

Rapport de synthèse 2008 du chef de programme OFEN Synthesebericht 2008 des BFE-Programmleiters

Forschungsprogramm Netze

Rainer Bacher

Rainer.Bacher@BacherEnergie.ch



Schweizer Stromversorgungsgesetz (StromVG) in Kraft getreten

Das StromVG bezweckt, die Voraussetzungen für eine sichere Elektrizitätsversorgung zu schaffen und soll den wettbewerbsorientierten Elektrizitätsmarkt national wie international stärken. Das StromVG soll auch zu mehr Innovationen in Netzen und Systemen führen.

Programmschwerpunkte

Elektrische Netze werden benötigt, um die Versorgung der Kunden mit elektrischer Energie sicherzustellen. Übertragungsnetze mit sehr hoher Spannung ermöglichen den Transport von grossen Energiemengen von den Grosskraftwerken über weite Distanzen und mit geringen Verlusten zu den Verbraucherzentren. Verteilnetze mit tieferer Spannung erlauben es, den Strom zum einzelnen Endverbraucher zu verteilen. Die effiziente und sichere Übertragung und Verteilung von Strom ist eine fundamentale Voraussetzung für das Funktionieren unserer heutigen Gesellschaft. Die Netze in der Schweiz müssen dem wachsenden Elektrizitätsbedarf folgen, gleichzeitig den transeuropäischen Strommarkt ermöglichen und die grossteils nicht steuerbaren erneuerbaren Energien wie etwa Wind sicher integrieren. Netzforschung spielt bei dieser Entwicklung eine wichtige Rolle.

Die folgenden drei Programmschwerpunkte wurden im Forschungskonzept 2008–2011 festgelegt:

Forschungsschwerpunkt «Elektrizitätsnetze»

Modellierung und Evaluation von Wechselwirkungen hinsichtlich Netzbetrieb und -design, Versorgungszuverlässigkeit und Organisation des Elektrizitätsmarktes; praxisnahe Bewertung von ökonomischen und technischen Wechselwirkungen bei marktbasierten Engpassmanagementsystemen und beim Netzausbau; Analyse der Versorgungszuverlässigkeit mit Berücksichtigung liberalisierter Marktarchitekturen; Systemkonzeption für effizientes und sicheres Netzmanagement (auch für gestörte/gefährdete Betriebszustände).

Forschungsschwerpunkt «Gekoppelte Energienetze (Elektrizität, Gas, Wärme)»

Entwurf und Analyse von zukunftsweisenden Energienetzarchitekturen unter Ausnutzung von Synergieeffekten (Verteilung, Übertragung, Konversion, Speicherung); Bewertung der Versorgungssicherheit bei Multi-Energieinfrastrukturen; Abschätzung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen.

Forschungsschwerpunkt «Technologien für Energienetze»

Flexible Energieflusssteuerungen (FACTS); Effizienzsteigernde Verteil- und Übertragungselemente.

Mit diesen drei Forschungsschwerpunkten soll mittel- und langfristig zu den folgenden Zielen beigetragen werden:

- Gewährleistung der jederzeitigen Versorgungssicherheit von allen am Netz ange-

schlossenen Netznutzern (Erzeuger, Verbraucher, Speicher);

- Vertieftes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Art, Zeitpunkt und Ort der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs und deren Auswirkungen auf die Netze bzw. den Netzbetrieb;
- Erhöhung der ins Netz eingespeisten CO₂-freien bzw. erneuerbaren Energien ohne Gefährdung der technischen Versorgungssicherheit;
- Sensibilisierung der Endverbraucher bezüglich des effizienten, kosten-, preis- und umweltbewussten Endverbrauchs von Strom und Energie, welche über Energienetze bezogen wird.

Das Forschungsprogramm Netze wurde 2006 initiiert und befindet sich seither im Aufbau. Ziel im Jahr 2008 war es, diesen Aufbau voranzutreiben, die für das Programm nötigen Koordinationsstrukturen weiter auszubauen, den Kontakt mit den Forschern auf dem Gebiet zu intensivieren sowie relevante Forschungsprojekte für die kommenden Jahre zu initiieren und zu finanzieren.

Diese kurzfristigen Programmziele sollen kompatibel sein mit dem langfristigen Ziel eines sicheren, nachhaltigen und effizienten Elektrizitätssystems. Die Schweiz mit ihren Forschungsinstitutionen (ETH, Fachhochschulen, Industrie und KMU) kann dafür national wie auch international wesentliche Beiträge leisten. Aufgrund der heterogenen Struktur der und der individuellen Ziele und Strategien der Stakeholders¹, der schweizerischen und europäischen gesetzlichen Rahmenbedingungen und der aktuell statt findenden politischen Diskussion um die zukünftige Stromversorgung der Schweiz und Europas sind Systemziele festlegbar, die sich aus gewichteten Teilzielen (Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit) zusammensetzen. Das Programm Netze will dazu beitragen, dass in den technisch, ökonomisch und ökologisch relevanten Zeiträumen² innovative Beiträge der Schweizer Forschenden auf dem Netze und Systeme geleistet werden. Dabei wird vermehrt auch die tendenzielle Verschiebung der CO₂-ungünstigen Energieträger und -konversion im Bereich Verkehr und im Wärmesektor eine wichtige Rolle spielen.

¹ Swissgrid als Übertragungsnetzbetreiber, ca. 900 Verteilnetzbetreiber in der Schweiz, wenige Grosserzeuger und viele kleine Erzeuger; Industrien, KMU und Haushalte als Verbraucher, Händler, Gemeinden und Kantone als Besitzer der Netze und der Erzeugung.

