

Integral Resource Optimization Network *Study*

P. Palensky et. al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

42/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Integral Resource Optimization

Network *Study*

Dr. Peter Palensky (Projektleitung), DI Brigitte Lorenz,
DI Manfred Weihs, DI Charlotte Roesener
ICT – Institut für Computertechnik,
Technische Universität Wien

Dr. Michael Stadler
Institut für technische Anlagen und Energiewirtschaft,
Technische Universität Wien

DI Thomas Frank
Envidatec GmbH, Hamburg

Wien, November 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Fokus der Arbeit	4
1.3	Ziele des Projekts	6
1.4	Projektrelevante Vorarbeiten	7
1.5	Gliederung der Arbeit	10
2	Das Elektrizitätssystem – Gegenwart und Zukunft	11
2.1	Skizzierung des angestrebten IRON Systems – Vision	11
2.2	Stand der Technik	14
2.3	Verbesserungen gegenüber dem Ist-Stand durch IRON	18
3	IRON Study – methodische Vorgehensweise	21
3.1	Zentrale Frage- und Aufgabenstellungen des Projekts	21
3.1.1	Wirtschaftliche Anforderungen und Rahmenbedingungen	21
3.1.2	Technische Anforderungen	22
3.2	Verwendete Methoden und Daten	23
3.2.1	Anforderungsanalyse – Befragung der Stakeholder	23
3.2.2	Sonstige wirtschaftliche und technische Recherchen und Analysen	25
4	Anforderungsanalyse	26
4.1	Der Elektrizitätsmarkt aus Sicht seiner Teilnehmer	26
4.1.1	Erhöhter Stromverbrauch und Strompreise	27
4.1.2	Energiepolitische Maßnahmen	27
4.1.3	Demand Response Systeme & zeitvariable Tarife	28
4.1.4	Dezentrale Erzeugung	29
4.1.5	Das IRON System	31
4.2	Wirtschaftliche Marktanalyse	33
4.2.1	Problematische Tendenzen am Strommarkt	33
4.2.2	Kritische Parameter für Energiemärkte – Beispiel Kalifornien	35
4.2.3	Elastische Nachfrage und strategische Preise	36
4.2.4	Elastische Nachfrage – makroökonomisches Modell	37
4.3	Durch IRON erzielbare Benefits	43
4.3.1	Nutzen für Kunden und allgemeiner Nutzen	44
4.3.2	Nutzen für den Netzbereich	46
4.3.3	Allgemeiner Nutzen für den Erzeugungsbereich	47
4.3.4	Nutzen für die dezentrale Erzeugung	48
4.3.5	Volkswirtschaftlicher Nutzen	49
5	Machbarkeitsanalyse	50
5.1	Technisches Konzept	50
5.1.1	Ausgangspunkt technische Anforderungen	50
5.1.2	Einsatzbereiche/Zielgruppen	51
5.1.3	Globale Kommunikations-Infrastruktur	52

5.1.4	Lokale Kommunikations-Infrastruktur	53
5.1.5	Die „IRON-Box“ als Bindeglied zwischen globaler und lokaler Kommunikation	55
5.2	Evaluierung anwendbarere Technologien	55
5.2.1	Protokolle für die globale Kommunikation	55
5.2.2	Produkte und Konzepte für die lokale Kommunikation	57
5.3	Zukünftige Konzeptrealisierung und Konzepttest	62
5.4	Ergebnisse des Netzwerks Energie und Kommunikation	63
6	Wege zur Umsetzung	65
6.1	Markteinstiegs-Szenarien	65
6.1.1	Private Betreibergesellschaft	66
6.1.2	Netz- und Systemdienstleister	66
6.1.3	Einbettung in energiewirtschaftliches Regelwerk	67
6.2	Risiken	67
6.3	Energieeffizienz und Versorgungssicherheit – Programme der EU	69
6.4	Verwertung der Ergebnisse	70
7	IRON und die Ziele der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“	73
7.1	IRON und das Gesamtziel der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“	73
7.1.1	Umsetzung	73
7.1.2	Gesellschaft – Technik – System	74
7.1.3	Relevanz für Österreich	74
7.2	IRON und die sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung	74
7.3	Einbeziehung der Zielgruppen	76
7.3.1	Welcher wesentliche potenzielle Nutzen ergibt sich für die Zielgruppen?	76
7.3.2	Welche regionalen Effekte können erzielt werden?	77
7.4	Beschreibung der Potenziale	77
7.4.1	Marktpotenzial	78
7.4.2	Verbreitungs- bzw. Umsetzungspotenzial	78
8	Diskussion und Ausblick	79
8.1	Zusammenfassung	79
8.2	Schlussfolgerungen	82
8.3	Empfehlungen und Ausblick	83
	Literaturverzeichnis	86
	Abbildungsverzeichnis	89
	Tabellenverzeichnis	90

Kurzfassung

IRON (Integral Resource Optimization Network) *Study* ist eine Grundlagenstudie zum Thema „Koordinierung dezentraler Energieressourcen“. Der Trend hin zur Dezentralisierung der Energieinfrastruktur hat verschiedene Implikationen. Einerseits kann eine verteilte Energieversorgung zuverlässiger gestaltet werden und die Integration erneuerbarer Energiequellen wird erleichtert. Andererseits wird das Energiesystem vor neue Herausforderungen gestellt. Die Verteilnetze müssen für den bi-direktionalen Energiefluss ausgelegt werden, Aspekte der Netzqualität können negativ wie positiv beeinflusst werden.

Ein solch dezentrales Energiesystem kann mit Hilfe der richtigen Koordination der Teilnehmer entscheidend verbessert werden. Das IRON System soll in der Endphase eine Plattform bieten, die eine beliebige Anzahl von Teilnehmern am elektrischen Netz kommunikationstechnisch erschließt. Dieser IT-Zugang soll tiefer und fein-granularer, als bisher erfolgen. Letztendlich soll Automatisierungstechnik bis zu den Endgeräten der Kunden vorgedrungen werden. Die Skalierbarkeit und die Kosten sind hierbei die Schlüsselfaktoren.

Die Zielgruppen wurden segmentiert in Zweckbauten, Einzelknoten (wie Windkraftwerke), private Eigenheime und kleine Industrie- bzw. Gewerbebetriebe. Große Energiekunden werden nicht angedacht, da sie meist schon ein eigenes Optimierungssystem besitzen. Das angestrebte IRON System kann technisch folgendermaßen umrissen werden:

- verschiedene Klassen von End-Knoten je nach einzelner Zielgruppe (funktional wie preislich – Richtwert sind Kosten von unter EUR 100), kurze Amortisationszeiten (2 Jahre)
- einfache, möglichst automatische Installation, robuster, wartungsfreier Betrieb
- gute Skalierbarkeit bis in den Bereich von 100.000 Knoten
- Verwendung von Internet, Feldbussen und Technologien der Gebäudeautomatisierung, Kopplung an existierende Steuerungssysteme (DSM, abschaltbare Lasten)
- Add-On Services wie Sicherheit, Information oder Remote-Home

Die am Markt verfügbaren Lösungen erfüllen diese Anforderungen nicht zufrieden stellend, weswegen teilweise Neuentwicklungen durchgeführt werden müssen, die möglichst vollständig auf offenen Standards aufzubauen sollen.

Das IRON System ist von seiner Konzeption her anwendungs-neutral, d. h. es kann für eine Vielzahl an sich neu ergebenden Diensten verwendet werden: lokale Synchronisation von Erzeugung und Verbrauch, Real-Time-Pricing, globales Spitzenlastmanagement, etc. Der Betreiber des Systems kann den durch die verteilte Automatisierungstechnik erwirtschafteten finanziellen Nutzen an seine Kunden weitergeben.

Diese erste Phase des IRON Projekts hat das Umfeld ergründet und mit intensiver Öffentlichkeitsarbeit das Thema in den relevanten Kreisen erfolgreich installiert. Partner für ein demnächst beginnendes Folgeprojekt konnten gefunden werden.

Abstract

IRON (Integral Resource Optimization Network) *Study* is a research study about the coordination of decentralized energy resources (DERs). Recent developments within our energy system show a tendency towards more decentralization which leads to a number of implications. On one hand, a decentralized infrastructure can offer more reliability and a better support for the integration of renewable energy sources. On the other hand, the distribution grid must handle a bi-directional flow of energy, grid features like power quality can be decreased but also increased by decentralized energy resources.

What is needed is an appropriate coordination of the members of such a decentralized energy system. The IRON system will offer a platform that networks an arbitrary number of DERs. This IT network goes way beyond the traditional control networks of the energy system. Depending on whether it is economically reasonable one can integrate every aspect of the energy system, down to the individual end consuming device. Good scalability and low costs are the two key factors.

As target customers big office buildings, single-site plants (like wind power stations), private homes and small industries were identified. Large energy customers were not taken into account, since they often already have their own optimization system. The main technical requirements of the IRON system are as follows:

- different classes of end-nodes depending on the respective target customers (functional as well as in price – costs of less than EUR 100 are aimed at), short amortization times (2 years)
- easy – if possible automatic – installation, robust, zero-maintenance operation
- good scalability up to 100.000 nodes
- usage of Internet technology, field area networks and building automation technologies, coupling to existing control systems (DSM, interruptible loads, etc.)
- provision of add-on services like security, information or remote home

Similar solutions available on the market do not satisfy these requirements which makes it partly necessary to develop new technology in order to fill the white spots. New developments shall be largely based on open standards.

The IRON system is conceptually neutral, it can be used for a multitude of emerging services, e.g. the synchronization of local energy generation and consumption, real-time pricing, global peak load management. The financial benefit generated by the distributed optimization system can be shared between the provider of the system and the networked customers.

Within the first phase of the IRON project, the fundamental economical and technical requirements have been analyzed and the ideas of the project have been successfully installed in the relevant circles via intensive public relations activities. Cooperation partners for a follow-up project could be found easily.

Kurzfassung – Langversion

Motivation und Ziele

Gemäß einer Studie der Internationalen Energie Agentur wird ein Anstieg des Anteils der Elektrizität am Gesamtenergiemarkt in den OECD Ländern von 24 % im Jahr 1970 auf 40 % bis 2020 erwartet. Die absolute Nachfrage nach Elektrizität steigt Jahr für Jahr kontinuierlich an. Gleichzeitig sinkt die vorhandene Kapazität (unter anderem auf Grund von Alterungsprozessen), Engpässe zeichnen sich ab.

Für den Betrieb von Netzwerken mit einem hohen Anteil an dezentralen Erzeugern sind neue Technologien und Konzepte notwendig, insbesondere neue Steuer- und Kontrollsysteme. Es geht darum, ein möglichst effizientes System zu schaffen, das auf flexible Weise *alle* vorhandenen Ressourcen, Energiequellen genauso wie unausgeschöpfte Potenziale im Bereich des Verteilnetzes oder auf Seiten der Verbraucher optimal berücksichtigt. Die einzelnen Ressourcen müssen durch einen entsprechenden Fluss von Steuer- und Kontrollinformationen miteinander verbunden werden. Hier liegt das langfristige Ziel des Projekts IRON: die Entwicklung – und auch tatsächliche Umsetzung – einer hoch verteilten, kommunikationstechnischen Infrastruktur zur Ausschöpfung bisher brachliegender Optimierungspotenziale im Bereich der Ressource „elektrische Energie“.

Es gibt Teilnehmer am Elektrizitätssystem, die bis jetzt in den Informationsaustausch nur unzureichend, wenn überhaupt eingebunden sind:

- intelligente Verbraucher – Geräte, die zum Teil wissen, welchen Energieverbrauch sie in der näheren Zukunft verursachen werden, und Verbrauchsprognosen darüber abgeben können, etwa Waschmaschinen
- virtuelle Energiespeicher – verschiebbare Lasten bzw. Verbraucher, die basierend auf trägen Prozessen in der Lage sind, Energie für eine gewisse Zeit vorzuhalten, etwa Heiz- und Kühlgeräte
- dezentrale Einspeiser – Windkraftwerke, Brennstoffzellen, Mikroturbinen etc.

Die neue Infrastruktur erhöht die im Elektrizitätssystem vorhandene Dichte und Qualität an Informationen und erweitert die Kommunikationsmöglichkeiten. Die Erzeugerseite ist seit jeher gewöhnt, durch Regelungstechnik die Versorgung sicherzustellen und zu optimieren. Die Verbraucherseite hat üblicherweise sehr primitive bis keine Infrastruktur, um den Verbrauch zu optimieren. Oft fehlt auch der Anreiz, da der Kunde nur einen fixen Tarif bezahlt. Es wird ihm nicht vergütet, wenn er zu Zeiten knappen Angebots seinen Verbrauch reduziert.

Stand der Technik

Das ist bei großen Industrie-, aber auch kleinen Gewerbebetrieben manchmal anders. Diese werden, je nach Stromliefervertrag, mit Lastgangszählern (so genannten „Viertelstundenzählern“) ausgerüstet. Diese ermöglichen, dass das Verbraucherverhalten (der „Lastgang“, insbesondere die Verbrauchsspitzen) ebenso in die Stromrechnung einfließt wie der kumulierte Verbrauch. Die etablierte Lösung hierfür sind „Maximumwächter“. Diese versuchen, den

Verbrauch pro Messperiode zu deckeln, wobei sie sich einer simplen Abschätzung des Verbrauchstrends bedienen, mit der bis zu 15 Minuten in die Zukunft hinein extrapoliert wird (Abbildung I).

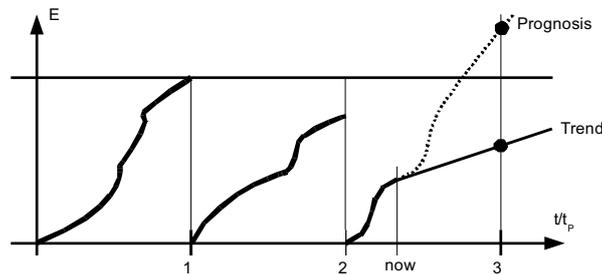


Abbildung I: Aktuelle Maximumwächter extrapolieren einen Trend.

Diese Maximumwächter stellen natürlich eine relativ primitive Methode dar, den Lastgang zu beeinflussen bzw. zu glätten. Eine auf mehr Information aufgebaute *Prognose* kann sich signifikant vom Trend unterscheiden. Eine Vernetzung der Maximumwächter verschiedener Niederlassungen oder einzelner Stromkunden, um einen gemeinsamen Lastgang für einen Konzern oder eine geografische Region zu bewirken, ist derzeit nicht Stand der Technik.

Programme und Systeme, die es Verbrauchern ermöglichen, ihre Lasten dynamisch in schneller Reaktion auf aktuelle Markt- und Systemverhältnisse zu managen, bezeichnet man als Demand-Response (DR) oder Demand-Side-Management (DSM) Systeme. Obwohl solche Systeme schon seit Langem zur Diskussion stehen, haben sie es bis heute nicht geschafft, in einem nennenswerten Ausmaß am Markt zum Einsatz zu kommen. Dies liegt am unzureichenden Automatisierungsgrad der bestehenden Lösungen. DR-Programme finden hauptsächlich in den USA Anwendung. Eines der wenigen in Europa angewendeten Konzepte ist seit den frühen 90er-Jahren in Irland zu finden („Short Duration Interruptible Tariff“).

Wirtschaftliche Anforderungen an das neue System

Um einen detaillierten Überblick über die derzeitigen Probleme und Trends am österreichischen Strommarkt zu erhalten, wurden eine Reihe von Teilnehmern (Kunden verschiedener Größe, Stromerzeuger, Stromlieferanten, etc.) zu ihrer Sicht des Markts und zu ihrer Position zum IRON Thema befragt. Insbesondere wurden vorhandene Probleme und mögliche, nah- und mittelfristige, Lösungsansätze für die Zukunft der Energieversorgung besprochen.

Ein kontinuierliches Ansteigen des Verbrauchs (überproportional zum Wirtschaftswachstum) und ein Zurückgehen der Kapazitäten wird von praktisch allen Experten erwartet. Ohne Gegenmaßnahmen sind Versorgungslücken unausweichlich.

Effiziente Maßnahmen zum Engpass- und Notfallmanagement sind äußerst wichtig. Die Ansätze hierfür wurden bisher im Bereich der Erzeugungsanlagen und des Netzes gesucht, kaum aber bei verbraucherseitigen Maßnahmen. Bei verstärktem Einsatz regenerativer Energien und dezentraler Erzeugung sollte das Management des Verteilnetzes flexibler werden. Das IRON-System könnte dazu einen wichtigen Beitrag zu leisten, z. B. durch automa-

tisierten, lokalen Demand/Supply Ausgleich. Man müsste trotz stochastischer Einspeisung (z. B. Wind) weniger Regelreserven vorhalten als bisher.

