The relevance of excess capacities for competition in European electricity markets", *24th IAEE International Conference*, 25-27 April 2001, Houston, USA 2001.

HAAS Reinhard, Tragner Manfred and Auer Hans: "Assessing the impact of liberalisation on the wholesale and retail markets", *Energy+Power-Risk Management 2001*, 6 & 7 September, Amsterdam, 2001.

HUBER Claus: "Development of Trading Rules", ElGreen Workshop, February 14th, KEMA, Arnhem, 2001.

HUBER Claus: "Kosteneffiziente Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen", 2. *Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU-Wien - Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft*, 21. bis 23. Februar, Technische Universität Wien, Wien, 2001.

HUBER Claus: "Organising a joint green electricity market (ElGreen)", *Final Green Electricity Cluster Meeting*, July 12th, European Commission, Brussels, 2001.

HUBER Claus: "Preliminary Results from the computer-model ElGreen", ElGreen Workshop, June 25th, Vienna University of Technology, Vienna, 2001.

HUBER Claus: "Promoting Renewables: Feed-In Tariffs or Certificates?", *International Energy Workshop*, 19-21 June 2001, IIASA, Laxenburg, Austria, 2001

RESCH Gustav "Potential & Cost curves of RES-E – The database and the calculation model"; "Mid-term workshop of the project ElGreen"; Arnheim, 13.02.01; Interner Seminarvortrag.

STADLER Michael, AUER Hans, HAAS Reinhard: "*The Increasing Relevance of Dynamic Tariff Structures in the Liberalised European Electricity Market*", DistribuTECH- EUROPE 2001, Berlin, 6-8 November, 2001.

10. Veranstaltungen/Seminare

2. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU-Wien - Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft, 21. bis 23. Februar 2001, Technische Universität Wien.

Führungskräfte-Seminar: „3. Seminar ‚Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft‘“ mit den Themen:

- Die neue Organisation des Strommarktes
- Kostensenkungspotentiale im Verteilungsnetz im liberalisierten Energiemarkt
- Das EVU der Zukunft – technische und wirtschaftliche Visionen
- Möglichkeiten und Grenzen der dezentralen Energieversorgung mit Wärmeauskopplung
- Vergleich der Regulierungsansätze in Deutschland und Österreich

Seminar für technische Führungskräfte bei Oberhessische Versorgungsbetriebe AG, Friedberg Schulungsheim in Bad Kissingen vom 4. bis 6. April 2001. Seminargestaltung und Leitung: Univ.-Prof. Dr. G. Brauner

5. Handelsblatt-Jahrestagung Energiewirtschaft Österreich 2001 „Neue Rahmenbedingungen und Strategien für den Wettbewerb“, 1. – 2. Oktober 2001, Hilton Vienna Hotel, Wien.

Vorsitz und Moderation: Univ. Prof. Dr.-Ing. Günther Brauner

„Stromliberalisierung und Mittelstand“, EUROFORUM am 11. Oktober 2001 Hotel Holiday In, Wien. Vorsitz und Moderation: Univ. Prof. Dr.-Ing. Günther Brauner

MÜLLER, H.: 21.-23. Febr. 2001: Sitzungs-Vorsitz/-Moderation der Session 2 (Plenar) "Netzzugang" bei der Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT 2001, Wien, 21.-23. Febr. 2001.

11. Mitwirkung in Fachgremien

BRAUNER, G.:

- Österreichisches Nationalkomitee der CIGRE
- Österreichisches Nationalkomitee CIRED
- ÖVE, Geschäftsausschuß der ÖGE
- VEÖ-Arbeitskreis "Spannungsqualität"
- VDI/VDE-GMA "Netzregelung"
- FGH "Arbeitskreis technisches Rechnen"
- Wissenschaftlicher Beirat e&i
- Wissenschaftlich-industrieller Beirat des Österr. Forschungs- und Prüfzentrums Arsenal

HADRIAN, W.:

- Vorsitzender des Ausschusses Blitzschutz (BL) im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE)
- Vorsitzender des Normenausschusses für Blitzschutz
- Leiter der Arbeitsgruppe "Messung niederfrequenter, elektromagnetischer Felder" im ÖVE
- Präsident des Vereines der Freunde des Elektropathologischen Museums
- Mitglied des wissenschaftlichen Komitees der Internationalen Blitzschutzkonferenz (ICLP)
- Mitglied des Advisory Committee (EMC Zurich Symposium)