² Von Millisekunden über Minuten (technische Stabilität), Viertelstunden (Bilanzgruppen und Intraday-Handel), Stunden des nächsten Tages und zukünftige Wochen, Monate (internationaler Stromhandel), Halbjahre (Energieimporte und -exporte) bis hin zu Jahrzehnten (Lebensdauer von Stromleitungen, Kraftwerken und Verbraucherorten (Häuser)).

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2008

Nachfolgend werden die vom BFE im Jahr 2008 direkt unterstützten Arbeiten auf dem Gebiet der Netze zusammengefasst. Sie verteilen sich auf die beiden Forschungsschwerpunkte «Elektrizitätsnetze» und «Multienergieträgernetze (inkl. Gas-, Wärme- und weitere Energieträgernetze)». Darin enthalten sind auch Anstrengungen zum erfolgreichen Aufbau von internationalen Forschungsprojekten, die internationale Forschungscoordination sowie Aktivitäten in der Lehre.

Forschungsschwerpunkt «Elektrizitätsnetze» Towards Future Electricity Networks

Im Rahmen des ETHZ-Projekts «Towards Future Electricity Networks» ist ein Analyse- und Planungswerkzeug entwickelt worden, welches wirtschaftliche, umwelttechnische und soziale Aspekte gleichzeitig berücksichtigt. Damit ist es möglich, Konzepte für den Übergang von heutigen zu künftigen Elektrizitätssystemen und Netzstrukturen zu simulieren und zu testen. Das Werkzeug erlaubt neben der Simulation von zukünftigen Übertragungssystemen (inkl. Kraftwerken) auch die Erfassung indirekt verursachter Kosten, die Berücksichtigung von umwelttechnischen Standards sowie von Kriterien der Versorgungssicherheit.

Aus Schweizer Sicht ist das Projekt interessant, da es auf die knappen Engpasskapazitäten an den Grenzen und die Folgen für die Stromlücke eingeht. Das Werkzeug erlaubt ausserdem die Simulation von Pumpspeicherkraftwerken, die in Zukunft eine grosse Rolle für den ständig nötigen Bilanzausgleich und als Regelleistung spielen werden, sowie die Berücksichtigung unregelmässig anfallender Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen.

Grundlage des Werkzeugs ist ein so genannter «Sustainability Based Optimal Power Flow (SOPF)». Er ermöglicht die gleichzeitige Berücksichtigung von mehreren, gewichteten Zielen. Zentral war die Entwicklung eines SOPF-Algorithmus, der als Input die Kraftwerks-Grenzkosten, die maximalen Kraftwerks-Erzeugungskapazitäten, sowie die Kapazitäten und die Konnektivität des Übertragungsnetzes gemeinsam mit den Verbrauchszahlen verwendet.

Hauptresultate im Jahr 2008: Die Internalisierung der externen Kosten führt zur erhöhten Nutzung erneuerbarer Erzeugungstechnologien im Vergleich mit den konventionellen. Zudem kann durch die vermehrte Einspeisung erneuerbarer Energien mit den Simulationen gezeigt werden, dass Engpässe an neuen Örtlichkeiten in Europa auftreten werden, und welche europäischen Übertragungsleitungen verstärkt werden müssen.

Die Simulationen zeigen jedoch auch, dass der zusätzliche Bau von neuen Leitungen nicht unbedingt Netzengpässe reduziert oder die Versorgungssicherheit verbessert.

Verteilte Einspeisung in Niederspannungsnetzen (Vorprojekt VEiN)

Zukünftig werden vermehrt erneuerbare Energiequellen wie Sonne, Wind, Biomasse und Wasser dezentral genutzt werden, sowie in einer Umgebung mit Wärmebezug Brennstoffzellen und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen zur Anwendung gelangen. Die Verteilnetzbetreiber haben daher ein Interesse, die Auswirkungen vermehrter verteilter Einspeisungen auf den Netzbetrieb, die Planung und Dimensionierung der Netzanlagen sowie auf allfällig notwendige Anpassungen in den Normen zu untersuchen. Mittels eines Pilotprojektes wird angestrebt, die notwendigen Kenntnisse aufzubreiten und die entsprechenden Erfahrungen zu sammeln.

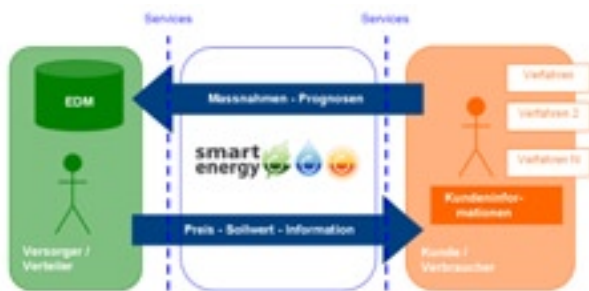
Die Energieversorgungsunternehmen AEW Energie AG, BKW FMB Energie AG, Centralschweizerische Kraftwerke AG (CKW), Elektrizitätswerk des Kantons Zürich (EKZ), Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ), Wasserwerke Zug AG (WWZ), Industrielle Werke Basel (IWB) und das Bundesamt für Energie (BFE) haben sich im Rahmen eines Vorprojekts zur Prüfung der Durchführung und der Finanzierung eines Pilotprojektes entschieden. Die Aktivitäten im Jahre 2008 umfassten die Schwerpunkte:

- Akquisition der Finanzen für die Umsetzung des Pilotprojektes;
- Klären der Zusammenarbeitspotenziale mit ausgewählten Fachhochschulen und der ETHZ;
- Konkretisierung des Vorgehens für die Projektphase;
- Vorbereitungsaktivitäten für die Umsetzung des Pilotprojektes.