Einige Stromlieferanten erwarten ein verhältnismäßig stabiles Preisniveau, während andere Befragte mit weit höheren Steigerungen rechnen, insbesondere wenn die Lebenszeit der bestehenden Kraftwerke zu Ende geht. Derzeit entsprechen die Strompreise den kurzfristigen Grenzkosten, die keinen Spielraum für Investitionen zulassen. Für die Endkunden stellen die relativ niedrigen und vor allem unflexiblen Strompreise keinen Anreiz dar, sich über ihr Nutzerverhalten Gedanken zu machen. Erfahrungen mit Demand-Response-Systemen sind in Österreich relativ gering. Zeitvariable Tarife für flexible Lasten wurden hauptsächlich Großbetrieben der Industrie angeboten. Was den Einsatz von flächendeckenden Demand-Response Systemen für Haushalte betrifft, so gelten diese in vielerlei Augen im Moment für sich betrachtet als „zu klein“, obwohl sie in Summe einen bedeutenden Einfluss auf den Lastgang haben. Demand-Side-Management-Systeme dürfen nicht kompliziert in der Anwendung sein, der Automatisierungsgrad des IRON-Systems muss möglichst hoch sein. Da die Kostenersparnis, der erwirtschaftete Vorteil des Systems, als relativ gering eingeschätzt wird, müssen die Geräte extrem kostengünstig sein.

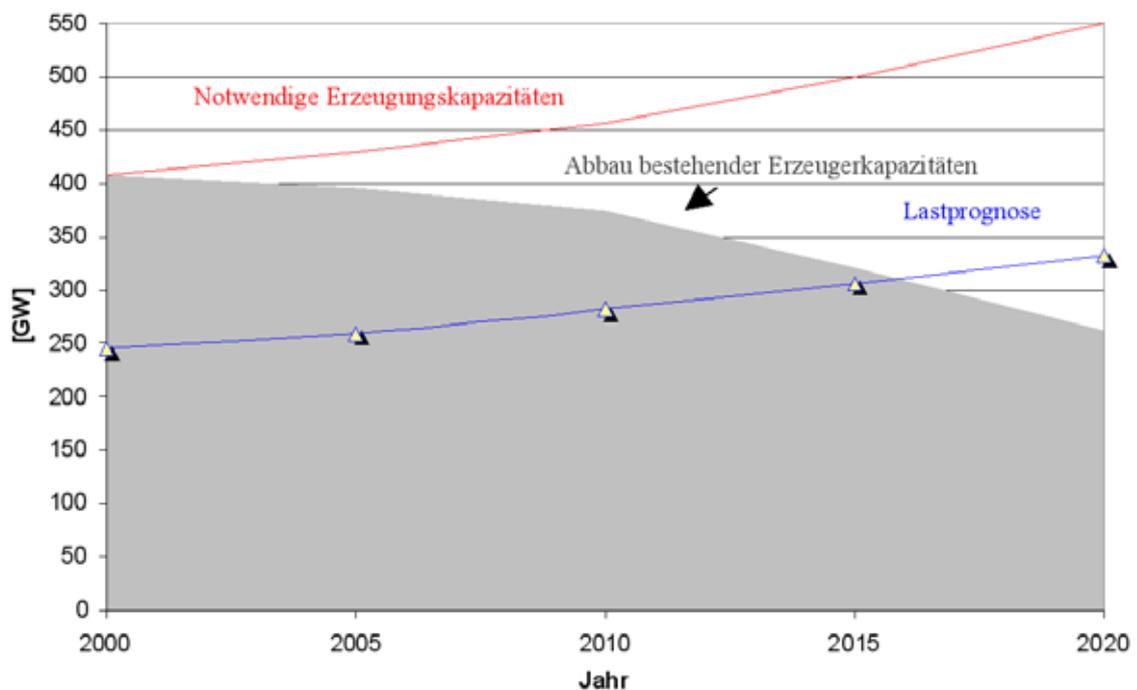


Abbildung II: Abbau der Erzeugerkapazitäten, Lastprognose und daraus resultierende „notwendige“ Erzeugerkapazitäten bis 2020 (für Österreich, seine Nachbarländer, Polen und Frankreich)

Folgende Benefits können mit Hilfe des IRON Systems erzielt werden:

- Verfügbarmachung von mehr Information und besseren Kommunikationsmöglichkeiten
- automatisiertes Lastmanagement, bis hinunter zu den Verbrauchern, Spitzenlastreduktion

- Einbeziehung verbraucherseitiger Potenziale beim Engpass- und Notfallmanagement, echtzeit-nahe neue Märkte und Dienstleistungen
- Unterstützung dezentraler Ressourcen – lokales Demand/Supply Matching, Erhöhung des Anteils dezentraler Erzeugung, verbesserte Nutzung von Abwärme
- höhere Kapazitätsauslastung bei Netz und Erzeugung – gesteigerte Produktivität bestehender Strukturen, Vermeidung unrentabler Neubauten, reduzierte Kapitalkosten
- Steigerung von Effizienz, Umweltfreundlichkeit und Sicherheit (durch Diversifikation der Energiequellen) der Energieversorgung

Ein wesentlicher Faktor für den Nutzen der angestrebten Automations-Infrastruktur ist die Tatsache, dass dadurch eine *elastische Nachfragekurve* kreiert werden kann. Bei einer elastischen Nachfragekurve sind die Konsumenten in der Lage, auf Preissignale und damit auf Engpässe zu reagieren. Dies führt zu einer besseren Balance zwischen Angebot und Nachfrage und damit zu einem effizienteren System, was angesichts der drohenden Kapazitätsengpässe (Abbildung II) und den damit verbundenen Auswirkungen auf den Strompreis (insbesondere zur Spitzenlastzeit) von zunehmender Wichtigkeit wird.

Technisches Konzept

Die grundlegenden von der technischen Infrastruktur zu leistenden Aufgaben sind:

- Sammeln von Informationen (Verbrauchsdaten, Zustand von Energiespeichern, etc.)
- Bereitstellung von Kommunikationskanälen und -protokollen
- Bereitstellung von Schnittstellen zur Ankopplung an vorhandene Steuerungen (DSM-Systeme, intelligente Geräte, abschaltbare Lasten, Gebäudeleittechnik, etc.)
- Bereitstellung von Management-Tools und Algorithmen (Optimierung, Kooperation)

Allgemein gibt es Voraussetzungen für Sicherheit (im Sinne von IT-Security und Safety), Robustheit, Skalierbarkeit und Flexibilität, Selbst-Anpassung, Fehlertoleranz und Netzwerk-Management. Folgende Einsatzgebiete für das IRON-System werden anvisiert. kleine und mittlere Unternehmen, große Gebäude, Haushalte, Einzel-Anlagen (Windkraftwerk, etc.)

Diese Einheiten stellen die höchste Ebene von „Knoten“ im IRON-Netzwerk dar (Abbildung III). Innerhalb solcher Knoten (d. h. zum Beispiel innerhalb des Gebäudes) werden zur Kommunikation zusätzliche Netzwerke eingesetzt, um die einzelnen Teile (Sub-Knoten, etwa Verbraucher) der Knoten zu erreichen. Daher besteht das IRON-Netzwerk aus einer globalen und einer lokalen Kommunikations-Infrastruktur (Abbildung IV).

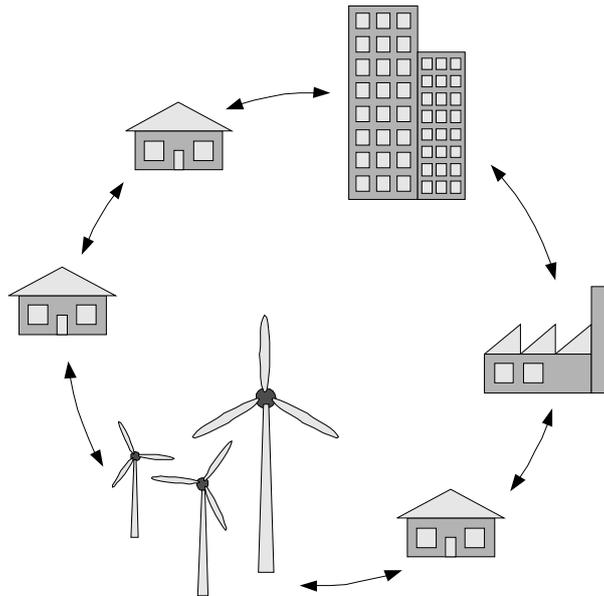


Abbildung III: Knoten-Typen im IRON-System verbunden durch globale Kommunikation.

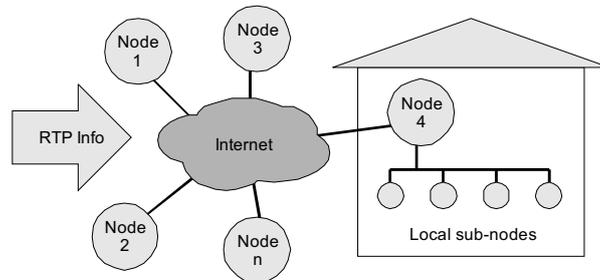


Abbildung IV: Verteilung von Echtzeit-Preissignalen

Für die globale Kommunikations-Infrastruktur wird das Internet eingesetzt. Andere Kommunikationsmöglichkeiten wären möglich, allerdings in der Regel mit zusätzlichen Kosten verbunden. Das lokale Netzwerk innerhalb des Hauses bzw. Objekts, also die Kommunikations-Infrastruktur zwischen dem IRON-Knoten und dessen Sub-Knoten wie Verbrauchern und Zählern, unterscheidet sich für die verschiedenen Typen von Knoten wie kleine und mittlere Unternehmen oder Privat-Haushalte.

Markteinstiegs-Szenarien

In der Studie wurden drei konkrete Betreiber-Szenarien für ein derartiges System untersucht:

- Eine private Betreibergesellschaft, die sich um Installation, Betrieb, Wartung und Verwaltung der Infrastruktur kümmert und als Stromlieferant mit zeitabhängigen Tarifen wirkt.
- Netz- und Systemdienstleister (im Wesentlichen Betrieb durch die Verteilnetzbetreiber) verwenden das System, um neue Dienstleistungen damit zu verwirklichen.
- Das System ist eingebettet in staatlich/energiewirtschaftliches Regelwerk (z. B. Schaffung eines eigenen energiewirtschaftlichen Konstrukts analog zur Ökobilanzgruppe).

Abstract – long version

Motivation and Goals

According to a Study of the International Energy Agency electricity's share of the total energy market in OECD countries is expected to grow from 24 % in 1970 to 40 % in 2020. The demand for electricity is growing continuously from year to year. At the same time, available capacity is reduced (because of companies' cost reduction policies in liberalized markets and expiring life time cycles), shortages are lurking.

To operate grids with a high level of distributed generation, new technologies and concepts are necessary, especially new control- and management systems. All available energy resources, traditional elements from the supply side as well as new potentials from the demand side or the distribution grid, shall be used in a flexible way to create the most efficient system possible. An appropriate flow of information is needed to seamlessly weave together the potentials of the individual resources. This is the long-term goal of the iron project: the development of a highly distributed communication infrastructure to exploit so far unused optimization potentials of the resource „electrical energy“ – and to take the first steps towards its implementation.

At the moment, some participants of the electricity system are only very badly or not at all integrated. Those are:

- „Intelligent“ consumers. Some appliances know in advance, at least partly, how much energy they will consume in the near future and can make a prognosis about it, e.g. washing machines.
- „Virtual“ energy storages. These are flexible loads or consumers which can store energy for some time based on inert processes, e.g. heating or cooling devices.
- Distributed generators. Examples are wind power stations, fuel cells, micro turbines, etc.

The new infrastructure increases the density and the quality of information available within the energy system and the possibilities to communicate this information. On the generation side, using control technologies to ensure a reliable and efficient energy supply is state-of-the-art. On the consumers' side, there is usually no or only a very primitive infrastructure to optimize demand. Often, there are no incentives for the customers to reduce their loads in times when energy supply is short, because they do not get a reward for this. They always have to pay the same fixed price (tariff).

State-of-the-art

This is sometimes different for big industries, but also smaller ones. Depending on their contract, they will be equipped with load profile meters which make it possible to account for the shape of consumption (the load peaks) as well as the accumulated load. The established solution for this are „maximum demand monitors“. They try to limit the demand within the measurement intervals by using a simple estimation extrapolating the current consumption trend up to 15 minutes into the future (Figure I).

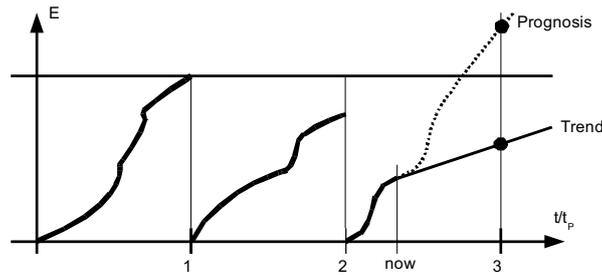


Figure I: Current maximum demand monitors are estimating future consumption by calculating a simple trend instead of a prognosis.

This is of course a very primitive method to influence or to flatten loads. Using more information, a much better prognosis – which could be very different from the trend – can be calculated. Moreover, several maximum demand monitors located at various branches of a company or at different customers' private homes could be networked to create a common load profile for a firm or a geographical region, but this is not state-of-the-art.

Programs and systems enabling customers to dynamically manage their loads in fast reaction to current market and system conditions are called demand response or demand side management systems. Although such systems have been discussed for quite a long, they have not managed to succeed on the market up to now. This is due to the insufficient degree of automation of existing solutions. DR programs are mainly used in the USA. One of the few concepts used in Europe can be found in Ireland since the early 90s („Short Duration Interruptible Tariff“).

Economic requirements for the new system

To get a detailed view of the current problems and trends of the (Austrian) power market several participants (customers of variable size, utility managers, energy suppliers, etc.) have been interviewed about their opinions concerning market tendencies in general and the IRON system in particular. Lurking problems have been discussed as well as short- and medium-term solutions for the energy system of the future.

A continuous increase in demand (more than the economic growth) and a reduction of available capacities is expected by all experts. Without taking counter measures, shortages in supply are unavoidable.

Efficient measures for shortage and emergency management are very important. So far, only the generation side and the grid are included into solutions, but not the demand side. Having to cope with increased levels of renewables and distributed generation, the management of the grid should become more flexible and active. The IRON system could make a valuable contribution to this goal, for example by introducing an infrastructure to automatically and locally match demand and supply. This would reduce the amount of reserve energy which is needed to compensate for stochastic suppliers like wind power stations.

Some suppliers are expecting relatively stable prices while others consider significantly higher price levels possible, especially when reaching the point where the life time of more

and more existing utilities expires. Current prices correspond to short-term marginal costs which leave very little spare money for investments. For consumers, the relatively low and inflexible prices provide no incentive to think about their consumption behavior. There is very little experience with demand response systems in Austria. Time-variable prices for flexible loads are mainly offered for big industries. Private homes are considered to be too small, although, put together, their influence of the load is significant. Ubiquitous demand side management systems like the IRON system have to be very simply installable (plug & work), unobtrusive and automated. As the expected savings per customer are relatively small, the optimization infrastructure has to be very low-cost, too.

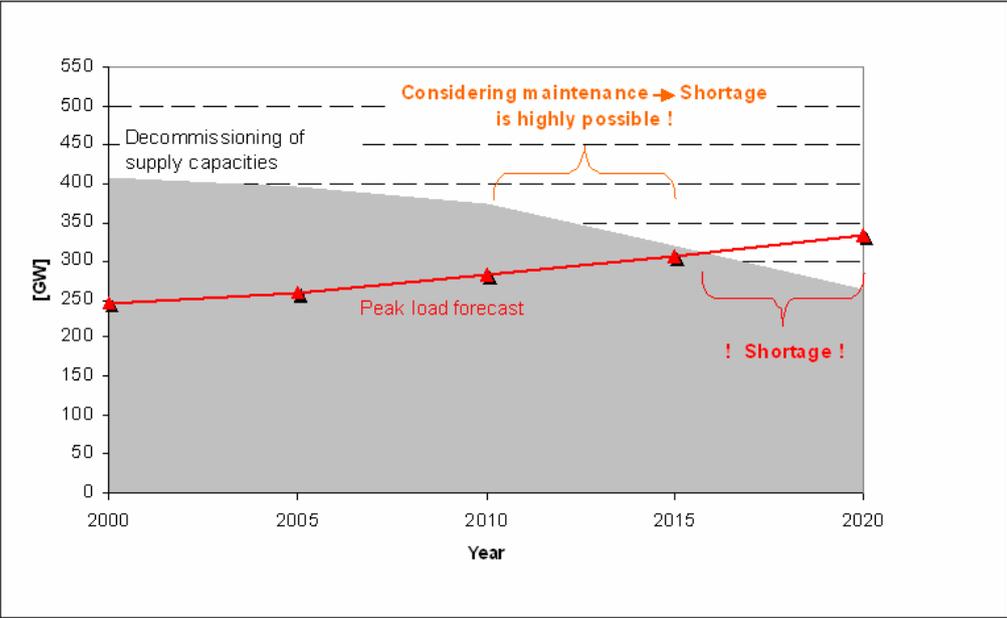


Figure II: Decommissioning of capacities and peak load forecast for the central European Energy market (Austria, Germany, Switzerland, Italy, Slovenia, Hungary, Slovakia, Czech Republic, Poland, and France).