MÜLLER, H.:

- im Vorstandsrat der Österr. Gesellschaft für Operations Research (ÖGOR)
- Leitung des Arbeitskreises "Prognose" der ÖGOR
- im Fachausschuß "Informations- und Messtechnik" (IMT) des Verbandes der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ)
- im Fachnormenausschuß FNA 093 "Energiewirtschaft" des Österreichischen Normungsinstituts (ON)

12. Einrichtungen des Instituts

Prüf- und Meßeinrichtungen

Meßgeräteausstattung des EMV-Labors

*** Impulsgeneratoren**

- Stoßstromgenerator CP 1500 (Haefely): Stoßstromgenerator mit Blitzkurvenform ($1\mu\text{s}/50\mu\text{s}$), Scheitelwert des Stromes 30 kA, zum Testen von Blitzschutzmaterialien und Überspannungsableitern, ortsfestes Gerät
- Stoßstromgenerator CP 360 (Haefely): Stoßstromgenerator mit Blitzkurvenform ($1\mu\text{s}/50\mu\text{s}$), Scheitelwert des Stromes ca. 5 kA, zur Überprüfung von EMV-(Blitzschutz-)Maßnahmen, z.B. Erdungsanlagen in Umspannwerken
- Stoßspannungsgenerator P 12 (Haefely): Stoßspannungsgenerator mit Blitzkurvenform, Scheitelwert der Spannung 12 kV, Überprüfung von Isolationen, Erzeugung von Wanderwellen auf Hochspannungsfreileitungen.
- Impulsgenerator PEMI + Streifenleitung (Haefely): erzeugt in der Streifenleitung ein impulsförmiges elektromagnetisches Feld (Anstiegszeit des Impulses ca. 5 ns), das den NATO-Spezifikationen für den Nuclear Electromagnetic Pulse entspricht, zur Prüfung der Störfestigkeit von Geräten für den Zivilschutz und militärtechnischem Zubehör.
- Störimpulsgenerator P 3 (HFD-Relais Tester, Haefely): Gerät erzeugt abklingende 1 MHz-Schwingung mit Folgefrequenz von 400 Hz (entspricht Störungen die von Trennerschaltungen hervorgerufen werden), Prüfung von elektronischen Schutzgeräten (z.B. Kurzunterbrechung, Leitungsschutz) nach IEC 255-4
- Burst-Generator (Meßwandlerbau): Gerät erzeugt Störimpulsgruppen mit hoher Wiederholfrequenz, wie sie beim Schalten induktiver Lasten mit Relais oder mechanischen Schaltern entstehen, Prüfung der Störfestigkeit von Meß- und Steuereinrichtungen nach IEC 801-4, z.B. störsichere Rechnerstrukturen und selbstkorrigierende Programmsysteme
- ESD-Generator SESD 200 (Schlöder)

*** Netz-Störsimulatoren (Schaffner)**

- Grundgerät NSG 200E
- Einschub NSG 203A: zur Simulation von kurzzeitigen Netzspannungsunterbrechungen bzw. Netzspannungsschwankungen
- Einschub NSG 222A: erzeugt schnelle Störimpulse (Anstiegszeit 5 ns) mit relativ geringer Energie (Impulsdauer 100 ns), wie sie durch mechanische Schalter, Relais usw. Produziert werden
- Einschub NSG 224A: Gerät erzeugt Störimpulse wie sie durch mechanische Schaltvorgänge induktiver Lasten (Motoren, Wechselrichter usw.) erzeugt werden

*** Meßeempfänger (Schwarzbeck)**

- LSME 1530: 10 kHz - 150 kHz
- FSME 1515: 80 kHz - 30 MHz
- VUME 1520: 25 MHz - 1000 MHz
- plus zugehörigen Antennen

Zur Messung der elektrischen Feldstärke, z.B. Messung der Funkstörungen durch Koronaentladungen, Schirmdämpfungsmessungen von Gebäuden oder Räumen (z.B. Schaltwarten), Messung der Störstrahlung von USV-Anlagen

* **Leistungsverstärker (ENI):** 9 kHz - 250 kHz, ca. 2000 W, zur Speisung von Rahmenantennen für die Erzeugung von magnetischen Feldern für Schirmdämpfungsmessungen von Gebäuden oder Räumen