Das Vorprojekt VEiN wurde per Ende November 2008 abgeschlossen. Die nachfolgende Projektphase ist geplant.

SmartEnergy

Die Liberalisierung des Strommarktes erfordert die kontinuierliche Erhebung von Produktions- und Verbrauchsdaten sowie einen automatisierten Austausch zwischen den Marktpartnern. Die für die Erfassung und die Weiterleitung dieser Daten erforderliche Infrastruktur kann durch zusätzliche Servicedienstleistungen aufgewertet werden.



Figur 1: SmartEnergy als Projekt bzw. zukünftige Dienstleistung zwischen Energielieferanten und Konsumenten.

Ziel von SmartEnergy ist die Konzipierung solcher Dienste und die Entwicklung von Prototypen dafür. Das Projekt SmartEnergy will diejenigen Informationen besser nutzen, die den Verbrauch und eventuell auch die verteilte Erzeugung von Energie beim Endverbraucher positiv beeinflussen. Mit diesen, beim Endverbraucher in Zukunft verfügbaren Informationen sollen zwei Ziele erreicht werden:

- Beeinflussung des zeitlichen Verbrauchs der Energie mit dem Ziel einer optimalen Auslastung des Netzes;
- Der einzelne Energiekonsument soll die richtigen Informationen erhalten: Diese sollen es ihm erlauben, ökonomische (z.B. über Einkaufspreis), ökologische (über CO₂-Emissionen bzw. Intensität von nicht erneuerbarer Energieumwandlung) und betriebliche (über Kompatibilität des eigenen Energiekonsums hinsichtlich Netzzustand) Aspekte des eigenen Energiekonsums in das tägliche Verhalten einzubeziehen.

Die im Jahr 2008 erreichten Ziele des Projekts sind:

- Aufbau eines professionellen Dialogs der Branche (Netzbetreiber, Energiewirtschaft, Gemeinden) und der Hochschulen;
- Konzeption, Prototypisierung und Testen möglicher Dienstleistungen oder neuer Produkte.



Figur 2: Einflussfaktoren auf Lastprognose.

Kriterien	Modelle zur Lastprognose im BfV					
	Fuzzy and Neurofuzzy	KNN	ALN	ARIMA	Vergleichsverfahren	Kalman-Filter
Aufwand	mittel	mittel	niedrig	hoch	niedrig	hoch
Parametrierbarkeit (Gewichtung)	mittel	mittel	mittel	hoch	keine	mittel
Lernfähigkeit	nein/je	ja	ja	nein	nein	nein
Anpassungsfähigkeit (Reaktionszeit)	mittel	hoch	hoch	klein	mittel	kein
Transparenz und Nachvollziehbarkeit	mittel	schwer	schwer	leicht	leicht	mittel
Flexibilität (neue Inputs einbinden etc.)	mittel	hoch	hoch	niedrig	mittel	niedrig

Figur 3: Methoden, bzw. Modell zur Lastprognose (KNN: Künstlich neuronale Netze; ALN: Adaptive Logische Netze).

Im Jahr 2008 wurde insbesondere ein Workshop unter reger Beteiligung der Stakeholders durchgeführt. Figur 1 – als Output des Workshops – zeigt die Rolle des Projekts SmartEnergy zwischen den Energielieferanten und dem Energiekonsumenten.

Elbe – Validierung und Verbesserung von Lastprognosen (Projektphase 1)

In Zusammenarbeit zwischen der Berner Fachhochschule (BFH) und dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen BKW FMB Energie AG sollen bestehende auf dem Markt verfügbare Lastprognosemethoden analysiert und neue Methoden entwickelt werden.

Im Projektjahr 2008 konnten neue Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zur Validierung und Verbesserung von Lastprognosen erarbeitet werden. Die wichtigsten Einflüsse die zur Elektrizitätsnachfrage beitragen, wurden beschrieben und gewichtet. Figur 2 zeigt die zentralen Einflussfaktoren für eine qualitativ hoch stehende Lastprognose.

Die Bewertung der Meteoserver³ hatte zum Ziel, einen Überblick über die Vor- und Nachteile der verfügbaren Parameter zu geben. In Versuchen wurde statistisch verifiziert, dass die Temperatur einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Stromnachfrage ist. Ferner wurden Überlegungen zur Anwendung und zu Einsatzgebieten der Methoden und Modelle angestellt (Figur 3).

Bei den Methoden zur Lastprognose (Figur 4) haben sich gemäss den Autoren die künstlichen neuronalen Netze (KNN) durchgesetzt und erzielen gute Ergebnisse.

AlpEnergy – Virtual Power Systems as an Instrument to Promote Transnational Co-operation and Sustainable Energy Supply

Ziele des AlpEnergy-Projekts sind die Entwicklung und die Pilotimplementation des neuartigen Kon-

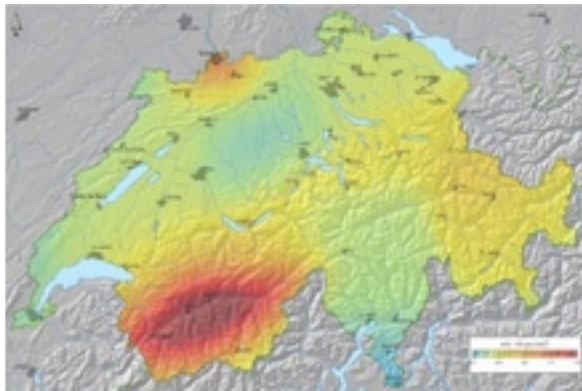
³ Online-Dienst zur Bereitstellung von Wetterdaten verschiedenster Art und Qualität.