However, there are not only costs, but also lots of benefits which can be achieved with the IRON System:

- Significantly more information and communication
- Automated load management down to the end users' appliances, peak load reduction
- Making use of demand side potentials for shortage and emergency management of the distribution grid, improved remote monitoring and diagnostics, new real-time markets, e-business systems and (ancillary) services
- Support of distributed resources – local demand/supply matching, higher levels of decentralized generation, increased use of combined heat and power (CHP) systems
- Increased capacity factors for utilities and the grid – higher productivity of existing structures, avoidance of investments in unprofitable new power stations, reduced capital costs

- A more efficient, clean, sustainable, diverse and therefore secure energy supply

Part of the benefits of the intended automation infrastructure originate in the fact that it creates an elastic demand curve. With elastic demand curves the customers have the possibility to react to price signals – and thus shortages in supply. This leads to a better balance of demand and supply which results in a more efficient system. This is getting more and more important concerning the lurking capacity shortages (Figure II) and their unpleasant influence on electricity prices (especially for peak load times).

Technical Concept

The basic tasks the new automation and optimization infrastructure will have to fulfill are:

- to acquire local data with embedded control modules (load data, supply data, grid status, weather conditions, etc.),
- to communicate relevant control information,
- to couple the new system to already existing control systems (interfaces to DSM systems, interruptible loads, grid management systems, etc.), and
- to provide algorithms and management tools (for optimization, cooperation, billing, etc.)

There are several technical requirements for the new IT infrastructure which are connected with IT-security, safety, robustness, scalability, flexibility, self-adaptation, fault tolerance, and network management. Concerning the fields of application for the IRON system, the following parties have been identified:

- small industries,
- big buildings,
- private homes,
- single-site stations (wind power stations, etc.).

The above mentioned entities represent the highest level of nodes in the IRON network (Figure III). Within these nodes (e.g. within a building) additional networks will be used to reach the sub-nodes (e.g. appliances) for communication purposes. Thus, the IRON network consists of a global and a local communication infrastructure (Figure IV).

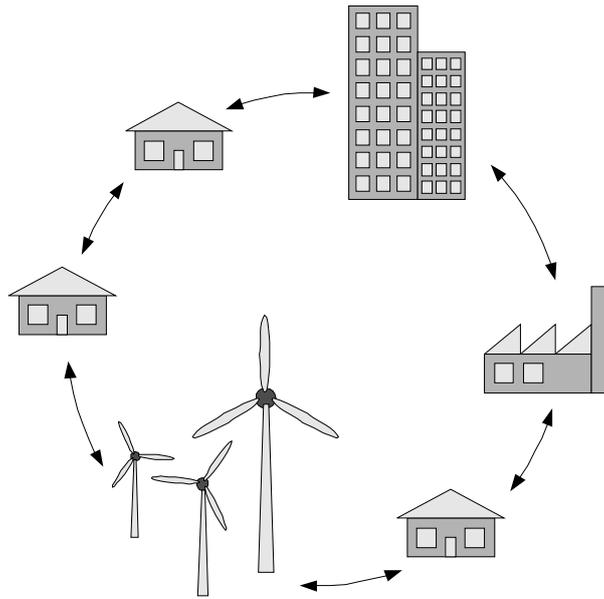


Figure III: Types of nodes in the IRON system connected through global communication.

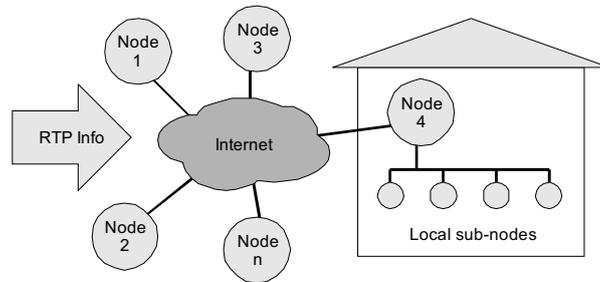


Figure IV: Distribution of price signals to sub-nodes.

For global communication the internet will be used. Other communication channels would be possible, but would, in general, lead to higher additional costs. The local network within the building or the plant, thus the communication infrastructure between the IRON nodes and sub-nodes like appliances or counters, is different for the various types of nodes (fields of application like small businesses or private homes).

Scenarios for putting the system on the market

The study analyzes three scenarios concerning the question by which party the intended system should be initiated and operated:

- A private company which takes care for the installation, operation, maintenance and administration of the technical infrastructure and acts as an energy supplier with time-variable tariffs or prices.
- (Distribution) grid operators which use the load shedding mechanisms of the new infrastructure to actively manage the grid and to provide new services to their customers.
- The system will be embedded in national energy economic strategies (e.g. creation of a dedicated economic structure similar to the Austrian „Ökobilanzgruppe“.)

1 Einleitung

In diesem Kapitel werden Motivation, Schwerpunkte und Ziele des Projekts *IRON Study* (Integral Resource Optimization Network Study) – einer Grundlagenstudie für eine integrale Automatisierungsinfrastruktur zur effizienteren Nutzung der Ressource „elektrische Energie“ vorgestellt. Es geht um die koordinierte Nutzung aller im System vorhandenen verteilten Potenziale. Im Anschluss an die Vorstellung des Projekts folgt eine kurze Beschreibung von relevanten Vorarbeiten, die vom Antragsteller, dem Institut für Computertechnik der TU Wien, bereits durchgeführt wurden. Das Kapitel schließt mit einer Gliederung dieses Projekt-Endberichts.

1.1 Motivation

Eine ausreichende Versorgung mit Energie ist ein kritischer Faktor für jede Gesellschaft. Sie stellt eine Grundvoraussetzung dar, ohne die ein angemessener Lebensstandard der Bevölkerung und wirtschaftliches Wachstum nicht zu erreichen sind. Die Art und Weise, wie der Energiebedarf gedeckt wird, hat auch große Auswirkungen auf die Umwelt und die Lebensbedingungen, nicht nur der gegenwärtigen, sondern auch der künftigen Generationen. Es gilt also ein Energiesystem zu schaffen, das neben der Gewährleistung der Sicherheit der Energieversorgung auch hohen Ansprüchen bezüglich Umweltverträglichkeit, Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz genügt.

Elektrizität stellt unter den verschiedenen vorhandenen Energieformen eine besonders hochwertige und universell einsetzbare Form dar. Gemäß der Internationalen Energie Agentur wird ein Anstieg des Anteils der Elektrizität am Gesamtenergiemarkt in den OECD Ländern von 24 % im Jahr 1970 auf 40 % bis 2020 erwartet. Insbesondere in hoch entwickelten Gesellschaften ist das Elektrizitätssystem die strategisch wichtigste Infrastruktur, von deren zuverlässigem Funktionieren ein Großteil der weiteren, unseren Alltag bestimmenden Infrastrukturen und Prozesse kritisch abhängt. Aufgrund der Wichtigkeit, die Elektrizität insbesondere für moderne, hoch technologisierte Informationsgesellschaften besitzt, und der Tatsache, dass Elektrizität oft der „integrierende“ Faktor bei der Nutzung der verschiedenen primären Energieträger ist, sollte ein effizienter Umgang damit ein wichtiges Ziel für jede Volkswirtschaft sein.

Nicht nur der relative Anteil von Elektrizität am Gesamtenergieaufkommen ist seit Jahrzehnten im Steigen begriffen, sondern auch die absolute Nachfrage nach Elektrizität ist in dieser Zeit Jahr für Jahr kontinuierlich (in der Größenordnung von 1 – 2 % pro Jahr) angestiegen, ein Trend, der sich aller Voraussicht nach in den kommenden Jahrzehnten fortsetzen wird.

Historisch wurde ein steigender Bedarf beim Verbrauch stets rein erzeugerseitig durch den Bau neuer Kraftwerke gedeckt, wobei immer auf das Vorhandensein von ausreichenden Kapazitätsreserven geachtet wurde und die Zuverlässigkeit der Stromversorgung im Mittelpunkt stand. Vor ein paar Jahren wurde in Europa – und so auch in Österreich – ein Prozess der Deregulierung der Elektrizitätsmärkte gestartet. Die zumeist vertikal integrierten Elektrizitätsunternehmen wurden in die Bereiche Stromerzeugung, Stromvertrieb und Netznutzung ge-

teilt („Unbundling“). Ziel der Reorganisation ist es, mehr Wettbewerb in den Markt zu bringen. Neue Akteure sollen Zugang zum Markt erhalten und die Verbraucher bzw. die gesamte Wirtschaft sollen von günstigen Strompreisen profitieren können. Dies ist bis jetzt höchstens zum Teil gelungen. Noch immer ist der Markt von einer beschränkten Anzahl von Unternehmen dominiert, und die Stromkonsumenten partizipieren kaum an der Dynamik der Märkte. Während die Großhandelspreise auf den Spotmärkten immer volatiler werden, bezahlen die Endverbraucher weiterhin rund um die Uhr den gleichen Tarif, egal ob die gelieferte Energie zu Spitzenlastzeiten konsumiert wird oder durch Grundlast abgedeckt werden kann. Zudem hat die Liberalisierung des Marktes dazu geführt, dass der Fokus der Elektrizitätsunternehmen nicht mehr ausschließlich an der Versorgungssicherheit orientiert ist, sondern bei Entscheidungen verstärkt die wirtschaftliche Effizienz der unternehmerischen Operationen in den Mittelpunkt rückt. Eine Folge davon ist, dass Überkapazitäten, die in Zeiten des regulierten Marktes errichtet wurden, mehr und mehr abgebaut worden sind. Gleichzeitig werden seit Jahren die Investitionen in die Errichtung neuer Infrastruktur zurückgehalten. Angesichts des weiterhin steigenden Bedarfs und der Tatsache, dass in den nächsten Jahren auch einige Kraftwerke aus Altersgründen vom Markt genommen werden müssen, zeichnet sich hier für die nahe Zukunft eine bedrohliche Lücke in der Elektrizitätsversorgung ab. Studien der Internationalen Energie Agentur (IEA) in Paris gehen davon aus, dass zur Sicherung der Stromversorgung in Europa (bezogen auf die EU-15) im Laufe der kommenden 20 bis 30 Jahre Kraftwerke im Ausmaß von rund 600 GW neu errichtet werden müssen [10]. Dies bedeutet hohe Investitionserfordernisse, aus Sicht der IEA alleine für die EU-15 über 1000 Mrd. € bis 2030. Auch im Bereich des Netzes sind erhebliche Erweiterungen und Verbesserungen der bestehenden Infrastruktur dringend nötig.

Die notwendigen Investitionen erfordern den Einsatz einer großen Menge an Kapital. Dieser Einsatz ist aber mit einer Reihe von Risiken behaftet. Vielerlei nur schwer prognostizierbare Faktoren müssen berücksichtigt werden. Neben dem Wirtschaftswachstum und dessen Korrelation zum Stromverbrauch spielen z. B. auch die kommende Entwicklung der Öl- und Gaspreise sowie Art und Ausmaß künftiger Umweltauflagen eine wichtige Rolle. Insbesondere bei Großprojekten ist aufgrund erhöhter Umweltauflagen mit langwierigen Genehmigungsverfahren und oft auch massivem Widerstand von zumindest Teilen der Bevölkerung zu rechnen. Potenzielle Investoren wünschen sich hier stabile Rahmenbedingungen, die ihnen Planungssicherheit und entsprechende Renditen gewährleisten. Dieser Wunsch ist sicherlich verständlich. Die Festlegung der Rahmenbedingungen ist aber wesentlich mit der Frage verknüpft, wie unser zukünftiges Energiesystem höchstwahrscheinlich aussehen wird bzw. wie es aussehen *soll*. Gerade weil Investitionsentscheidungen im Elektrizitätssektor so weit in die Zukunft reichen und so lange Amortisationszeiten besitzen, müssen hier rechtzeitig die Weichen in die angestrebte Richtung gestellt werden. Es geht nicht nur darum, Investitionen in unausgelastete Kapazitäten zu vermeiden. Es muss heute schon die Infrastruktur bedacht und in die Wege geleitet werden, die notwendig dafür sein wird, das Elektrizitätssystem von morgen zu tragen.

Das gegenwärtige, durch eine zentrale Erzeugungsstruktur gekennzeichnete System ist historisch gewachsen und hat bisher gute Dienste geleistet. Aus vielerlei Gründen, die sich oft

auch gegenseitig ergänzen, wäre es nun aber wünschenswert den Anteil der dezentralen Erzeugung zu erhöhen. Erneuerbare Energiequellen können dabei verstärkt zum Einsatz kommen, Abwärme kann vermehrt genutzt werden, Netzverluste können vermieden und der Verbrauch von fossilen Brennstoffen kann reduziert werden, um nur einige der Vorteile zu nennen. Das bisherige System ist aber nicht in der Lage einen größeren Anteil dezentraler Erzeugung problemlos zu integrieren, weil es von Grund auf nicht dafür ausgerichtet ist. Für den Betrieb von Netzwerken mit einem hohen Anteil an dezentralen Erzeugern sind neue Technologien und Konzepte notwendig, insbesondere neue Steuer- und Kontrollsysteme. Es geht dabei aber nicht darum, alles Bisherige durch gänzlich Neues zu ersetzen, sondern darum, ein möglichst effizientes System zu schaffen, das auf flexible Weise *alle* vorhandenen Ressourcen optimal berücksichtigt. Bei den Ressourcen kann es sich um Energiequellen genauso handeln wie um unausgeschöpfte Potenziale im Bereich des Verteilnetzes oder auf Seiten der Verbraucher. Will man ein Elektrizitätssystem mit einer signifikanten Nutzung aller verteilten Ressourcen, dürfen insbesondere das Verteilnetz und die Verbraucher nicht mehr bloß als passive „Anhängsel“ des Systems betrachtet werden, wie das heute der Fall ist, sondern müssen in die Lage versetzt werden, aktiv zum Management des Gesamtsystems beitragen zu können. Dafür benötigen sie aber eine unterstützende Automationsinfrastruktur zur Steuerung und zur Kontrolle ihrer nun aktiven Prozesse. Diese neuartige Infrastruktur kann mit Hilfe von Komponenten und Techniken der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien realisiert werden. Sie ist der integrierende Faktor zwischen all den verteilten Ressourcen. Wie der genaue Mix von zentralen und dezentralen Ressourcen im zukünftigen System auch aussehen mag, die einzelnen Komponenten bzw. Teilsysteme müssen durch einen entsprechenden Fluss von Steuer- und Kontrollinformationen miteinander verbunden werden, da nur so ein effizienter, aufeinander abgestimmter Betrieb des Gesamtsystems möglich ist. Hier liegt auch das langfristige Ziel des Projekts IRON – einer Abkürzung, die für Integral Resource Optimization Network steht:

die Entwicklung und die Vorbereitung einer möglichst breiten Umsetzung einer hochverteilten, kommunikationstechnischen Infrastruktur zur Ausschöpfung bisher brachliegender Optimierungspotenziale im Bereich der Ressource „elektrische Energie“.

Bevor nun auf die ersten Schritte in Richtung dieses langfristigen Zieles – und damit auf die konkreten Fragestellungen und Inhalte der hier vorliegenden Grundlagenstudie IRON Study – eingegangen werden soll, sei noch einmal ein Blick auf das bestehende Elektrizitätssystem geworfen, und zwar aus informationstechnischer Sicht.

Im derzeitigen System wird elektrische Energie üblicherweise von einer überschaubaren Anzahl erzeugender Stellen produziert. Über ein Verteilnetz wird in Folge eine mitunter sehr große Zahl an Verbrauchern versorgt. Erzeuger, Verbraucher und mitunter vorhandene – aber eventuell ungenutzte – Speicher sind dabei mehr durch den Fluss an Energie als durch ein durchgängiges Steuerungskonzept verbunden. Die stattfindenden Informationsflüsse sind weder einheitlich, noch sind alle relevanten Teilnehmer überhaupt in ausreichendem Maße eingebunden. So beschränkt sich die Datenerfassung im Kundenbereich auf jährlich abgele-

sene Zählerwerte, im besten Fall von Lastspitzen- bzw. Lastgangszählern. Bidirektionale Kommunikation findet dabei – vom Versorger aus gesehen – üblicherweise nur bis zu den Umspannwerken statt.

Diese Infrastruktur mag für die Abrechnung bisheriger Tarifmodelle ausreichend sein, stößt aber an ihre Grenzen, sobald neuere Marktmodelle, wie globales, über mehrere Niederlassungen eines Kunden hinweggehendes Energiemanagement oder On-Line-Tarife am Elektrizitätsmarkt eingesetzt werden sollen. Auch um brachliegende Optimierungspotenziale urbar zu machen ist es notwendig, eine große Zahl an Energieverbrauchern, Energieerzeugern und Energiespeichern informationstechnisch zu erschließen. Bis vor kurzem war das allerdings nicht kostengünstig machbar. Inzwischen sind die notwendigen Produkte und Technologien zu vertretbaren Preisen am Markt sowie die nötigen Standards geschaffen bzw. im Entstehen, um eine solche Infrastruktur zu entwickeln.