* **Meßgeräte zur Messung magnetischer Felder**

- Gaußmeter Bell, Modell 640: 0 - 400 Hz, ausschließlich eingesetzt zur Messung von magnetischen Gleichfeldern und Gleichfeldschwankungen (d.h. Änderungen des Erdfeldes hervorgerufen durch in der Nähe des Meßortes vorbeiführende Gleichstrombahnen oder vorbeibewegte Eisenmassen, z.B. Eisenbahnwaggons), Gleichfeldschwankungen stellen einen Störfaktor für eine Reihe von elektrophysikalischen Geräten dar (z.B. Elektronenmikroskope)
- Feldmeßgerät COMBINOVA MFM 10: mißt mit 3 zueinander senkrecht stehenden Spulen den Maximalwert der magn. Induktion, Frequenzbereich 10 Hz - 2 kHz, zur Messung der magn. Induktion im Bereich von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen und zur Messung von Bildschirmen nach dem schwedischen MPR-Standard
- Feldmeßgerät COMBINOVA MFM 1000: Frequenzbereich 2 kHz – 400 kHz
- EmdexC-Exposimeter: Gerät von der Größe einer Kleinbildkamera, mißt in einem vor der Messung einstellbaren Zeittakt (z.B. alle Sekunden) die Größe der magn. Induktion (mit 3 zueinander senkrecht stehenden Spulen) und speichert diese Meßwerte im internen Speicher ab, nach Beendigung der Messung können diese Meßwerte ausgewertet werden. Trägt eine Person dieses Gerät am Körper, so bekommt man ein Bild welchen magn. Wechselfeldern diese Person ausgesetzt war. (Beispiele: Arbeiter in Schaltanlagen, Menschen in Wohnungen über Verteiltransformatoren)
- Feldspule mit nachgeschaltetem aktiven Entzerrer: Frequenzbereich 10 Hz - 200 kHz

* **Meßgeräte zur Messung elektrischer Felder**

- AERITALIA-Sonde TE 307: 10 V/m - 10 kV/m, zur Messung des elektrischen Feldes im Bereich von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen
- COMBINOVA EFM 200: zur Messung der elektrostatischen Aufladung von Bildschirmen und zur Messung von elektrischen Wechselfeldern bis 400 kHz
- Feldmühle EFM 251 (Kleinwächter): zur Messung von elektrischen Gleichfeldern

* **Registriereinrichtungen**

- 1-Kanalschreiber (Bruel u. Kjaer)
- 3-Kanalschreiber SE 430 (ABB Goerz)
- 6-Kanalschreiber SE 460 (ABB Goerz)

Zusammen mit den Magnetfeldmeßgeräten zur Langzeitaufzeichnung (Stunden, Tage) von Magnetfeldern zur Erfassung des EMV-Klimas.

Geräteausstattung des Power Quality – Labors:

Anfang des Jahres 2001 konnte am Institut ein eigenes Labor für Power Quality eingerichtet werden. Die Geräteausstattung ist bereits sehr umfangreich und findet Anwendung in folgenden Bereichen:

- Lehre: Durchführung des Laborübungsteiles „Versorgungsqualität“ (vormals „Netzurückwirkungen“)
- Forschung im Bereich Spannungsqualität und Versorgungssicherheit
- PQ- Dienstleistungen für Netzbetreiber, Industrie und Gewerbe
 - Störungsanalyse in Netzen
 - Analyse der Netzurückwirkungen
 - Erfassung der Empfindlichkeit elektrischer Geräte und elektronischer Steuerungen
 - Erfassung der Netzverträglichkeit von dezentralen Erzeugungseinheiten
 - Planung von Abhilfemaßnahmen

Die Geräteausstattung gliedert sich grundsätzlich in Geräte zur Erzeugung einer unabhängigen, definierten Spannungsversorgung und in Messgeräte zur Erfassung der Versorgungsqualität:

Spannungsversorgungen:



- California Instruments Invertron AC Power Equipment 1503L
Spezifikation: einphasig, 0 – 270V
1500 VA, 45Hz – 5kHz
Anwendung: Dient zur Messung der Netzurückwirkungen einphasiger Geräte.
- California Instruments Invertron AC Power Equipment 4500L
Spezifikation: dreiphasig, 0 – 270V
3*1500VA, 45Hz – 5kHz
Ansteuerung über GPIB oder Analogeingang. Ein zugehöriger Industrie- PC ist mit einer DAQ- Karte ausgestattet. Mittels LABVIEW können somit beliebige Signale generiert um über die DAQ- Karte an den Analogeingang der Spannungsversorgung gelegt werden. Anwendung: Dient zur Messung der Netzurückwirkungen und der Empfindlichkeit ein- und dreiphasiger elektrischer Geräte und elektronischer Steuerungen.