Kriterien	Modelle zur Lastprognose aus Internetrecherchen						
	Fuzzy	KNN	AN	ARE	ARMA	ARIMA	AR(1) AR(2)/MAK
Qualität der Vorhersage (Resultate)	gut bis sehr gut	gut bis sehr gut	gut	gut	mittel	mittel	mittel
Marktdurchdringung (Wieviel eingesetzt)	mittel-häufig	häufig	häufig	mittel	schwach	mittel	schwach
Systemanbieter	Edison AG E.ON AG GAS AG	Edison AG E.ON AG GAS AG GAS AG	Edison AG		Edison AG	Edison AG	Edison AG

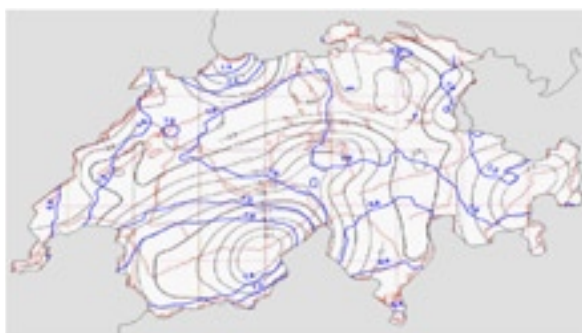
Figur 4: Modell zur Lastprognose.

zepts von «Virtuellen Energieproduktionssystemen» (Virtual Power Systems, VPS) im Alpenraum. Dazu gehören Analysen der Technologien, diverse Arten der Zusammenarbeit und insbesondere Geschäftsmodelle. Das VPS-Konzept soll schliesslich an einem System vollständig erneuerbarer Erzeugungsanlagen einer Gemeinde getestet werden. Dabei sollen Netzbetreiber, unabhängige Stromerzeuger (Landwirtschaft) und Stromkonsumenten, Agenturen für Umwelt und Energie sowie Politiker einbezogen werden.

In der Initialphase im Jahr 2008 wurden der State-of-the-art von «Virtual Power Plants» (VPP) und VPS in Europa untersucht. Als Resultat wurde ein VPS White Paper formuliert und anschliessend die



Figur 5: Angepasstes Häufigkeitsmodell des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED).



Figur 6: Gefährdungskarte für Wiederkehrperiode von 1000 Jahren nach adaptierten Modell und Säegger et al. (1978).

Fragestellung unter verschiedenen Gesichtspunkten definiert. Dabei wurden Systemakteure und deren Verbindungen und Interaktionen bezüglich ICT (Information and Communications Technology) untersucht. Parallel dazu wurden verschiedene Werkzeuge und -methoden für die Modellierung des Informationsflusses untersucht.

Interaktion von Kommunikations- und Stromnetz in der Schweiz bei grossflächigen Schadensereignissen

Das Ziel dieses Projektes ist die Analyse der Interaktion des Stromnetzes der Schweiz mit dem Kommunikationssystem betreffend Sicherheit und Verletzbarkeit beim Auftreten von grossräumigen Schadensereignissen wie Gewittersturm und Erdbeben unter Anwendung probabilistischer Methoden. Der dabei verwendete Ansatz geht über konventionelle Empfindlichkeitsuntersuchungen mittels definierter Szenarien hinaus.

Im Jahr 2008 wurde das Risiko des Stromnetzes quantifiziert, das Gefährdungsmodell für Erdbeben adaptiert und Schadensfunktionen für Erdbeben sowie Methoden zu ihrer Schätzung entwickelt und angepasst (Figuren 5 und 6).

Die Modellierung eines Kommunikationsnetzes unter Berücksichtigung des Erdbebenrisikos konnte weit gehend durchgeführt werden. Dabei wurde das Versagen von Knoten und Verbindungen des Switch-Kommunikationsnetzes aufgrund von Erdbebeneinwirkungen simuliert.

Die grundlegenden Ansätze für die Interaktion der Netze wurden recherchiert, theoretische Untersuchungen zur Interaktion werden zurzeit noch durchgeführt. Erste wissenschaftliche Ergebnisse bilden neue Ansätze zur statistischen Modellierung von Schadensfunktionen und die erste Schätzung des Erdbebenrisikos des Switch-Netzes (Figur 7).



Figur 7: Erste Ergebnisse Erdbebenanalyse – ICT: Relative Versagenshäufigkeit (Dunkelblau: Sehr hoch; Hellblau: Weniger hoch).

Forschungskooperation International

Vertretung im IEA Implementing Agreement Electricity Networks Analysis, Research and Development (Enard)

Die Internationale Energie Agentur (IEA) hat die wichtige Rolle der Elektrizitätsnetze bei der Erarbeitung von energiepolitischen Grundsätzen erkannt und das Implementing Agreement (IA) Enard (Electricity Networks Analysis, Research and Development) im July 2006 initiiert. Die Schweiz ist Mitglied der IEA und des IA Enard.