1.2 Fokus der Arbeit

Das Projekt IRON geht dezidiert von einem Elektrizitätssystem aus, das die Nutzung verteilter Ressourcen wesentlich miteinbezieht. Um die traditionellen Elemente von Erzeugung, Verbrauch und Verteilung mit den neuen verteilten Potenzialen effizient zu verbinden, bedarf es einer innovativen technischen Infrastruktur, die die einzelnen Komponenten miteinander koordiniert, sodass ein kohärentes Gesamtsystem entsteht. Die dafür notwendigen Informationen müssen akquiriert und rechtzeitig an die richtige Stelle gebracht werden. Die neuartige technische Infrastruktur muss also ein „Mehr an Information und Kommunikation“ zur Verfügung stellen, als bisher im System verfügbar ist. Bei den notwendigen Informationen kann es sich z. B. um Steuerbefehle, Preissignale oder physikalische Messwerte handeln.

Was die kommunikationstechnische Erschließung von Teilnehmern am Elektrizitätssystem betrifft, so gibt es Gruppen, die bis jetzt in den Informationsaustausch im Bereich der Ressource „elektrische Energie“ nur unzureichend, wenn überhaupt eingebunden sind. Diese stellen eine besondere Zielgruppe für das angestrebte Optimierungsnetzwerk dar. Es sind dies die folgenden Teilnehmer:

Intelligente Verbraucher. Darunter versteht man Maschinen und Geräte, die zum Teil wissen, welchen Energieverbrauch sie in der näheren Zukunft verursachen werden. Maschinen, die ein deterministisches Programm ausführen (wie z.B. eine Waschmaschine) sind in der Lage, besonders exakte Verbrauchsprognosen abzugeben, andere können zumindest statistische Aussagen machen.

Virtuelle Energiespeicher. Dies sind Verbraucher, die, basierend auf trägen Prozessen (Wärme, Massebewegungen, etc.), in der Lage sind, Energie für eine gewisse Zeit vorzuhalten. Beispiele dafür sind Kühlgeräte, Klimaanlage, Heizplatten, Pumpen. Verschiebbare Lasten (entstehend aus Logistik-Überlegungen) fallen ebenfalls in diese Kategorie.

Dezentrale Einspeiser. Hierbei handelt es sich um Erzeuger wie Windkraftwerke, Brennstoffzellen, Mikroturbinen, Photovoltaikanlagen und andere „kleine“, verteilte Quellen. Ihre

Anzahl und ihr Beitrag zur gesamten Energieerzeugung soll und wird in Zukunft weiter zunehmen. Die stochastische Natur solcher Systeme führt jedoch verstärkt zu Problemen im Netzbetrieb.

Das Projekt IRON setzt genau bei der Ausnutzung der Potenziale der oben genannten Teilnehmer an. Die einzelnen stromverbrauchenden Geräte und Maschinen werden mit einer „IRON-Box“ ausgestattet, einem einfachen, eingebetteten Informations- und Steuerungsmodul. Dieses mit Sensoren und lokaler „Intelligenz“ bestückte Modul ist sich der aktuellen Lastverschiebungs- und Speichermöglichkeiten des ihm assoziierten Endverbrauchsgeräts bewusst (durch Parametrierung oder durch Lernen). Aufgrund einer Vernetzung der einzelnen Steuerungsmodule untereinander kann das vorhandene Wissen (z. B. über Lastfreiheitsgrade) gezielt ausgetauscht und genutzt werden. Die ausgetauschten Informationen bilden die Basis für Optimierungsalgorithmen zur Koordinierung des Betriebs der einzelnen Geräte. Es entsteht ein intelligentes, sich selbst organisierendes Kollektiv von Lasten und Speichern. Optimierungsanreize und -ziele bezieht das System von Energiemärkten, Lieferanten und Netzbetreibern.

Wo immer schon Steuerungen vorhanden sind, soll die neue Infrastruktur angebunden werden. Verbraucherseitige Maßnahmen (wie z.B. Maximumwächter) werden im Moment im Wesentlichen deswegen nur so wenig eingesetzt, weil sie nicht in globale Strategien eingebunden sind und nicht automatisiert ablaufen.

Die grundlegenden von der technischen Infrastruktur zu leistenden Aufgaben sind folgende:

- das Sammeln von Informationen (Verbrauchsdaten, Zustand von Energiespeichern, etc.),
- die Bereitstellung von Kommunikationskanälen und -protokollen,
- die Bereitstellung von Schnittstellen zur Ankopplung an vorhandene Steuerungen (DSM-Systeme, intelligente Geräte, abschaltbare Leistungen, etc.),
- die Bereitstellung von Management-Tools und Algorithmen (Optimierung, Kooperation).

Die neue Infrastruktur erhöht die im Elektrizitätssystem vorhandene Dichte und Qualität an Informationen und erweitert die Kommunikationsmöglichkeiten.

Das resultierende System kann potenziell für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden. Dem Kunden stehen generell mehr zeit-nahe Informationen über seinen Verbrauch zur Verfügung. Das System steigert die Preistransparenz, Nachfrageelastizität und kann beitragen, Spitzenlasten zu entschärfen. Mit der angestrebten Infrastruktur kann jeder Verbraucher eine aktivere Rolle als bisher übernehmen. Diese breit gestreute und zahlenmäßig große Menge an beeinflussbaren Lasten kann helfen, das Verteilnetz gezielt zu be- und entlasten um so kurzfristige Kapazitätsengpässe zu entschärfen. Eine große Menge an bisher passiven und lediglich statistisch eingebundenen Verbrauchern werden dadurch ein planbarer und bewusst einsetzbarer Faktor. Flexible Lasten können mit dezentraler, stochastischer Erzeugung gekoppelt und örtlich aufeinander abgestimmt werden. Lieferanten wiederum können

den Zukauf teure Spitzenlast im Großhandel senken und dafür ihren Kunden neue Stromprodukte und Dienstleistungen anbieten.

1.3 Ziele des Projekts

Wie oben ausgeführt kann die angestrebte Infrastruktur allen Teilnehmern am Energiesystem von Nutzen sein. Vom Erzeuger über den Verteiler und Händler, bis hin zum Kunden gibt es allerdings unterschiedliche Vorstellungen, Erwartungen und Bedürfnisse an ein solches System.

Eines der Ziele der Grundlagenstudie *IRON Study* war es, diese Anforderungen in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht zu ermitteln und zu analysieren. Es galt herauszufinden, wie die Situation am österreichischen Strommarkt überhaupt aussieht, welche Stakeholder es gibt, wie deren Interessen aussehen und welche Meinungen und Erwartungen sie bezüglich des angestrebten Systems haben.

Die Forschungsarbeiten im Rahmen der Grundlagenstudie *IRON Study* gliedern sich also grundsätzlich in zwei Bereiche:

- einer wirtschaftlich motivierten Anforderungsstudie, und
- einer technisch orientierten Machbarkeitsanalyse.

In der Anforderungsstudie wurden die Meinungen und Erwartungen folgender Gruppen erhoben

Energiekunden, Energieversorgern, Energieerzeugern, Energiehändlern, Netzbetreibern, Technologiebetreibern sowie sonstiger Interessensvertretungen mit Bezug zum Energiesystem.

Die angestrebte Infrastruktur besitzt inhärent systemischen Charakter, was bedeutet, dass sie zu vielerlei Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilbereichen des Elektrizitätssystems führt. Nur die Einbeziehung aller Stakeholder kann hier zu einem adäquaten Gesamtüberblick über die herrschenden Rahmenbedingungen für die Systemkonzeption führen.

Im Rahmen der Machbarkeitsanalyse wurde zunächst eine Analyse der technischen Anforderungen an das IRON System gemacht. In einem zweiten Schritt erfolgte eine Bestandsaufnahme der potenziell einsetzbaren Technologien. Gegliedert nach den verschiedenen Einsatzbereichen, die sich aus der wirtschaftlichen Anforderungsanalyse ergeben haben, wurden verschiedene technische Systemkonfigurationen konzipiert und analysiert. Jede von ihnen berücksichtigt auf individuelle Weise die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des jeweiligen Einsatzgebietes.

Was in der vorgegebenen Projektlaufzeit mit den vorhandenen Ressourcen noch nicht erreicht wurde, war eine detaillierte, nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Evaluierung der einzelnen Systemkonzeptionen oder gar schon der Aufbau von Prototypen. Die Erarbeitung der Entscheidungsgrundlagen für das Design eines spezifischen Systems ist sehr aufwändig und bedarf einer konkreten Aufgabenstellung sowie einer intensiven Zu-

sammenarbeit mit den an der Umsetzung dieser Aufgabenstellung beteiligten Stakeholdern. Dieser logische nächste Schritt im Projekt wird in einem bereits bewilligten Folgeprojekt durchgeführt. Dieses Folgeprojekt – IRON *Concept* – wird mit Partnern durchgeführt, die ihm Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt *Study* gewonnen werden konnten.

Generell konnten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit des Projekts sehr gute bis ausgezeichnete Erfolge erzielt werden. Die breite Umsetzung eines so innovativen Projekts ist nur zu schaffen, wenn die zugrunde liegenden Ideen einer möglichst großen Anzahl an Betroffenen nicht nur bekannt gemacht werden, sondern es auch gelingt, Interesse und Begeisterung dafür zu wecken. Dies zu erreichen war von Beginn an ein wichtiges Ziel im Projekt IRON, in das auch einiges an Arbeit gesteckt wurde, die sich aber bezahlt gemacht hat, da schon einige der Betroffenen, und vor allem potenzielle zukünftige Partner bei der Weiterführung des Projekts, für dessen Ideen gewonnen werden konnten.

1.4 Projektrelevante Vorarbeiten

Das Institut für Computertechnik der TU Wien arbeitet schon seit vielen Jahren auf dem Gebiet Energie und Information. Insbesondere zusammen mit der Firma Envidatec GmbH, einem Anbieter von Energiedienstleistungen samt technologischer Unterstützung, wurden schon viele Projekte gemeinsam entwickelt, darunter auch das JEVIS-System [20]. Dieses ist ein modulares System zur Erfassung, zur Manipulation und zur Visualisierung von Betriebsdaten aller Art, wie z. B. Strom-, Gas-, und Wasser-Verbräuchen, Temperaturverläufen etc.

Das System besteht aus einer zentralen Datenbank [21], in die aus verschiedenen Gateways Daten, die meist im 15-Minuten-Raster vorliegen, ausgelesen werden, wobei der Datentransfer von den Gateways zur Datenbank hauptsächlich über Modem-Verbindungen stattfindet. Anschließend manipulieren Berechnungsmodule die eingelesenen Daten, ermitteln Kennwerte, überprüfen die Daten auf Plausibilität, Vollständigkeit und gewisse vordefinierte Grenzwerte. Gegebenenfalls werden von den Modulen Alarme ausgelöst, die dann beispielsweise über Email oder SMS an zuständige Administratoren übermittelt werden.

Mit Hilfe des Visualisierungstools JEChart können Verläufe wie Lastgänge dargestellt werden (siehe **Abbildung**).



Abbildung 1: Visualisierung eines Lastgangs mittels JEChart

Auch die Bereiche lokales sowie globales Energiemanagement sind für die Firma Envidatec GmbH Themengebiete, auf denen sie seit langer Zeit tätig ist. Unter den Begriff „globales Energiemanagement“ fällt beispielsweise der Wunsch eines Konzerns mit mehreren Filialen (wie z. B. einer Supermarkt-Kette), den Lastgang aller seiner Filialen gemeinsam zu verrechnen bzw. zu optimieren (also zu glätten bzw. tarifabhängig an einen vorgegebenen Fahrplan anzupassen).

Im Frühjahr 2004 wurde am Institut für Computertechnik der TU Wien für die Firma Envidatec GmbH ein globales Energiemanagementsystem implementiert, dessen Aufgabe die Optimierung von lokalen Lastgängen einzelner Verbraucher unter Berücksichtigung globaler Leistungsmerkmale war [25]. In diesem Zusammenhang stellte die Reduzierung von kumulierten Lastspitzen mehrerer Lastgänge ein wesentliches Kriterium dar. Eine typische Anwendung für den Einsatz eines globalen Energiemanagementsystems findet man beim Betrieb mehrerer Gebäude, wo durch das gleichzeitige Auftreten von Spitzenlasten verschiedener Verbraucher eine unerwünscht hohe Summenlastspitze auftritt.

Neben Modulen für die Datenakquise und einem kommunikationstechnischem Netzwerk zum Austausch dieser Daten stellen Algorithmen ein drittes wesentliches Element von Energiemanagementsystemen dar. Das globale Energiemanagementsystem PROFESY (die Abkürzung steht für „PRediction of Optimized load proFiles for Energy management Systems“) ist hierfür ein illustratives Beispiel [25]. Es arbeitet in mehreren Schritten. Zu Beginn werden sämtliche Daten über den Energieverbrauch der lokalen Verbraucher gesammelt und analysiert. Daraus werden dann mit Hilfe eines künstlichen neuronalen Netzwerks mehrere Last-

prognosen für den entsprechenden Zeitraum erstellt. Aus diesen Vorhersagen werden im Anschluss diejenigen ausgewählt, die ein globales Optimum darstellen.

Was die Hardware zum Aufzeichnen der Betriebsdaten betrifft, so wurden dafür von der Firma Envidatec GmbH – ebenfalls zum Teil in Zusammenarbeit mit dem Institut für Computertechnik der TU Wien – eigene Geräte entwickelt [14].

Ein Beispiel für ein derartiges Gateway, das mehrere analoge und digitale Ein- und Ausgänge sowie einen Netzwerk- und einen Modemanschluss aufweist, ist in **Abbildung** dargestellt.

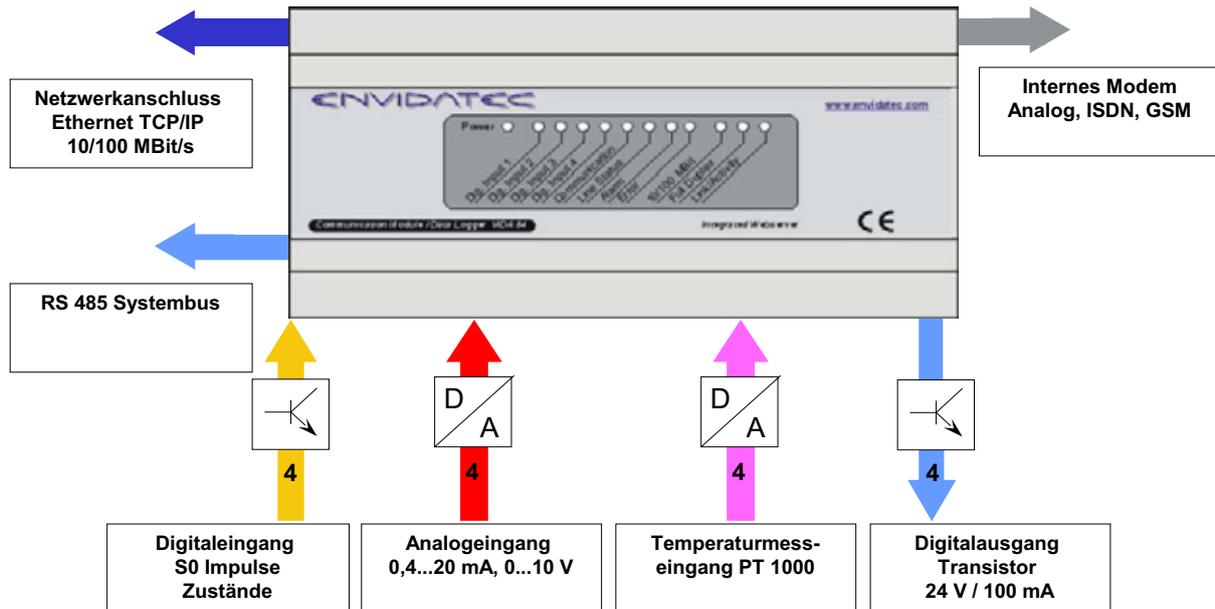


Abbildung 2: Systemkomponente VIDA 84

Knoten dieser Art könnten durchaus auch innerhalb des IRON Projekts Verwendung finden. Zumindest für den Bereich des Energiemanagements kleiner Industriebetriebe sowie großer Gebäude können sie zum Einsatz kommen. Allerdings ist für die Hardware – insbesondere wenn auch der Einsatz im Haushaltsbereich angedacht wird – die Entwicklung von noch preisgünstigeren Lösungen als die bisher existierenden gefragt. Die Kosten für Knoten wie den oben dargestellten bewegen sich derzeit in einer Größenordnung von 100 bis 500 EUR, je nach Hersteller, Leistungsfähigkeit und integrierten Features. Besonders leistungsfähige Exemplare (die intern dann teils ähnlich mächtige Features wie Personalcomputer aufweisen) kosten auch mehr als 500 EUR, bis hinauf zu 1000 EUR.