Im Bild dargestellt sind auch die beiden PQ- Analysatoren SIMEAS R und SIMEAS Q die uns von Siemens Wien dankenswerterweise für Testzwecke zur Verfügung gestellt wurden.

PQ- Messgeräte:

- PQ- Analysator TOPAS 1000:
Für den temporären Einsatz in NS, MS und HS- Netzen,
Messung aller Parameter der Versorgungsqualität,

Normkonforme Messung nach EN 50160

Fernbedienbar

Besonders geeignet zur Störungsanalyse bezüglich Netzurückwirkungen und zur Aufzeichnung transientser Spannungen.

- PQ- Analysator EURO-QUANT:
Für den stationären Einsatz in NS, MS und HS- Netzen,
Messung aller Parameter der Versorgungsqualität,
Normkonforme Messung nach EN 50160
Fernbedienbar
Zeitsynchronisation über DCF77 oder GPS
Besonders geeignet zur stationären und reproduzierbaren Aufzeichnung aller
Parameter der Versorgungsqualität
- Fluke 39 Power Meter:
Einphasige Aufzeichnung der Spannungen, Ströme und Leistungen im Zeit- und
Frequenzbereich
- Einige Stück Fluke VR101:
Ereignisrecorder zur Aufzeichnung von Voltage Dips, Swells, Unterbrechungen und
Transienten in der Spannung, sowie Frequenzabweichungen

Geräteausstattung des Schutzmaßnahmen – Labors:

Das Schutzmaßnahmen- Labor ist mit einem Modell eines Hausanschlusses ausgestattet, welcher von einem eigenen Transformator versorgt wird. Damit können somit die meisten Schutzmaßnahmen getestet und ihre Überprüfung veranschaulicht werden. Dafür stehen folgende Prüfgeräte zur Verfügung:

- Installationsprüfgerät UNILAP 100:
RCD- Prüfung, Auslösezeitmessung, Isolations- und Schleifenwiderstandsmessung,
Drehfeldrichtung, ...
- Isolationsmessgerät UNILAP GEO-X:
Störspannungs- und Störfrequenzmessung, Erdungswiderstandsmessung, selektive
Erdungswiderstandsmessung mit Stromzange, Widerstands- und Niederohmmessung

Technische Daten der Anlagen im Großen Hochspannungsraum (CF SO 45):

80 kVA 1-Phasen Hochspannungstransformator (Einstunden Prüfleistung)

$$U_{\text{rms}} = 400 \text{ kV}$$

$$I_{\text{max}} = 200 \text{ mA}$$

$$U_{\text{prim}} = 400 \text{ V}$$

$$I_{\text{prim}} = 200 \text{ A}$$

18 kJ Stoßspannungsgenerator (sechsstufig)

$$\text{Blitzstoß } 1.2 / 50 \mu\text{s}$$

$$U_s = 600 \text{ kV}$$

$$\text{Gleichrichter: } U_{\text{sek}} = 100 \text{ kV}$$

$$S = 7.5 \text{ kVA}$$

Technische Daten der Anlagen im Kleinen Hochspannungsraum (CF SO 61):

Bausatz der Fa. Messwandlerbau Bamberg (heute Haefely-Trench MWB GmbH)
zur Erzeugung von Wechsel-, Gleich-, Blitzstoß- und Schaltstoßspannung

Wechselspannung: 100 kV (5 kVA 1-Phasen Hochspannungstransformator)

Gleichspannung: 140 kV (3 kVA)

Stoßspannung: 250 kV (1 kVA)

Teilentladungsmessung bis ca. 50 kV

weitere: Druckluftanlage 10 bar, Vakuum bis ca. 4 Pa, SF₆ - Gasaufbereitungsanlage
Schering - Messbrücke (Tettex)