Das Ziel von Enard ist, Netze in diverser Hinsicht effizienter zu gestalten: Im Vordergrund stehen die Netzerneuerung, die Integration von erneuerbaren Energien sowie die Versorgungssicherheit. Diese Gesichtspunkte haben wegen der voranschreitenden Marktöffnung und den verstärkten Anforderungen an die Nachhaltigkeit – ohne Verlust einer hohen Versorgungssicherheit – weltweit eine grosse Bedeutung. Enard fördert im Rahmen eines internationalen Forums den Informationsaustausch zwischen Energiepolitik und Wissenschaft.

Enard wird von einem Executive Committee (ExCo) geleitet und wurde so aufgesetzt, dass Annexes geschaffen werden können (Figur 8).

Annex I dient als zentrale Informationsdrehscheibe. Auch im Jahr 2008 wurden wieder wichtige Informationen im Themengebiet von Enard gesammelt, in diversen Workshops diskutiert und in Form einer Serie von «Briefing sheets» publiziert. Sechs Workshops wurden bis 2008 organisiert: Distribution systems and end-user issues; Distributed Generation (DG) System Integration; Management of Ageing Infrastructures (gemeinsam mit Cired, 2007); Economic and Regulatory Issues; Transmission System Issues; Intelligent Distribution Networks, Micro-grids and Active Network Management.

Distributed Generation – System Integration in Distribution Networks (IEA IA Enard Annex II)

Das hier beschriebene Projekt ist einer von drei Annexes von Enard: Annex II will eine internationale Analyse der Herausforderungen, die mit der

Einbindung von grossen Mengen von verteilten Stromerzeugungsanlagen verbunden sind, durchführen. Dabei interessiert speziell, wie das heutige «passive» Netz in ein «aktives» Netz der Zukunft (Smart Grid) überführt werden kann.

Der IEA IA Enard II Annex hat die folgenden Ziele:

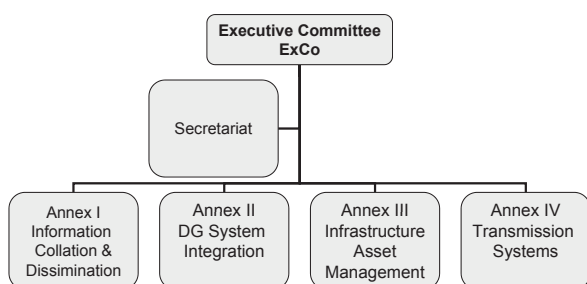
- Aufbau und Austausch des Wissen bezogen auf verteilte Erzeugung und deren Integration in aktive Stromnetze;
- Entwicklung von Richtlinien für Netzbetreiber und Politiker, wie das Management des Übergangs von einem passiven auf ein aktives Netz durchgeführt werden kann.

Im Jahr 2008 wurde insbesondere ein Workshop mit dem Ziel durchgeführt, die Besonderheiten des Annex zu analysieren und eine Vorgehensweise zu definieren. Aus dem Workshop hat insbesondere eine Annex-Struktur resultiert, die seit November 2008 operativ ist.

Europäische Technologieplattform (ETP) SmartGrids, Mirror Group Vertretung

Die von der Europäischen Union (EU) aufgesetzte «European Technology Platform (ETP) SmartGrids» hat das Ziel, fundamentale Veränderungen im traditionellen Elektrizitätsnetz Europas anzudeuten, Forschung voranzutreiben und Prototypen zu testen, damit diese schliesslich systemweit eingeführt werden können. Das *Smart-Grid*-Konzept ist die Antwort auf die steigenden europäischen Herausforderungen im Gebiet der Netze. Die ETP *SmartGrids* wurde im Jahr 2005 gegründet. Sie setzt sich zusammen aus Vertretern der Systeme herstellenden Industrie, den Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, sowie Forschungsvertretern und Regulatoren aus der EU und assoziierten Ländern wie der Schweiz. Das zukünftige transeuropäische Elektrizitätsnetz muss allen Konsumenten eine hohe Versorgungssicherheit bieten bei gleichzeitig anspruchsvollen Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit eines Systems, welche sowohl die Grosserzeugung wie auch die verteilte Erzeugung in allen Regionen Europas voll nutzen soll (Figur 9).

Im Jahr 2008, unmittelbar nach Abschluss der sogenannten «Strategic Research Agenda» (SRA), hat die ETP *SmartGrids* die Ausarbeitung eines «Strategic Deployment Document» (SDD) für Europas Netze der Zukunft begonnen. Im Rahmen dieses SDD wurde der Begriff «Smart Grids» definiert (Figur 10) und es wurden «Deployment Priorities» (DP) festgelegt (Figur 11).



Figur 8: Organisation IEA IA ENARD Annex I.



Figur 9: SmartGrids Visionen gemäss der Europäischen Technologie Plattform (ETP).

Bei den Prioritäten 1 und 2 stehen neue Entwicklungen im Übertragungsnetz im Vordergrund. Bei den Prioritäten 3 und 4 sind sowohl das Übertragungs- wie auch das Verteilnetz involviert. Die Prioritäten 5 und 6 beziehen sich auf das Verteilnetz bzw. die dort angeschlossenen Netznutzer.