Ein weiteres im Energiemanagement angesiedeltes Projekt, an dem das Institut für Computertechnik der TU Wien an führender Stelle beteiligt ist, heißt „Real-time Energy Management via Powerlines and Internet“ (www.rempli.org). Ziel dieses Projekts ist das Design und die Erstellung eines Systems, das neben einer Datenerfassung in Echtzeit inklusive anschließender Aufbereitung der Daten für Verrechnungs- und statistische Zwecke auch die Überprüfung von Transportverlusten und Fehlern ermöglichen soll. Der Fokus dieses von der Europäischen Kommission im fünften Rahmenprogramm geförderten Projekts liegt auf verteilten Infrastrukturen sowie der Nutzung des Mediums Powerline für Kommunikationszwecke.

1.5 Gliederung der Arbeit

Im nachfolgenden Kapitel 2 wird auf die einzelnen Teilnehmer bzw. Elemente des IRON Systems näher eingegangen. Es wird anhand von Beispielen dargestellt, welche Möglichkeiten sich den einzelnen Teilnehmern durch das neuartige System bieten würden, d. h. es wird eine grundsätzliche Vision des angestrebten Systems skizziert. Im Anschluss daran erfolgt eine Beschreibung des Standes der Technik sowie eine Darstellung der mit Hilfe des IRON Systems erzielbaren Neuerungen und Verbesserungen gegenüber diesem Ist-Stand.

Kapitel 3 beschreibt die in der Grundlagenstudie angewendete methodische Vorgangsweise. Es wird auf die im Rahmen der Anforderungsanalyse erhobenen Daten eingegangen sowie auf die sonstigen wissenschaftlichen Recherchen und Analysen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Analyse der vom angestrebten System zu erfüllenden wirtschaftlichen Anforderungen. Es gliedert sich in eine Beschreibung der durchgeführten Stakeholderbefragung über den österreichischen Strommarkt einerseits, und eine allgemeine (volks-)wirtschaftliche Analyse der zu erwartenden Auswirkungen des Systems, sollte es flächendeckend etabliert sein, andererseits. Die möglichen Nutzen der IRON Infrastruktur für die einzelnen Teilnehmer des Energiesystems werden angeführt.

In Kapitel 5 wird auf die technischen Aspekte des IRON Systems eingegangen. Potenziell anwendbare Technologien werden nach Einsatzgebieten gegliedert analysiert.

Kapitel 6 beschäftigt sich mit dem Weg zur Umsetzung der angestrebten Infrastruktur. Es werden mögliche Einstiegsszenarien skizziert, daneben werden aber auch die vorhandenen Risiken dargestellt bzw. es wird analysiert, wie man ihnen begegnen kann. Dieses Kapitel enthält auch eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Öffentlichkeitsarbeit. Es wird angegeben, wo und in welcher Form die erzielten Ergebnisse publiziert bzw. bei Workshops präsentiert wurden. Es wird auch auf die im Rahmen des Projekts geknüpften Kontakte mit potenziellen Partnern für weiterführende Projekte eingegangen sowie auf schon konkret bewilligte Folgeprojekte.

Kapitel 7 beschäftigt sich mit dem Beitrag des Projekts zu den Zielen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“. Es wird darauf eingegangen, wie die Bedürfnisse der betroffenen Zielgruppen im Projekt berücksichtigt werden. Daneben wird eine Abschätzung der Markt- und Verbreitungspotenziale des IRON Systems durchgeführt.

In Kapitel 8 werden die Ergebnisse der durchgeführten wirtschaftlichen und technischen Analysen zusammengefasst, um im Anschluss daran, Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Der Bericht schließt mit Empfehlungen für den weiteren Forschungsbedarf sowie einem Ausblick auf die konkreten Folgeschritte im Projekt in Richtung Umsetzung.

2 Das Elektrizitätssystem – Gegenwart und Zukunft

Zentrales Thema des Projekts IRON ist der Einsatz modernster Informations- und Kommunikationstechnologien zur effizienteren Gestaltung des Elektrizitätssystems. Bevor auf den gegenwärtigen Stand der Technik bei den Steuerungen im Elektrizitätssystem näher eingegangen wird bzw. inwieweit diese überhaupt vorhanden sind, sollen noch einmal das angestrebte IRON System und die Möglichkeiten, die es eröffnet, in detaillierter Form beschrieben werden. Dies hilft beim Verständnis der angestrebten Neuerungen und in welcher Form, diese eine Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand darstellen. Die Darstellung dieser Verbesserungen bzw. der Vergleich mit dem Ist-Zustand erfolgt zum Abschluss dieses Kapitels.

2.1 Skizzierung des angestrebten IRON Systems – Vision

Die Ressource „elektrische Energie“ wird im klassischen Fall von einer Anzahl erzeugender Stellen produziert und von einer üblicherweise sehr großen Anzahl an Verbrauchern konsumiert. Die Verbraucher sind, wie auch in einem gewissen Sinne die Erzeuger, geografisch verteilt und über ein Transport- und Verteilnetz miteinander verbunden. Manche Verbraucher sind in der Lage Energie „virtuell“ zu speichern, das heißt in etwaigen thermischen oder organisatorischen bzw. logistischen Speichern für eine gewisse Zeit vorzuhalten.

Diese Erzeuger, Verbraucher und Speicher sind mehr durch den Fluss an Energie als durch ein durchgängiges Steuerungskonzept verbunden. Die meisten Regelmechanismen in diesem System sind entkoppelt. Im Allgemeinen steht eine etwaige Demand-Side-Management Anlage eines Kunden in keiner Verbindung zur Kraftwerksführung, zur Leittechnik oder zu einem Rundsteuersystem für abschaltbare Leistungen. Ebenso unkorreliert ist beispielsweise die Einspeisung von Windkraftanlagen, Brennstoffzellen und Mikroturbinen.

Die Ursachen dafür liegen in der historischen Entwicklung des Systems bzw. in dem zum Zeitpunkt seiner Bildung zur Verfügung stehenden Stand der Technik. Die letzten Quantensprünge in der Automatisierungstechnik legen nun aber ein Überdenken des bisherigen Systems nahe. Mit ihrer Hilfe wird es erstmals möglich, neue Strukturen und Methoden zu realisieren, die den Anforderungen eines modernen, verteilten und durchgängigen Steuerungskonzepts entsprechen.

Ziel des Projekts IRON ist die Konzeption einer Automationsinfrastruktur zur Ausschöpfung ungenutzter Optimierungspotenziale der Ressource „elektrische Energie“. Alle relevanten Einrichtungen sollen in die Lage versetzt werden, einen Beitrag dafür zu leisten, dass elektrische Energie so effizient wie möglich verwendet wird. Der Verbrauch von Heizkesseln, Klimaanlage oder Pumpen wird beeinflusst werden können, Einheiten wie Windkraftanlagen werden Informationen bezüglich ihrer aktuellen Einspeisemöglichkeiten anbieten, lokale On-Site-Erzeugungsanlagen wie Notstromaggregate werden nahtlos miteinbezogen.

Das zu ermittelnde System muss in der Lage sein, eine große Anzahl an Gerätschaften effizient, robust und kostengünstig zu vernetzen. Schrittweise sollen mehr und mehr Teilnehmer in das System eingegliedert werden und damit zur Gesamtlösung beitragen. Wie auch bei

klassischem lokalen Energiemanagement steigen die Flexibilität und die Freiheitsgrade des Systems mit der Anzahl der Teilnehmer.

Alle relevanten operativen Teilnehmer der Domäne „elektrische Energie“ sollen vom System kommunikationstechnisch erschlossen werden.

Das angestrebte IT-Netzwerk besteht also aus folgenden Elementen:

- Erzeugern,
- Verbrauchern,
- Speichern,
- Händlern,
- Verteil- und Transport-Netzbetreibern
- Informationsquellen,
- Entscheidungsquellen.

Erzeuger speisen – mehr oder weniger selbständig und flexibel – an einem bestimmten Punkt des Netzes Energie in dieses ein. Idealerweise sollte diese eingespeiste Energie lokal auch gleich wieder verbraucht werden. Manche der Erzeuger haben jedoch keinen bis wenig Einfluss auf ihr Einspeiseverhalten. Windkraftanlagen oder Photovoltaikanlagen können bei einem etwaigen Zuviel an Energie im Netz lediglich vom Netz weggeschaltet werden, was nicht die optimale Lösung ist. Andere Erzeuger können sehr wohl in gewissen Grenzen gesteuert werden. Brennstoffzellen, Mikroturbinen oder Notstromaggregate können lokal einspeisen, und zwar dann, wenn es gerade wirtschaftlich sinnvoll ist. Obwohl konventionelle Kraftwerke im Allgemeinen nicht beeinflusst werden – da sie übergeordneten Verträgen und Managementstrukturen unterliegen – so können sie doch Informationen wie Fahr- oder Wartungspläne zur Verfügung stellen und so das System mit Wissen unterstützen. Kraftwerke kleinerer Bauart können sich mit dieser Infrastruktur zu virtuellen Kraftwerken zusammenschließen und gemeinsam auf besondere Lastsituationen präventiv reagieren und so ihre eigenen Einspeiseverpflichtungen finanziell optimieren.

Verbraucher, die üblicherweise von stark heterogener Natur sind, bieten oft ein breites Spektrum an Freiheitsgraden für Optimierungszwecke an. Eine Heizanlage für ein Schwimmbad beispielsweise kann ohne große Auswirkungen kurzfristig abgeschaltet oder gepulst werden. Der zugehörige Netzwerkknoten verwaltet dieses „Abschaltpotenzial“ vor Ort. Der Verbraucher entscheidet also selbst, wann und in welchem Umfang er von dem übergeordneten Optimierungssystem beeinflusst werden kann. Es gibt natürlich auch Verbraucher, die keine Freiheiten in ihrem Verhalten besitzen. Eine Flutlichtanlage kann ihre Last nicht kurzfristig „abwerfen“, sondern lediglich ein informeller Teilnehmer sein. Aber selbst diese nicht unmittelbar in Nutzen umzusetzende Information ist nicht wertlos. Ein Verbraucher, der lernt oder weiß, wann er wie viel Energie benötigt, kann mit seiner Sub-Prognose auf jeden Fall einen wichtigen Beitrag zur Gesamtoptimierung leisten. Die Granularität des Netzwerks ist bei den Verbrauchern ein wichtiger Punkt. Es macht wirtschaftliche keinen Sinn, jedes kleine Betriebsmittel ins Netzwerk aufzunehmen. Verbrauchsmäßig signi-

fikant ins Gewicht fallende Einheiten werden direkt einbezogen, kleinere Verbraucher werden zu größeren Einheiten „geclustert“.

Energiespeicher können in reale und „virtuelle“ unterteilt werden. Unter letzteren versteht man Einheiten, deren Verbrauchsverhalten aufgrund ihrer physikalischen bzw. logistischen Beschaffenheit Speichercharakter aufweist. Ist der momentane Zustand dieser Speicher dem System bekannt, so können diese Speicher gezielt genutzt werden. In der selben Art und Weise können natürlich auch reale Speicher eingegliedert werden. Üblicherweise haben deterministische, konventionell regelbare Erzeuger die volle Bürde, das stochastische Verhalten von Einspeisern wie Windkraftwerken und Photovoltaikanlagen auszugleichen. Mit der geplanten Infrastruktur können lokal vorhandene Energiespeicher und Verbraucher verwendet werden, um die kurzfristig verfügbare Energie zu konsumieren und gleichzeitig das Verteilnetz zu entlasten. Die vernetzten Energiespeicher können aber nicht nur on-demand überschüssige Energie abfangen, sondern können auch in die Planung der Energieversorgung einfließen. In Niederlastzeiten können gezielt Speicher geladen werden, um in Hochlastzeiten aus diesen wieder zu zehren. Der breite, informationstechnische Zugang zu dieser Information und Steuermöglichkeit ist bislang ungenutzt.

Energiehändler können ebenfalls aus den soeben beschriebenen Mechanismen Nutzen ziehen. Das System führt nicht nur physikalisch-technische Optimierungen und Entlastungen durch, es wird auch dazu verwendet, aktuelle Energiepreise als Anreize für diese Optimierungen ins System einzubinden. Begriffe wie „Real-Time-Pricing“ oder „Demand-Response“ werden zur Charakterisierung von solchen, schnell und flexibel auf sich ändernde Marktverhältnisse reagierenden Systeme verwendet. Der Hauptnutzen liegt hier beim Kunden, der seinen Verbrauch finanziell optimiert. Aber auch der Energiehändler zieht Vorteile aus diesem Mechanismus. Bislang ist der einzige Einfluss auf den Energiepreis die Erzeugung, der Verbrauch ist nicht beeinflussbar. Selbst die Erzeugung ist so gestaltet, dass alle Energieerzeuger versuchen, permanent ein Maximum an Energie zu liefern. Die angestrebte Infrastruktur bietet nun gezielten Einfluss auf den Verbrauch. Der Energiehändler hat damit ein neues Werkzeug zur Beeinflussung des Preises.

Netzbetreibern kann der breit gestreute Einfluss auf die Verbraucher helfen, das Verteilnetz gezielt zu belasten. So kann zum Beispiel ein halbstündiger Energietransit über eine gewisse Strecke im Normalfall zu einer gewissen Zeit nicht durchgeführt werden, da das Verteilnetz belastungsmäßig am Limit ist. Das angestrebte System kann dazu benutzt werden, die betroffenen Teile des Netzes zu entlasten und damit den Transit zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil des Systems ist es, echtzeit-nah auf außergewöhnliche Situationen reagieren zu können. Auf unvorhersehbare Probleme wie partielle Ausfälle des Verteilnetzes kann rasch geantwortet werden, indem Teile der Verbraucher angehalten werden, Last abzuwerfen. Dadurch kann die Gefahr von Folgeausfällen verringert werden. Das Abwerfen von Lasten kann hier zu einem speziellen Produkt führen. Ähnlich wie abschaltbare Leistungen oder Verbraucher, die über Rundsteuerbefehle geschaltet werden, können hier Verbraucher, auf einfache Weise anbieten, durch Lastabwurf das Netz oder die Erzeugung zu entlasten. Der Vorteil ist, dass aufgrund der bi-direktionalen Kommunikation und der autonomen, lokalen Intelli-

genz der Verbraucher verhindert wird, dass kritische Verbraucher abgeschaltet werden, ohne dass diese dazu einwilligen.

Informationsquellen sind Netzwerkknoten, die das System mit relevanten Daten versorgen – etwa über Energiepreise oder Ausfälle irgendwo im Verteilnetz – wobei diese Daten nicht direkt Verbrauchern, Erzeugern oder Speichern zugeordnet sind (welche ja ebenfalls Informationen anbieten und publizieren). Die hierfür notwendigen Schnittstellen müssen flexibel und erweiterbar sein. Letzteres ist wichtig, damit die Menge an Kriterien, die als Basis für die Optimierung herangezogen wird, stetig größer werden kann, was zu einer Verbesserung der Optimierung führt.

Entscheidungsquellen sind informationstechnische Einheiten, die sich für alle übergeordneten Entscheidungen im System verantwortlich zeigen. Alle anderen Knoten wie Verbraucher oder Erzeuger entscheiden lokal über ihr Verhalten, bieten dem System aber gewisse Alternativen an. Diese Alternativen sind die Basis für die übergeordneten Entscheidungen, welche zur Gesamtoptimierung der aktuellen Situation führen. Die übergeordneten Entscheidungen fallen aufgrund der gegebenen Freiheitsgrade, aufgrund definierter Regeln oder aufgrund manueller Einflussnahme. Die Regeln sollen den Automatismus des Systems ermöglichen. So kann zum Beispiel eine Regel dazu dienen, die geografischen Gegebenheiten des Systems zu berücksichtigen, während eine andere Regel den Spot-Preis der Energie mit einbezieht.

2.2 Stand der Technik

Das europäische Elektrizitätssystem ist, wie man täglich erfährt, in den Kategorien Verfügbarkeit und Qualität kaum zu verbessern. Drohende Kapazitätsengpässe und sich wandelnde Anforderungen mögen diesen Umstand in absehbarer Zukunft ändern, dennoch ist bezüglich dieser beiden Aspekte im Moment kaum Leidensdruck für Verbesserungen spürbar. Hier besteht also (noch) kein dringender Bedarf für den Einsatz einer neuen Technologie, möge diese auch zu effizienteren Lösungen als den bisher angewandten führen. Die Sache verhält sich anders, wenn man die Optimierung des Netzbetriebes betrachtet. Hier gäbe es schon Bedarf, bis jetzt wurde aber relativ wenig gemacht, was daran liegt, dass die derzeit im Feld eingesetzten Informationstechnologien technisch nicht gut genug sind oder schlicht einfach zu teuer. Grundsätzlich hängt die umsetzbare Tiefe des Optimierungswillens immer von der aktuell verfügbaren Technik und deren Eigenschaften – worunter auch die Kosten fallen – ab. Das Projekt IRON will hier bezüglich Granularität, Flexibilität und Kosten in neue Bereiche vordringen. Wie sieht nun aber der vorhandene Stand der Technik aus?

Ein klassisches kundenseitiges Beispiel, an dem man gut die Probleme der vorhandenen Technik sieht, sind „abschaltbare Lasten“. Als mögliche Anwendungsfälle seien Elektrowärme oder große Verbraucher im Bereich der Industrie genannt. Diese Lasten können über die bewährten – sich aber im Rückgang befindlichen – Rundsteueranlagen beeinflusst werden, wobei heterogene, semi-automatische Techniken (bis hin zum „Telefonanruf“ reichend) zum Einsatz kommen. Die dahinter liegende Denkweise entstammt den Leitwarten: Lasten wer-

den zentral und mit persönlicher Entscheidungsgewalt geschaltet. Eine solche Architektur skaliert natürlich sehr schlecht bis gar nicht. Der Personalaufwand explodiert, wenn man mehr als nur ein paar -zig Verbraucher verwalten will. Rundsteueranlagen können zwar de-facto beliebig viele Kunden erreichen, haben aber aufgrund ihrer unidirektionalen Broadcast-Natur gegenüber einem „richtigen“ Netzwerk einen bitter nötigen Mangel an Flexibilität. Dies ist der Grund, warum die Entwicklung verbraucherseitiger Maßnahmen frühzeitig ins Stocken geraten ist und derzeit einen Quasi-Stillstand durchläuft. Hier ist ein Innovationssprung nötig. Elektrizität muss in aller Breite als systemweit, bidirektional zu optimierende Ressource betrachtet werden.

Die Optimierung einer Ressource, sei es in Hinsicht auf ihre Erzeugung oder ihren Verbrauch, ist ein oft bestehender Wunsch. Elektrische Energie ist eine Ressource, die untrennbar mit Kosten verbunden ist, direkt monetären, aber auch indirekten (zum Beispiel ökologischen) Kosten. Diese Kosten zu minimieren geht einher mit dem Wunsch, möglichst wenig von der Ressource zu verbrauchen und/oder sie möglichst effizient zu erzeugen.

Die Erzeugung in klassischen Kraftwerken stellt nach wie vor den Hauptanteil der Elektrizitätsproduktion dar. Diese Kraftwerke werden geregelt, um vereinbarte Fahrpläne abzufahren oder unvorhergesehen auftretende Lastschwankungen auszugleichen. Verschiedene Kraftwerkstypen haben hierbei verschiedene Reaktionszeiten. Die Energieversorgung baut auf ein Netzwerk, das von einem ausgewogenen Verhältnis an reaktionsschnellen Kraftwerken einerseits, und langsamen, aber besonders effizient und kostengünstig arbeitenden Kraftwerken andererseits geprägt ist.

Die Erzeugerseite ist also seit jeher gewöhnt, durch Regelungstechnik die Versorgung sicherzustellen und zu optimieren. Die Verbraucherseite hat üblicherweise sehr primitive bis keine Infrastruktur, um den Verbrauch zu optimieren. Oft fehlt auch der Anreiz, da real existierende Kosten aufgrund des Verbraucherverhaltens nicht direkt an den Kunden verrechnet werden. Energie, die zu Hochpreiszeiten konsumiert wird, kostet oftmals dasselbe wie die zu Tiefpreiszeiten verbrauchte.

Das verhält sich bei Kunden mit relevantem Jahresverbrauch nicht mehr so. Große Industriebetriebe, aber auch kleine Gewerbe wie Bäckereien, werden mit mehr oder weniger intelligenten Lastgangszählern ausgerüstet, die des ermöglichen, das Verbraucherverhalten (den „Lastgang“) ebenso in die Stromrechnung einfließen zu lassen wie den Jahres- oder Monatsverbrauch.

Manche dieser „Spitzenlastzähler“ registrieren die drei größten Lastspitzen im Jahr und stellen diese in Rechnung. Diese Spitzen zu reduzieren bringt also einen direkten finanziellen Vorteil. Die etablierte Lösung hierfür heißt „Maximumwächter“. Ein Gerät oder ein Netzwerk an Geräten versucht, den Verbrauch pro Messintervall (in Österreich 15 Minuten) auf ein definiertes Maximum zu beschränken.

Während der gesamten Messperiode berechnet der Maximumwächter den so genannten „Trend“, der den geschätzten Verbrauch am Ende der Periode angibt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der Trend stellt also eine sehr einfache Vor-

hersage dar. Überschreitet der Trend am Ende der Periode einen gegebenen Maximalwert, werden Verbraucher weggeschaltet. Das kann auf Prioritäten oder höher entwickelten Mechanismen beruhen. Der Markt bietet eine Reihe an industriellen Maximumwächtern an. Manche sind bereits mit einem lokalen Automatisierungsnetzwerk ausgerüstet um den Verkabelungsaufwand zu limitieren.

Einige der höher entwickelten Maximumwächter schalten Verbraucher nicht einfach ab, sondern fahren diese in gepulstem Betrieb, oder sie respektieren minimale und maximale Ein- und Ausschaltzeiten, um die Betriebsmittel nicht zu stark durch die Schalthandlungen zu belasten.

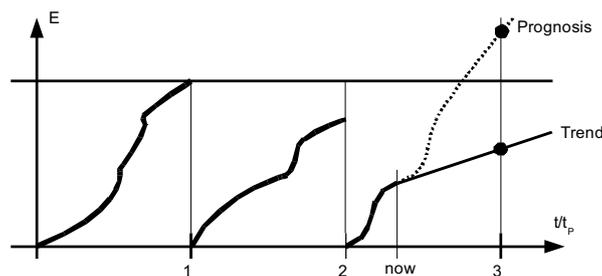


Abbildung 3: Trendermittlung eines Maximumwächters

Diese Maximumwächter stellen natürlich eine relativ primitive Methode dar, den Lastgang zu beeinflussen bzw. zu glätten. Eine Vernetzung der Maximumwächter verschiedener Niederlassungen oder Kunden, um einen gemeinsamen Lastgang für einen Konzern oder eine geografische Region zu bewirken, ist derzeit nicht Stand der Technik.

Ein weiterer Kritikpunkt an konventionellen Maximumwächtern ist, dass Energiespeicher üblicherweise nicht algorithmisch berücksichtigt werden. Indirekt wird, wenn z. B. eine Heizung abgeschaltet oder gepulst wird, natürlich ein thermischer virtueller Energiespeicher genutzt. Der Algorithmus nutzt diesen vorhandenen Speicher aber nicht bewusst und strategisch aus. Vernetzte Verbraucher, die den Zustand ihrer virtuellen Speicher im Netz annoncieren können, würden zu erhöhten Freiheitsgraden bei der Optimierung führen.

Auch die oftmals starre Vergabe von Prioritäten stellt ein verbesserungswürdiges Problem dar. Die „Wichtigkeit“ eines Betriebsmittels muss nicht unbedingt konstant sein. Im Allgemeinen ändern sich Zustände eines Gerätes mit der Zeit und somit auch die Möglichkeiten, es weg- oder umzuschalten. Das Gerät selbst ist hier die natürliche Quelle der Information, ein weiterer Grund für die Vernetzung der Betriebsmittel.

Die anfangs schon besprochenen – und dabei kritisierten – Rundsteueranlagen bzw. abschaltbaren Lasten sind, was den Aspekt der „Vernetzung“ von Erzeugung und Verbrauch betrifft, den allein stehenden, nicht vernetzten Maximumwächtern gegenüber immer noch einen Schritt voraus. Bei ihnen wird zumindest versucht, bei der Steuerung von Erzeugung und Verbrauch einen Bezug zwischen diesen beiden herzustellen, wenn auch noch mit unzureichenden technischen Mitteln. Aufgrund von prinzipiell zu wenig vorhandener Information und zusätzlich zu wenig Möglichkeiten, diese auszutauschen, berücksichtigt der hergestellte

Bezug nicht wirklich auf dynamische Weise die aktuelle Situation beim Kunden, wodurch wertvolles Optimierungspotenzial verloren geht.

Programme und Systeme, die es Verbrauchern ermöglichen ihre Lasten dynamisch, in schneller Reaktion auf aktuelle Marktverhältnisse zu managen, bezeichnet man als Demand Response (DR) oder Demand-Side-Management (DSM) Systeme [13]. Obwohl solche Systeme schon seit Langem zur Diskussion stehen, haben sie es bis heute nicht geschafft, in einem nennenswerten Ausmaß am Markt zum Einsatz zu kommen. Dies liegt ebenfalls am unzureichenden Automatisierungsgrad der bestehenden Implementierungslösungen. DSM-Programme finden hauptsächlich in den USA Anwendung. Insbesondere im Raum von New York wurden einige Konzepte eingeführt (Tabelle 1) [13]. Im Wesentlichen gibt es dort drei Hauptformen von DSM, die sich in der erforderlichen minimalen Last, der Reaktionszeit und der Dauer des Ausschaltens unterscheiden. Vorgesehen sind dabei auch Strafen für Verbraucher, die ihr Last-Abwurfs-Potenzial nicht in Echtzeit zur Verfügung stellen.

Tabelle 1: DSM-Programme in New York

Programm	Emergency Demand Response Program (EDRP)	Installed Capacity Special Case Response Program (ICAP SCR)	Day Ahead Demand Response Program (DADRP)
minimale Last	100 kW	100 kW	1 MW
Dauer	≥ 4 Stunden	≥ 2 Stunden	wie vom Kunden angeboten
Benachrichtigung	2 Stunden	Angebot: 24 Stunden Bestätigung: 2 Stunden	vorheriger Nachmittag

Eines der wenigen Konzepte in Europa ist seit den frühen 90er-Jahren in Irland zu finden. Bereits in den 80er-Jahren wurde dort ein „Short Duration Interruptible Tariff“ eingeführt. Seit dem Jahr 2000 werden die Aktivitäten auf dem Gebiet des Last-Managements insbesondere für Peak-Perioden noch weiter intensiviert.

Generell sind die existierenden Lösungen, Produkte und Systeme auf diesem Gebiet aber nicht integriert, oder noch schlimmer, sogar prinzipiell nicht integrierbar, und teuer.

Erst die letzten Entwicklungen auf dem Gebiet der Kommunikations- und Informationstechnologie machen es möglich, die einzelnen Teile sinnvoll und effizient derart zu verbinden, dass prinzipiell immer schon vorhandene, bis jetzt aber nicht zugängliche, ungenutzte Potenziale erschlossen werden können.

Was die Kommunikation der Verbraucher innerhalb einer Liegenschaft betrifft, so sind im Industrie-Bereich – und zum Teil auch im Gewerbe bzw. in großen Gebäuden – Gebäudeautomations- und Gebäudeleitsysteme auf der Basis von Feldbussen, wie EIB oder LonWorks, im Einsatz. Diese Systeme sind zwar meist nicht mit allen für das Energie-Management relevanten Verbrauchern verbunden, dennoch stellen sie eine wertvolle, in diesen Sektoren

schon vorhandene Basis dar, die für die mit den Verbrauchern nötigen Kommunikationszwecke eingesetzt werden kann.

Im Heimbereich stehen derartige Feldbussysteme in der Regel nicht zur Verfügung. Die Installation eines zusätzlichen Kommunikationsmediums hin zu allen Verbrauchern kommt im Heimbereich aus verschiedenen Gründen nicht in Frage. Zum einen ist aufgrund des relativ geringen individuellen Einspar-Potenzials im Heimbereich der Kostendruck zu groß. Zum anderen ist (auch angesichts des geringen Einspar-Potenzials) die Hemmschwelle für Bauarbeiten relativ hoch. Daher muss im Heimbereich mit der vorhandenen Infrastruktur das Auslangen gefunden werden, weshalb in erster Linie drahtlose (Wireless-)Technologien oder Kommunikation über die Stromleitungen (Powerline) in Frage kommen. Für beide Kommunikationsmedien stehen Technologien in unterschiedlichen Preisklassen und mit verschiedener Leistungsfähigkeit (Bandbreite, Reichweite etc.) zur Verfügung, die zur Kommunikation mit den Verbrauchern im Heim eingesetzt werden können.

Zur Kommunikation der verschiedenen Teilnehmer im globalen Optimierungsnetzwerk (in erster Linie Strom-Kunden und Netz-Betreiber) wäre das Internet eine gute Basis. Daher steht für diese Kommunikation die Fülle aller vorhandenen Internet-Kommunikations-Technologien zur Verfügung, von einfachen Modem- oder GPRS-Verbindungen über ADSL bis zu verschiedenen Powerline-Technologien.

2.3 Verbesserungen gegenüber dem Ist-Stand durch IRON

Es existieren Systeme, die zum Teil zwar eine ähnliche Zielrichtung wie dieses Projekt haben, aber dennoch nicht wirklich vergleichbar sind.

Einerseits erlaubt die angedachte IRON Architektur eine deutlich feinere Granularität, was den Zugriff bzw. die Steuerung einzelner Verbraucher betrifft – das gilt unabhängig davon, dass im Projekt selbst im ersten Schritt mit einem etwas grobkörnigeren Zugriff auf Verbraucher bzw. Verbrauchergruppen begonnen wird.

Andererseits sind die verfügbaren Ansätze eher zentral ausgerichtet, während hier ein dezentrales Konzept angedacht wird. In einer ersten Realisierung wird sich zwar auch hier ein quasi-zentral gesteuertes System ergeben – hauptsächlich verursacht durch die wahrscheinlich eher geringe Anzahl an Teilnehmern im ersten Schritt und die Tatsache, dass zuerst die physikalische und kommunikationstechnische Basis-Funktionalität der geschaffenen Infrastruktur stabilisiert werden muss, bevor man komplexere Algorithmen zum Einsatz kommen lässt – aber das Konzept ist vom Ansatz her grundsätzlich dezentral und kann in weiteren Schritten leicht in diese Richtung vorangetrieben werden. Der dezentrale Ansatz bringt Vorteile in Hinblick auf die Ausfallssicherheit und die Skalierbarkeit des Systems, aber auch Herausforderungen. Hier sei etwa die Stabilität des Systems genannt.

Ein weiterer Punkt, wo sich das angestrebte System von in Teilbereichen vielleicht schon existierenden Lösungen unterscheidet, ist die Tatsache, dass es im Gegensatz zu diesen nicht proprietär und geschlossen sein wird. Die durchgehende Verwendung offener Stan-

dards ist Ziel des Projekts. Dadurch wird die höchstmögliche Interoperabilität mit anderen Anwendungen erreicht. Es soll zu keinen Einschränkungen der Effizienz aufgrund von Herstellerabhängigkeiten kommen.

Eines der größten Mankos vorhandener Systeme ist, neben den funktionellen Defiziten, deren üblicherweise sehr geringe IT-Security (hier kurz Security). Security ist ein komplexes und oftmals unterschätztes Thema. Es genügt nicht, Daten „irgendwie ein bisschen“ zu verschlüsseln. Security muss von Anfang an in den Konzeptions- und den Designprozess eingeplant sein — eine Forderung, die bisherige Projekte fast lückenlos ignorieren. Ein existierendes System nachträglich zu sichern ist ohne Funktionseinbußen praktisch nicht möglich. Der Antragsteller hat neben der Automatisierungstechnischen und kommunikationstechnischen Expertise langjährige Erfahrung mit sicherheitskritischen Systemen aus dem Bereich Electronic Commerce. Die Methoden und Technologien, die von Banken eingesetzt werden um ihre Transaktionen zu sichern, werden auch in diesem System verwendet, um vor Attacken und anderen Gefahren zu schützen.

Der Security zur Seite gestellt ist Robustheit, jene Eigenschaft, die Algorithmen und Systeme in die Lage versetzt, auch bei ungenauen bis falschen Messwerten, unzuverlässiger Kommunikation oder fehlerhaften Subsystemen einen ausreichend „guten“ Betrieb zu gewährleisten. Ein simpler, deterministischer Aufbau ist einer der Schlüssel zu einem solchen Verhalten.

Ein weiterer Vorteil des angestrebten Systems ist, dass alle Teilnehmer Autonomie über ihre Funktionen haben und im Verbund kooperativ ein gemeinsames Problem lösen. Die Kundenakzeptanz des Systems hängt entscheidend von der Autonomie der Kundenanlagen ab. Das System darf nur in seinen definierten Freiräumen agieren und den Kundenanlagen lediglich „Vorschläge“ machen beziehungsweise mit ihnen in Verhandlung treten. Der Kunde kann somit zum Beispiel frei entscheiden, dass sein Betriebsmittel X für eine bestimmte Zeit und zu einem bestimmten Preis abschaltbare Leistung beziehen darf. Die Regeln werden der Kundenanlage mitgeteilt, die Anwendung und Verhandlung erfolgt automatisch. Der Konfigurationsaufwand darf sich allerdings nur auf das Notwendigste beschränken. Um Kundenakzeptanz und letztendlich auch Skalierbarkeit des Systems zu gewährleisten, muss der Großteil der Konfiguration automatisch erfolgen („Plug and Work“) und für den laufenden Betrieb ebenfalls möglichst wenig Wartung erforderlich sein.