Forschungsschwerpunkt «Multi-Energie-trägernetze und -systeme»

Vision of Future Energy Networks (Vofen)

Im Rahmen des Projektes «Vision of Future Energy Networks» (Phase 1), welches seit 2004 vom BFE co-finanziert wird, wurden Modelle und Methoden entwickelt, die einen Grüne-Wiese-Ansatz für Energiesysteme mit mehreren Energieträgern ermöglichen. Dieser Ansatz setzt voraus, dass beim Entwurf des Energiesystems keine existierende Infrastruktur berücksichtigt wird. Die entwickelten Modelle beziehen sich auf den Einfluss von Energiespeichern auf Stromnetze mit stochastischer Erzeugung, auf die integrierte Modellierung und Optimierung von Multi-Ener-

gieträgersystemen, auf Zuverlässigkeitsbetrachtungen für zukünftige Energiesysteme sowie auf Möglichkeiten der kombinierten Übertragung von mehreren Energieträgern. Schlüsselkonzepte, die im Rahmen des Projektes erarbeitet wurden, sind der Energy Hub (für die Energieumwandlung und -speicherung) und der Energy Interconnector (für die Energieübertragung). Mit Hilfe dieser Konzepte ist es möglich, Strukturen für zukünftige Energiesysteme (Figur 12) zu entwerfen, die den steigenden Anforderungen an die Energieversorgung gerecht werden.

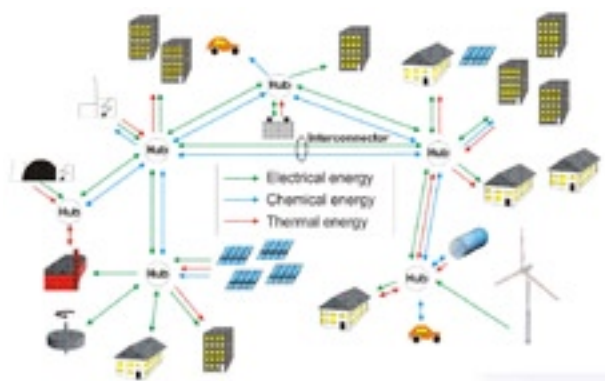
Im Rahmen der Phase 2 des Vofen-Projekts (seit Oktober 2008) werden konkrete Szenarien entwickelt, wie Übertragungs- und Verteilnetzsysteme in ca. 30 bis 50 Jahren aussehen könnten. Die in Phase 1 entwickelten Modelleigenschaften werden um Systemdynamik- und Steuerungseigenschaften erweitert. Von zentraler Bedeutung sind für die Entwicklung der zukünftigen Infrastruktur von Städten, Gemeinden und geographischen Regionen auch die «Plug-in Hybrid Electric Vehicles» (PHEV), die dafür notwendige Portfolio- und Investitionstheorie wie auch der Einfluss



Fugur 10: Definition von Smart Grids nach der ETP SmartGrids.



Figur 11: EU ETP SmartGrids Umsetzungsprioritäten.



Figur 12: Vofen-Struktur eines Energienetzes.

von verschiedenen Technologiepfaden. Ziel ist, die Vorteile der Multi-Energieträgermodelle (inkl. Wärmenetze, Strom, Gas, Wasser usw.) zu erkennen und schliesslich zu nutzen. Der Modellansatz soll an den Schweizer Städten Bern und Baden getestet werden.

Management der Trendwatching Group: Einfluss von Plug-In Hybrid Vehicles auf intelligente Verteilnetze (Smart Grids)

Mithilfe einer Multistakeholderanalyse des Marktes wurden Anfang 2008 Schlüsselakteure der Marktentwicklung von Regelennergiedienstleistungen an der Schnittstelle Smart Grid / Plug-In-Fahrzeuge identifiziert. Mit dem ersten Treffen im Juni 2008 hat sich die Gruppe als Trend Watching Group mit den wichtigsten Repräsentanten des Marktes in der Schweiz (Forschung, Energieversorger, NGOs, Autoindustrie und Energieträger) konstituiert. Per Ende 2008 gehörten 29 Personen zum engeren Kreis der Mitwirkenden. Regelmässig informiert werden mehr als 50 Personen, ausserdem sind auch Experten aus dem Ausland aktiv eingebunden.

Die Mitwirkenden der Trendwatching Group teilen die Vision, dass bis etwa ins Jahr 2011 Fahrzeuginhaber von Plug-In-Fahrzeugen und Energieversorger neue Geschäftsbeziehungen eingehen können bzw. werden. Sie vertreten die Meinung, dass mit dem so genannten «Vehicle to Grid»-Konzept (V2G) eine wesentlich effizientere sowie ökologischere Mobilität und Energieversorgung entstehen kann, wenn der allfällige zusätzliche Energiebedarf für den Betrieb der Fahrzeuge aus erneuerbaren Energien stammt. Sie wollen den

dafür notwendigen Innovationsprozess im Schweizer Markt begleiten und mit eigenen Aktivitäten (Forschung, Geschäftsmodelle, Technikentwicklung, Politik) stärken.

Seit Mitte 2008 hat sich die Gruppe intensiv mit der Umsetzung des Markteintritts von Regelennergiedienstleistungen beschäftigt. Anlässlich des zweiten Treffens im November 2008 wurden Geschäftsmodelle entworfen und Schlüsselfaktoren wie die weitere Entwicklung des Netzes, der Infrastruktur, der Fahrzeuge sowie deren Marktfähigkeit bewertet.

Auswirkung der Markteinführung von Elektrofahrzeugen und Plug-In Hybrids auf die Energieträger und das Elektrizitätsnetz

In diesem Projekt werden die für den Erfolg von Elektrofahrzeugen und PHEV wesentlichen energetischen Auswirkungen des V2G-Konzepts analysiert und bewertet. Damit soll eine konstruktive und objektivierte Grundlage für zukünftige Strategieentwicklungen für Energieversorger, politische Behörden sowie NGOs bereitgestellt gestellt werden.