Es wird sichergestellt, dass das System keine Kundenprozesse dominieren oder ungewollt beeinflussen kann, da die Kundenanlage selbst bestimmt, welche Freiheitsgrade dem System angeboten werden. Netzbetreiber bzw. Lieferanten liefern Informationen wie Preissignale, aber die letzten Entscheidungen für den Betrieb der Verbraucher liegen in der Kundenanlage.

Eine weitere notwendige Eigenschaft des IRON Systems ist Skalierbarkeit. Das System soll – aufbauend auf den Erfahrungen der Telecom- und Internet-Technologie – stufenlos wachsen können, ohne dass infrastrukturelle Engpässe oder architektonische Sackgassen dro-

hen. Diese Skalierbarkeit wirkt sich in allen Phasen und Ebenen des Designs aus, Hardware muss ebenso skalieren wie Algorithmen und Datenstrukturen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass existierende Systeme

- eine geringe Verbreitung,
- eine geringe Granularität,
- eine unzureichende Skalierbarkeit,
- eine aufwändige zentrale Infrastruktur und
- eine geschlossene und unflexible Architektur

besitzen.

Das geplante System soll existierende Infrastruktur (wie zum Beispiel Internet-Anbindungen) nutzen und mit anderen Anwendungen teilen. Offene Standards und modulare, auf Wachstum ausgelegte Architekturen sollen sicherstellen, dass dieses System eine lange Nutzungsdauer hat und stetig problemlos erweitert werden kann.

Ein weiterer Vorteil des Systems ist die generelle Erhöhung des Informationsgrades. Verbräuche und Prozesse sind durch die fein-granulare informationstechnische Erschließung besser zu beurteilen und können wertvolle Hinweise auf Verbesserungen in den Bereichen Logistik und Energieeffizienz liefern.

3 IRON Study – methodische Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird auf die bei der Erstellung der Grundlagenstudie verwendeten Methoden und Daten näher eingegangen. Einleitend dazu erfolgt noch einmal eine kurze Beschreibung der im Rahmen des Projekts überhaupt zu lösenden Frage- bzw. Problemstellungen. Diese nämlich sind es, die mit Hilfe von geeigneten Methoden und Daten beantwortet werden müssen.

3.1 Zentrale Frage- und Aufgabenstellungen des Projekts

Das Spektrum dessen, was technisch möglich wäre, ist beträchtlich. Auch die Zahl der Akteure am Elektrizitätsmarkt, denen das angestrebte Optimierungsnetzwerk von Nutzen sein kann, ist groß. Das ergibt sich aus seiner offenen, flexiblen Konzeption. Diese macht das System zu einem Werkzeug, das für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden kann. Als zentrale Fragen ergeben sich daher:

- Mit welchen der zur Verfügung stehenden modernen Technologien kann die Erschließung all der vom System betroffenen Teilnehmer am besten geschehen? In wie weit muss hier zwischen den verschiedenen möglichen Einsatzbereichen differenziert werden?
- Wie kann mit den spezifischen Randbedingungen dieser Teilnehmer effizient gewirtschaftet werden?

In diesen Fragen spiegelt sich wider, dass das Projekt an einer Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Technik angesiedelt ist. Sowohl die zu erfüllenden Anforderungen aus dem wirtschaftlichen Bereich als auch jene aus dem technischen müssen von Grund auf mitberücksichtigt werden, und zwar in aufeinander abgestimmter Weise. Beide bedürfen daher einer ausführlichen Analyse. Aufgrund des stark interdisziplinären Charakters des Projekts sind natürlich auch noch weitere Wissensgebiete betroffen, z. B. jene, die sich mit rechtlichen und sozialen Vorbedingungen und Auswirkungen des Systems beschäftigen. Diese wurden in der Projektphase *IRON Study* nur indirekt berührt. Ihre Wichtigkeit wird steigen, je mehr das Projekt in Richtung Umsetzung voranschreitet. Vorerst soll aber noch einmal kurz auf die wirtschaftlichen und technischen Anforderungen des Projekts eingegangen werden, da sich ein Großteil der Arbeit des Projekts *IRON Study* auf sie bezieht.

3.1.1 Wirtschaftliche Anforderungen und Rahmenbedingungen

Ein effizienter Umgang mit Ressourcen kann sich grundsätzlich nur dort einstellen, wo auch tatsächlich alle bei der Nutzbarmachung anfallenden Kosten verrechnet und gleichzeitig alle erwirtschafteten Werte abgegolten werden. Auch die von uns angestrebte Ressourcenoptimierung bedarf geeigneter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen, um ihr volles Potenzial entfalten zu können.

Preistransparenz

Ein wichtiger Faktor für die Steigerung der Effizienz mit Hilfe des IRON Systems sind Preissignale, d. h. das Anbieten von zeitvariablen Preisen (Time-of-Use, Time-of-Day, Real-Time-Pricing). Im Gegensatz zu fixen Tarifen übermitteln diese Informationen über den Zustand von Angebot und Nachfrage und stellen einen Anreiz dar, entsprechend zu reagieren, z. B. in Spitzenlastzeiten die eigene Last zu reduzieren [6], [29].

Organisatorische Aspekte

Die Einführung von neuartigen Systemen und Strukturen wirft natürlich immer auch Fragen und Probleme auf, die durch bestehende Regeln und Konventionen vielleicht nicht abgedeckt werden. Für das IRON System zeichnen sich dafür folgende wirtschaftlich-organisatorischen Herausforderungen Fragestellungen und Herausforderungen ab:

- Wer wird Betreiber des Systems bzw., wenn es mehrere gibt, welche Dienstleistungen werden von welchem Anbieter angeboten?
- Wie sind die anfallenden Kosten bzw. Nutzen den einzelnen Systembetreibern und den restlichen betroffenen Teilnehmern des Energiemarktes zuzuordnen? Wie sehen dafür geeignete Marktmechanismen aus?

Der angestrebte dezentrale Charakter der technischen Infrastruktur wird sich sicherlich auch in den Betreiberszenarien fortsetzen. Neue Marktmodelle zur Verwertung und zur Verrechnung der durch die technische Infrastruktur neu erschlossenen Potenziale werden entstehen. Auch hierbei führt der Weg an modernen, elektronisch unterstützten Business-Systemen wahrscheinlich nicht vorbei.

Wirtschaftliche Sinnhaftigkeit

Die Kosten des Systems müssen natürlich geringer sein als die damit erzielbaren Nutzen. Bevor hier Vergleiche angestellt werden können, müssen die verschiedenen möglichen Nutzen überhaupt erst identifiziert und analysiert werden. Die erwarteten Einsparungen geben den Rahmen vor, in dem man sich bei der Auswahl der Technologie bewegen darf.

3.1.2 Technische Anforderungen

Je mehr Einheiten an dem System teilnehmen, desto mehr Freiheitsgrade sind zu erwarten und desto flexibler wird das System agieren können. Die Einbindung einer großen Anzahl von Teilnehmern bringt aber eine Reihe von technischen Herausforderungen mit sich.

Robustheit

Sowohl die Infrastruktur als auch die darauf ablaufenden Algorithmen müssen robust sein, d. h. unempfindlich gegenüber Störungen. Die Energietechnik hat in den letzten Jahrzehnten die Latte für robuste und verfügbare Anlagen sehr hoch gelegt. Moderne elektronische Systeme können solche Eigenschaften im Allgemeinen nicht aufweisen. Lediglich die Luft- und Raumfahrttechnik hat ähnliche, wenn nicht noch kritischere An-

forderungen und daher die entsprechenden Lösungen entwickelt. Ein robuster Betrieb zeichnet sich durch eine Unempfindlichkeit gegenüber Störungen in der Infrastruktur aus. Ein prominenter Vertreter in Sachen robuste Netzwerktechnik ist das Internet Protokoll (IP), da es auf Ausfälle im Netz reagiert und die Datenpakete automatisch über alternative Routen überträgt. Solche und ähnliche „selbst-heilende“ Mechanismen müssen tief im System eingebettet werden, um die geforderte Robustheit zu erreichen.

Skalierbarkeit

Die technische Infrastruktur muss auch problemlos erweiterbar sein – der Schritt von einigen Hunderten Teilnehmern zu vielen Tausenden soll in keine systematischen Sackgassen führen. Dies wird als Skalierbarkeit bezeichnet. Etwaige Erweiterungen des Systems sollen möglichst autonom, sich selbst-organisierend vonstatten gehen – Stichwort „Plug & Work“. All dies vermindert den Administrations- und Wartungsaufwand und damit die Kosten.

Kostengünstigkeit

Das System muss, sowohl was seine Infrastruktur als auch was den laufenden Betrieb betrifft, äußerst kostengünstig sein, insbesondere wenn es um dessen Einsatz in privaten Haushalten geht.

Weitere Anforderungen

Technische Herausforderungen finden sich auch in den Bereichen Definition von Schnittstellen und Standards, Echtzeitfähigkeit, Quality of Service (QoS), Datensicherheit (IT-Security), Privacy, um nur einige zu nennen. Kontrolltätigkeiten im Umfeld von Stromkunden müssen auf jeden Fall unauffällig für diese bleiben. Die Privatsphäre der Kunden darf nicht verletzt werden [23].

3.2 Verwendete Methoden und Daten

Zur Ermittlung der wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen, denen das zu konzipierende IRON System genügen wird müssen, wurden sowohl empirische Untersuchungen als auch theoretische Recherchen und Evaluierungen durchgeführt. Dabei erfuhr das Projekt bereits im ersten Drittel eine stärkere Fokussierung auf wirtschaftliche Grundlagen sowie intensivierete Öffentlichkeitsarbeit, da sich herausstellte, dass manche Stakeholder aufgrund diverser Mythen und Fehlinformationen eine verzerrte Vorstellung von modernen DSM-Methoden haben.

3.2.1 Anforderungsanalyse – Befragung der Stakeholder

Um einen detaillierten Überblick über die derzeitigen Probleme und Trends am österreichischen Strommarkt zu erhalten, wurden die verschiedensten Teilnehmer zu ihrer Sicht der Dinge befragt.

Konkret wurden Ende 2004 dreizehn Interviews durchgeführt, bei denen Vertreter folgender Akteure am Energiemarkt zu Wort kamen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**):

- Verbraucher, insbesondere große Industriebetriebe,
- Stromerzeuger, darunter auch Betreiber von dezentralen Erzeugungsanlagen,
- Stromhändler, Stromlieferanten, Stromverteiler,
- Technologieprovider,
- Ordnungsstellen,
- Umweltorganisationen.

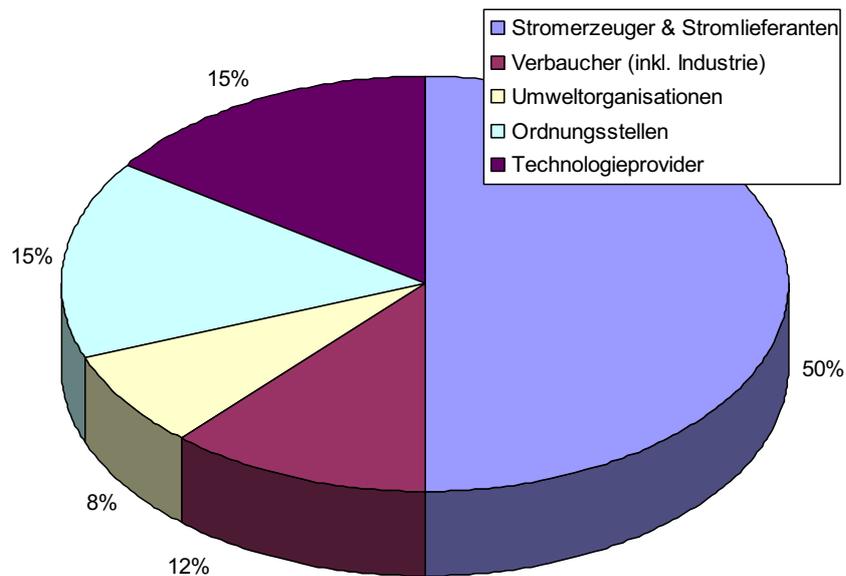


Abbildung 4: Verteilung der befragten Teilnehmer

Die Gespräche dauerten von 30 Minuten bis zu zwei Stunden und wurden jeweils von zwei bis drei Mitarbeitern des Projekts geführt. Es wurde ein vorgegebener Fragebogen verwendet, der einerseits für den nötigen, fixen Rahmen der Gespräche sorgte, andererseits aber relativ offen gestaltet war und den Befragten viel Freiraum gelassen hat für Anliegen, die für sie von besonderer Wichtigkeit waren.

Der Fragebogen bestand aus einem allgemeinen Teil, der für alle gleich war, und aus einem zweiten Teil, der in Abhängigkeit vom Typ des befragten Teilnehmers variierte. Bei den allgemeinen Fragen ging es vor allem um eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen am Strommarkt. Unter anderem wurden die interviewten Personen über ihre Meinung zu den zu erwartenden Steigerungsraten beim Stromverbrauch, zu möglichen strukturellen Veränderungen, zur dezentralen Erzeugung und zur Spitzenlastproblematik befragt.

3.2.2 Sonstige wirtschaftliche und technische Recherchen und Analysen

Parallel zu den Interviews wurden wissenschaftliche Recherchen und Analysen durchgeführt.

Von den Mitarbeitern des Instituts für Energiewirtschaft stammen allgemeine Betrachtungen zum Elektrizitätsmarkt sowie eine erste, hauptsächlich qualitative Analyse der Marktmöglichkeiten und Auswirkungen des geplanten Optimierungsnetzwerks, wobei insbesondere versucht wurde, die Kriterien für dessen wirtschaftlichen Erfolg herauszuarbeiten. Diese sind stark abhängig von den herrschenden Rahmenbedingungen. Auf eine quantitative Analyse der vorhandenen Potenziale und mit Hilfe des IRON Systems erzielbaren Benefits wurde verzichtet. Dies hätte die Ressourcen des Projekts gesprengt. Im Übrigen gibt es in diesem frühen Stadium des Projekts einfach noch zu viele Unsicherheitsfaktoren, die einfach nicht vorhergesagt werden können, so dass es sich nicht lohnt, hier Arbeit hineinzustecken. Wenn es in weiteren Phasen des Projekts gilt, konkrete IRON Applikationen zu evaluieren, ändert sich das natürlich.

Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse und der allgemeinen wirtschaftlichen Betrachtungen bilden den Hintergrund für die technische Recherche. Diese wurde von den Mitarbeitern des Instituts für Computertechnik durchgeführt, wobei nicht nur auf das Wissen der IRON Projektmitarbeiter selbst zurückgegriffen wurde, sondern auch auf projekt-relevantes Wissen von Mitarbeitern an anderen Projekten. Dies betrifft z. B. Fragen aus folgenden Bereichen: Embedded Systems, Telekommunikation, IT-Security, Datenbanken, Drahtlose Kommunikation, Powerline Kommunikation, Electronic Chip Design, Feldbussysteme und Internet-Technologien. All diese Bereiche liefern wertvolle Inputs zum System. Auf all die genannten Fachkompetenzen im Haus besteht ein einfacher Zugriff, der im Rahmen des Projekts auch mehrfach genutzt wurde. Weiters wurde auch noch die gute internationale Einbettung des Projektteams auf dem Gebiet der Informations- und Energietechnik als Informations- und Wissensquelle genutzt.

Angaben über die für den Endbericht verwendeten Quellen, wie wissenschaftliche Literatur, Datensammlungen, Produktinformationen, etc., befinden sich an Ort und Stelle bei den Ergebnissen in Form von Literaturverweisen.

4 Anforderungsanalyse

Es folgt eine Diskussion der Ergebnisse der durchgeführten Anforderungsanalyse. Diese wurde zu Beginn des Projekts durchgeführt. Sie liefert wertvolle Hinweise für die Konzeption und die Machbarkeit der geplanten Automations-Infrastruktur für das Elektrizitätssystem.

Von zentraler Bedeutung wird die Verfügbarkeit von günstigen Datenerfassungsmodulen und günstigen Übertragungsmöglichkeiten sein. Mindestens genauso wichtig ist es aber auch, einen geeigneten Ausgangspunkt und geeignete Partner für den Markteinstieg zu finden.

4.1 Der Elektrizitätsmarkt aus Sicht seiner Teilnehmer

In den folgenden Kapiteln erfolgt eine Zusammenfassung der im Rahmen der Interviews vertretenen Meinungen und Abschätzungen der verschiedenen befragten Stakeholder. Inhaltlich ging es einerseits über gegenwärtige und zukünftige, nationale und internationale Trends im Elektrizitätswesen, und andererseits über die Chancen und Möglichkeiten des geplanten IRON Systems.

Bei der Einschätzung der allgemeinen Entwicklungen am österreichischen bzw. gesamt-europäischen Strommarkt herrscht größtenteils Einigkeit unter den Teilnehmern. Als grundsätzliche Tendenzen werden das weitere Ansteigen des Verbrauchs und das Zurückgehen der Kapazitäten – aus Kosten- und Altersgründen – angesehen. Ohne Gegenmaßnahmen scheint sich unweigerlich eine Versorgungslücke aufzutun. Um diese zu schließen, wird üblicherweise an den Neubau von Kraftwerken gedacht.