Die Untersuchung erfolgt anhand von Szenarien, die sich nach Kriterien wie Fahrzeugmenge, Art der Nutzung der Fahrzeuge (EV oder PHEV), Quellen für Strom und Regelennergie, einfachen und machbaren Geschäftsmodellen der EVU und zeitlichen Horizonten (heute, 2015, 2035) unterscheiden.

Die geplanten Arbeitsschritte umfassen die Modellierung des Energiepotenzials aus den Fahrzeugen, Geschäfts- und Dienstleistungsmodelle, Energie- und CO₂-Bilanzen sowie Bewertung und Empfehlungen.

Die technische, ökonomische und ökologische Wertigkeit der Interaktion zwischen Fahrzeug und Netz ist eine der dringendsten Fragestellungen für die zukünftige weitere Entwicklung von Smart-Grids-basierten Energiesystemen, der damit verbundenen Märkte und die Akzeptanz bei den verschiedenen Stakeholders.

Im Jahr 2008 konnte die Datenbasis für die Berechnung der Substitutionseffekte in Richtung Strom als Energieträger, die Auswirkungen auf den Energiemix und die CO₂-Bilanzen mithilfe einer Marktanalyse bearbeitet werden.

Nationale Zusammenarbeit

Das Programm Netze versucht, die Forscher der verschiedenen Schweizer Forschungsinstitutionen auf dem Gebiet der Netze zur intensiven Zusammenarbeit zu motivieren. Es besteht steigendes Interesse an Projekten, bei denen eine aktive Zu-

sammenarbeit zwischen den Fachhochschulen und den Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft (z.B. Swisselectric Research) stattfindet.

Internationale Zusammenarbeit

Die Schweiz hat relativ zu ihrer Grösse (Stromerzeugung und Landesverbrauch) und im Vergleich mit dem europäischen Ausland grosse grenzüberschreitende Übertragungskapazitäten. Die Schweizer Elektrizitätswirtschaft ist im Bereich von Energieproduktion und -handel ebenfalls stark im Ausland aktiv.

Um diese starken Verknüpfungen mit dem europäischen Ausland auch in der Netz- und Systemforschung abzubilden, wurden die internationalen Forschungs koordinationsaktivitäten intensiviert. Sie finden dabei sowohl auf Projekt- als auch auf Programmebene statt.

Auf Projektebene wird die europäische Vernetzung nationaler Forschungsvorhaben angestrebt, d.h. die Schaffung von Projektkonsortien bzw. Begleitgruppen, in denen neben Schweizer Forschungsinstitutionen auch internationale Partner vertreten sind. So arbeiten insbesondere die Netzforscher an der ETH Zürich und der EPF Lausanne wie auch des Forschungszentrums der ABB im Rahmen von EU-Projekten intensiv zusammen mit Areva T&D, TU Delft, ECN (Energy Center of the Netherlands), Imperial College London, National Technical University of Athens, RWTH Aachen und Siemens Power Transmission and Distribution.

Auf Programmebene steht weiterhin die Mitarbeit in den Forschungsgremien der EU und der Inter-

nationalen Energieagentur im Mittelpunkt: Das Forschungsprogramm Netze ist in der ETP *Smart Grids* vertreten. Diese Plattform ist ein wichtiger Baustein im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU und hat sich zum Ziel gesetzt, einen Beitrag zu einer zuverlässigen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Energiezukunft in Europa zu leisten. Die Programmleitung versucht auf europäischer Ebene, Beiträge zur Entwicklung eines nachhaltigen Stromnetzes bzw. -marktes aus Sicht der Schweiz zu leisten. Im Berichtszeitraum wurde die Arbeit am so genannten «Strategic Deployment Document» (SDD) fortgesetzt, das mittel- und langfristige Optionen zur Umsetzung der zukünftigen europäischen Netze beschreibt. Im Mittelpunkt stehen «Deployment Priorities», die schliesslich Ausführungen zu den wichtigsten Technologien, ihren Kosten und Nutzen in Bezug auf eine zukünftige Implementierung enthalten sollen.

Innerhalb des IEA IA Electricity Networks Analysis Research and Development (Enard) sind diverse Annexes vorgesehen, die sich mit Fragen der Integration dezentraler Einspeisungen, mit Asset Management sowie mit aktuellen Herausforderungen für Übertragungsnetze beschäftigen werden. Ziel ist, eine Schweizer Beteiligung in den einzelnen Annexes zu erreichen. Die Schweiz nimmt aktuell, neben dem Haupt-Annex I auch am Annex II (Integration dezentraler Erzeugung) teil.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Im Berichtsjahr wurde wiederum intensiv an der Vernetzung des Forschungsprogramms und der Projektnehmer sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene gearbeitet. Genauso wie das in der Schweiz erarbeitete Wissen in europäische Gremien eingebracht wird, soll auch das Wissen der europäischen Partner speziell auf den Gebieten Smart Grids, Integration Erneuerbarer Energie sowie Strommärkte in die Schweiz gebracht werden.

Netzforscher mit Sitz in der Schweiz konnten sich 2008 wieder erfolgreich an neuen, grossen Projektvergaben im 7. Rahmenprogramm der EU mit entsprechender Finanzierung beteiligen.

International wurde das Programm wie folgt vertreten:

- «Smart Grids ERA-Net»: Work Package Leader «Strategic Activities»;
- «IEA IA Electricity Networks Analysis Research and Development» (Enard): Dr. Rainer Bacher als Vice-Chairman;
- «European Technology Platform SmartGrids»: Dr. Rainer Bacher als Vize-Chairman.

National wurde eine Begleitgruppe bestehend aus Vertretern diverser Stakeholders in der Schweiz gegründet.

Im Berichtsjahr konnten diverse Projekte neu begonnen werden. Diese Projektaufbauarbeit der Programmleitung hängt stark von energiepolitischen Leitlinien, von der verfügbaren Anzahl und Qualität der Forschungsleiter und der von diesen betreuten Forschern, von Anreizen für das Durchführen von exzellenten Forschungsarbeiten sowie der finanzielle Lage der Forschenden ab. Die aktuellen Herausforderungen beim Aufsetzen und Durchführen von Projekten im Rahmen des Forschungsprogramms Netze liegen aktuell wie folgt:

- Die Schweizer Energiepolitik hat mit dem StromVG, der Förderung von erneuerbaren Energien und einer erhöhten Energieeffizienz im Energiegesetz neue Rahmenbedingungen geschaffen, die Innovationen insbesondere auf dem Gebiet der Netze und Systeme erfordern. Diese müssen von den diversen Stakeholders aber erst identifiziert, initiiert und schliesslich durchgeführt werden.

- Nur die ETHZ und teilweise auch die EPFL weisen im universitären Sektor genügend grosse Forschergruppen mit hoher technischer bzw. technologischer Kompetenz auf.
- Die (angewandte) Forschung an den Schweizer Fachhochschulen auf dem Gebiet der Netze wird nur von wenigen Professuren durchgeführt.
- Die Schweiz weist seit dem Inkrafttreten des StromVG einen einzigen Übertragungsnetzbetreiber mit zentraler Stellung in Europa, mehrere Übertragungsnetzeigentümer und etwa 900 Verteilnetzbetreiber – meist mit Gemein-

den und Städten als Eigentümer – auf. Die Netzbetreiber und deren Eigentümer waren 2008 mit der Einführung des StromVG stark absorbiert. Aufgrund der hohen Anforderungen des StromVG ist absehbar, dass dies so auch in den kommenden Jahren noch so bleiben wird. Personelle Ressourcen, welche sich in Forschungsprojekten auch tatsächlich aktiv für innovative Forschungsprojekte engagieren können, sind somit aktuell in der Schweiz bei diesen Unternehmen nur in beschränktem Umfang vorhanden.

Liste der F+E-Projekte

- [1] S. Lukovic, M. Mura, Università della Svizzera italiana: AlpEnergy – Virtual Power System (VPS) as an Instrument to Promote Transnational Cooperation and Sustainable Energy Supply in the Alpine Space (JB Projekt 102848).
- [2] R. Bacher, Bacher Energie: Europäische Technologieplattform (ETP) SmartGrids (JB Projekt 102474).
- [3] R. Bacher, Bacher Energie: Implementing Agreement of the International Energy Agency (IEA): Electricity Networks Analysis Research & Development (Enard Annex I) (JB Projekt 102474).
- [4] R. Bacher, Bacher Energie: Lehrauftrag ETHZ: Vorlesung «Optimierung liberalisierter elektrischer Energiesysteme» (OLEES) (Frühjahr 2008; Departement ETHZ-ITET) (SB Projekt 102474).
- [5] D. Gabioud, HES-SO Valais: Projet HES-SO SmartEnergy (SB Projekt 102612).
- [6] R. Horbaty, P. Strub, Enco Energie-Consulting AG: Auswirkung der Markteinführung von Elektrofahrzeugen und Plug-In Hybrids auf die Energieträger und das Elektrizitätsnetz; Energetische Substitutionseffekte und Auswirkungen auf den Energiemix und CO₂-Bilanzen (SB Projekt 102774).
- [7] A. Papaemmanouil, ETH Zürich: Towards Future Electricity Networks (SB Projekt 102292).
- [8] K. Fröhlich, G. Andersson, ETH Zürich: Vision of Future Energy Networks (SB Projekt 100669).
- [9] M. Raschke, ETH Zürich: Interaktion von Kommunikations- und Stromnetz der Schweiz bei grossflächigen Schadensereignissen (JB Projekt 102556).
- [10] P. Kronig, M. Höckel, Berner Fachhochschule HTI Biel: Elbe – Validierung und Verbesserung von Lastprognosen (Projektphase 1) (ZB Projekt 102771).
- [11] P. Bühler, G. Schnyder, AEW Energie AG: Vorprojekt VEiN – Verteilte Einspeisungen in Niederspannungsnetze (SB Projekt 101411).
- [12] R. Horbaty, R. Rigassi, Enco Energie-Consulting AG: Integration von Plug-in Hybrid Cars zur Förderung intelligenter Verteilnetzstrukturen (Vorstudie) (JB Projekt 102205).

Referenzen

- [13] BFE-Forschungsprogramm Netze: <http://www.bfe.admin.ch/forschung/netze/>.
- [14] Europäische Union: 7. Forschungsrahmenprogramm Gebiet Energie: <http://cordis.europa.eu/fp7/energy/>.
- [15] SmartGrids Konsortium: Europäische Technologieplattform SmartGrids: <http://www.smartgrids.eu/>.
- [16] International Energy Agency: IEA Implementing Agreement Enard: <http://www.iea-enard.org/>.

Impressum

Juni 2009
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
Druck: Ackermann Druck AG, Bern-Liebefeld
Bezug der Publikation: www.energieforschung.ch

Programmleiter

Dr. Rainer Bacher
Bacher Energie
Hochstrasse 3c
CH-5405 Baden
rainer.bacher@bacherenergie.ch

Bereichsleiter

Dr. Michael Moser
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
michael.moser@bfe.admin.ch