Mehrfach wurde Bezug genommen auf eine Studie der Internationalen Energie Agentur [10], der zufolge in Europa bis zum Jahr 2030 Erzeugungskapazitäten in der Größenordnung von 600 GW neu zu installieren sind. Dies entspricht enormen Investitionen, die durch geeignete politische Rahmenbedingungen abgesichert werden sollen.

Auch im Bereich des Netzes bestehe Investitionsbedarf, wobei von manchen nicht nur ein Kapazitätsausbau, sondern auch eine Weiterentwicklung bestehender Netzstrukturen gefordert wird. Zukünftige Netze sollten verstärkt eine Überwachung der Netzeigenschaften (z.B. Lastflüsse, Kurzschlüsse, Power Quality) beinhalten und mithelfen können, das Entstehen von Engpässen bereits im Ansatz zu vermeiden.

Effiziente Maßnahmen zum Engpass- und Notfallmanagement wurden generell als äußerst wichtig für die Zukunft erachtet. An die Möglichkeit, hierfür auch verbraucherseitige Maßnahmen heranzuziehen, wurde jedoch nur wenig gedacht. Die Ansätze wurden fast ausschließlich im Bereich der Erzeugungsanlagen und vor allem des Netzes gesucht. Bei letzterem bestünde noch Bedarf an einem Mehr an Steuerung und Kontrolle.

Was den verstärkten Einsatz regenerativer Energien im Speziellen und die damit oft einhergehende dezentrale Erzeugung im Allgemeinen betrifft, so wird ebenfalls dem Verteilnetz eine wichtige Rolle zugeschrieben. Es sollte intelligenter und flexibler zu managen sein als bisher. Dies wäre ein wichtiger Faktor, um den Beitrag, den erneuerbare Energieträger zur

Versorgungssicherheit theoretisch leisten könnten, auch praktisch besser auszuschöpfen. Bleibt in diesem Bereich alles beim Alten, so würde dezentrale Erzeugung weiterhin keine Alternative zum Bau von konventionellen Kraftwerken, wie thermischen Kraftwerken oder Atomkraftwerken, darstellen.

4.1.1 Erhöhter Stromverbrauch und Strompreise

Stromverbrauchssteigerungen werden oft mit Wirtschaftswachstum gleichgesetzt. Allerdings ist der Anstieg des Stromverbrauchs derzeit überproportional zum eigentlichen Wirtschaftswachstum. Als Grund dafür wird angegeben, dass Strom die Energiequelle für neue Technologien darstellt und einen relativ universellen Charakter besitzt. Die erwarteten Anstiegsraten des Stromverbrauchs liegen je nach Befragten bei 1-3 % pro Jahr bzw. einem Gesamtzuwachs von 40 % bis zum Jahr 2020. Auch im Bereich der Haushalte wird mit relativ hohen Anstiegen gerechnet. Ob ein überproportionaler Anstieg von Spitzenlasten zu erwarten ist, darüber herrscht keine Einigkeit.

Trotz der massiven Engpasssituation erwarten sich einige Stromlieferanten ein verhältnismäßig stabiles Preisniveau mit 10 %igen Schwankungen. Andere Befragte rechnen hier mit weit höheren Steigerungen, insbesondere wenn es in die Phase geht, wo das Angebot wirklich knapp wird und teure Lifetime-Extensions bestehender Kraftwerke ins Spiel kommen bzw. neue Kraftwerke finanziert werden müssen.

Derzeit entsprechen die Strompreise den kurzfristigen Grenzkosten, die keinen Spielraum für Investitionen zulassen würden. Für die Endkunden stellen die relativ niedrigen und vor allem unflexiblen Strompreise keinen Anreiz dar, sich über ihr Nutzerverhalten Gedanken zu machen. Einer der Befragten hat angemerkt, dass Strom unter Berücksichtigung der gestiegenen Lohnkosten in den letzten Jahren um bis zu 13 % billiger geworden sei. Offizielle Stellen sehen aber in generell höheren Strompreisen ein Problem für einkommensschwache Schichten. Auch für die energieintensive Industrie stellen die jetzigen Kosten schon ein Problem dar.

4.1.2 Energiepolitische Maßnahmen

Dieses Thema war für ca. ein Drittel der befragten Personen aufgrund ihrer Tätigkeit von besonderem Interesse. Aus umweltpolitischen Gesichtspunkten ist der österreichische Strommarkt – trotz seiner Sonderstellung durch den hohen Anteil von (Groß-)Wasserkraft – problematisch.

Der CO₂-Ausstoß (Kyoto-Protokoll) steigt weiterhin an. Es sind bei den thermischen Kraftwerken noch relativ viele Kohlekraftwerke im Einsatz, die aus Gründen der Versorgungssicherheit (Diversifikation der Energieträger) nicht alle auf moderne GuD-Kraftwerke umgerüstet werden können/sollten. Zudem, wenn GuD-Kraftwerke auch Vorteile bei Emission besitzen, so können diese durch einen verstärkten Einsatz von mit Erdgas befeuerten thermischen Kraftwerken wieder zunichte gemacht werden. Es wird auch damit gerechnet, dass

Österreich in Zukunft mehr Strom importieren wird als bisher. Schon jetzt stammt bis zu 20 % des gelieferten Stroms aus Atomkraftwerken.

Die existierenden oder geplanten energie- bzw. umweltpolitischen Maßnahmen wurden von den Befragten kontroversiell beurteilt.

Ökostromgesetz. Dieses ist seit Jänner 2003 in Kraft. Bis 2007 soll es zu einem prognostizierten Anstieg des Anteils von Wind und Biomasse an der Gesamterzeugung von mindestens 5 % führen. Vielfach wird kritisiert, dass viel zu viele ineffiziente Anlagen gefördert werden. Besser wäre es gewesen, eine Institution zu schaffen, die die jeweils besten Projekte auswählt und auf Kostenersatzbasis fördert.

CO₂-Emissionen. Nach Meinung von Umweltschützern wurden die Kontingente zu großzügig zugeteilt. Außerdem würde nur ein Teil der CO₂-Emissionen (40 %) berücksichtigt werden, Teile der Industrie, der E-Wirtschaft und der gesamte Verkehr wären ausgeklammert. Die betroffenen Betriebe betrachten die zusätzlichen Auflagen als Bürde (wobei insbesondere auch der notwendige administrative Aufwand beklagt wurde). Von einzelnen Betrieben besteht Interesse am Handel mit Emissions-Zertifikaten. Man wolle deren Preise beobachten.

Grundsätzlich geht es bei den angeführten Maßnahmen darum, externe Kosten zu internalisieren. Dies betrifft die Interessen vieler unterschiedlicher Personen und Gruppen. Den zuständigen offiziellen Stellen gelingt es nur teilweise, die angestrebten Ziele zu erreichen. Oft werden allzu große Marktverzerrungen hervorgerufen bzw. sinnvolle Maßnahmen verwässert.

4.1.3 Demand Response Systeme & zeitvariable Tarife

Modelle von *Demand-Response (DR)* bzw. *Demand-Side-Management (DSM)* Systemen existieren bereits in Großbritannien („Embedded Benefits“) und in den USA. Die Erfahrungen der Teilnehmer am österreichischen Elektrizitätsmarkt mit Demand-Response Systemen sind allerdings verhältnismäßig gering. Vereinzelt wurde erwähnt, in der Vergangenheit schon erste Versuche mit solchen Programmen gemacht zu haben, die allerdings eher enttäuschend verlaufen seien. Die verwendeten Ansätze vermochten keinen flächendeckenden Erfolg zu erzielen. Die dafür angegebenen Gründe waren vielfältig. Sie reichen vom fehlenden Anreiz für die Konsumenten bis zur mangelnden Flexibilität der Systeme.

Zeitvariable Tarife für flexible Lasten wurden bis dato hauptsächlich Großbetrieben der Industrie angeboten. Dafür wurden individuelle Verträge abgeschlossen und Geräte zur Verrechnung der flexiblen Lasten installiert. Die grundsätzlich vorhandenen Lastverschiebungspotenziale wurden dabei mehr oder weniger gut ausgenützt. Der größte Effekt wird erzielt, wenn sämtliche Betriebsprozesse auf ein Demand-Response-System abgestimmt werden. Manchmal gibt es Faktoren, die dem entgegenstehen, wie z. B. eine stark schwankende Auftragslage.

Was den Einsatz von flächendeckenden DR-Systemen für Haushalte betrifft, so gelten diese in vielerlei Augen im Moment für sich betrachtet als „zu klein“, obwohl sie in Summe einen bedeutenden Einfluss auf den Lastgang haben. Falls sich neue technische Möglichkeiten für kostengünstiges DSM beim Endkunden auf tun würden, so wäre das begrüßenswert.

Folgende Barrieren wurden im Zusammenhang mit dem Einsatz von Demand-Side-Management Systemen im Bereich der Kleinkunden genannt:

- *zu kompliziert in der Anwendung:* Je aufwändiger die Installation und der Betrieb des Systems sind, desto höher wird die Hemmschwelle für den Kunden sein, es einzusetzen. Er wird nicht bereit sein, laufend komplexe Handlungen selbst durchführen zu müssen.
- *zu viel Verlust an Lebensqualität und gewünschter Funktionalität:* Je höher die diesbezüglichen Befürchtungen sind, desto stärker wird ein solches System abgelehnt werden.
- *zu hohe Kosten der Zählerfernauslesung:* Es müssten Datenerfassungs- und Übertragungs-Module zur Verfügung stehen, die billiger sind als die im Moment eingesetzten.
- *zu unbedeutende Kostenersparnis:* Diese sei derzeit, aufgrund der in Relation zu anderen Haushaltskosten insgesamt niedrigen Strompreise, zu gering, als dass Konsumenten gewillt wären, sich damit zu befassen. Nur besonders umweltbewusste Zielgruppen würden sich angesprochen fühlen.

Weiters wurde angeführt, dass es für eine größere Verbreitung von verbraucherseitigen Maßnahmen in Österreich an der dafür nötigen Bewusstseinsbildungs- und Öffentlichkeitsarbeit fehle. Teilweise wurden auch politische Maßnahmen als notwendig erachtet, damit es zu einer Marktdurchdringung von DSM-Systemen in dem Ausmaß kommen kann, dass diese einen relevanten Faktor im Energiesystem darstellen.

4.1.4 Dezentrale Erzeugung

Zu Beginn soll hier noch einmal zwischen dezentraler Erzeugung und der Erzeugung durch erneuerbare Energieträger unterschieden werden. Der Begriff „dezentrale Erzeugung“ bezieht sich nur auf die Verteilung der Erzeugung unabhängig vom verwendeten Energieträger. Es existieren auch dezentrale Erzeugungseinheiten, die mit nicht erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, und umgekehrt große Windkraftparks, die direkt in das zentrale Hochspannungsnetz einspeisen.

Die Meinungen darüber, wie groß der mögliche Beitrag dezentraler Erzeugung zum Gesamtstrombedarf in Zukunft sein kann, gehen teilweise sehr stark auseinander, eine mittlere Schätzung liegt im Bereich von 20-30 %.

Oft wird argumentiert, dass beim verstärkten Einsatz von dezentralen, mit volatilen Energieträgern, wie z. B. Wind, betriebenen Erzeugungsanlagen, der erhöhte Bedarf an Ausgleichsenergie das ganze wirtschaftlich unrentabel mache. Die zusätzlich benötigte Ausgleichsenergie könne nur von Regelkraftwerken bereitgestellt werden, was eine zu teure Infrastruk-

turelle Doppelgleisigkeit darstellen würde. Die Möglichkeiten, diesem Problem mit verbraucherseitigen Maßnahmen zu begegnen, werden derzeit in Österreich kaum in Betracht gezogen¹.

Von Seiten einer Nutzerorganisation wurde darauf hingewiesen, dass bei einer der Landesgesellschaften schon einmal ein eigener Windstromtarif existiert hätte, bei dem mittels Rundsteuersignal – ähnlich wie beim Nachtstromtarif, nur eben bei viel Wind – zeitweise billiger Windstrom angeboten wurde. Dieses System wurde ironischerweise eingestellt, als das Ökostromgesetz 2002 in Kraft trat. Prinzipiell gibt es hier aber brachliegendes Potenzial: Hat man ein technisches System, das in der Lage ist, stochastische Erzeuger und flexible Lasten auf sinnvolle Weise zu koordinieren, könnte man dieses, bis jetzt ungenutzte, Potenzial ausschöpfen.

Vorteile

Folgende Vorteile der dezentralen Erzeugung, insbesondere mit erneuerbaren Energieträgern, wurden genannt:

- Dezentrale Erzeugung ermöglicht den Einsatz neuer regenerativer Energieträger (zusätzlich zur jetzt schon eingesetzten Wasserkraft) und liefert einen Beitrag zur Versorgungssicherheit und zur Reduktion von Treibhausgasen.
- Dezentrale alternative Erzeugung führt zu einer geringeren Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, die größtenteils importiert werden müssen.
- Erneuerbare Energieträger sind billiger als fossile Energieträger („Gratis“-Energiequellen wie Wasser, Licht, Wind, ...). Selbst wenn die Preise für Gas oder Kohle signifikant steigen sollten, könnten mit ihrer Hilfe die Strompreise relativ konstant gehalten werden.
- Dezentrale Erzeugung ist nicht nur aufgrund der verstärkt eingesetzten regenerativen Energieträger nachhaltiger, sondern auch aufgrund der kürzeren „Transportwege“ und der damit verbundenen geringeren Verluste. Hierzu muss aber die lokale Erzeugerkennlinie mit der lokalen Verbraucherkennlinie möglichst genau in Übereinstimmung gebracht werden (Demand-Side-Management).
- Ein dezentrales System ist nicht so monopol- bzw. oligopol-gefährdet wie ein zentrales System.
- Es besitzt eine größere Redundanz und eine geringere Störanfälligkeit.
- Der neue Wirtschaftszweig liefert Beschäftigungsimpulse in zukunftssträchtigen und nachhaltigen High-Tech-Bereichen.

¹ In skandinavischen Ländern konnten damit effiziente Lösungen erreicht werden.

Nachteile

Diesen Vorteilen steht momentan eine Reihe von Nachteilen gegenüber. Als derzeitige Probleme der dezentralen Erzeugung wurden folgende Punkte angeführt:

- Die Steuerungsmechanismen, um dezentral erzeugte Energie einzuspeisen, sind aufwändiger, wenn auch technisch machbar. Teilweise werden neue Steuerungen benötigt.
- Prinzipiell ist die jetzige Infrastruktur auf ein zentrales System mit uni-direktionalem Energiefluss vom Erzeuger zum Verbraucher ausgelegt. Es müsste eine „Umstrukturierung“ des Elektrizitätssystems an sich erfolgen. Wo und wie das geschehen soll, darüber herrscht oft noch Unklarheit.
- Stochastische Erzeuger führen zu einem erhöhten Bedarf an Ausgleichsenergie.

Was die Quantifizierung und die anschließende Aufteilung der Vorteile/Nachteile betrifft, so sollte jeder Beteiligte gleichermaßen an diesen teilhaben („Fairness“) und möglichst alle Kosten und Nutzen erfasst werden, was z.B. beinhalten würde, dass erbrachte Netz- und Systemdienstleistungen abgegolten werden, genauso wie der Beitrag, den die dezentrale Erzeugung zur Versorgungssicherheit (geringere Abhängigkeit von Öl, Gas, Kohle) leistet.

4.1.5 Das IRON System

Die Stromerzeuger haben mehrheitlich in den letzten Jahren begonnen, ihre Systeme zur Steuerung und zum Monitoring ihrer Betriebsanlagen zu modernisieren. Auch an anderen Stellen der Energieversorgung kommen in den Unternehmen schrittweise verstärkt moderne Kommunikationstechnologien zum Einsatz. Insbesondere für die im Folgenden genannten Bereiche wurde ein Mehr an Information und Wissen über den aktuellen Zustand des Elektrizitätsnetzes als erstrebenswert genannt.

Dezentrale Erzeugung

Die Idee eines Kommunikationssystems zur globalen Optimierung des Stromverbrauchs wurde prinzipiell sehr interessiert aufgenommen. Dies ist ein Bereich, wo es noch einen großen Mangel an Informationen gibt und keine technische Infrastruktur für die notwendigen Kommunikationsflüsse. Es gibt aber auch noch weitere solche Bereiche. Das Monitoring der dezentralen Erzeuger z.B. ist derzeit in den meisten Fällen noch unzureichend. Windkraftträder werden teilweise nur einmal pro Tag abgelesen, anstelle der notwendigen viertelstündlichen Messungen. Gerade diese stochastischen Anlagen, und kleine dezentrale Erzeugeranlagen im Allgemeinen, erfordern einen hohen Automatisierungsgrad für einen optimalen Betrieb und um ihre Energie möglichst effizient ins Gesamtsystem zu integrieren.

Lokales Demand/Supply Matching

Um auch in Zukunft, trotz der neuen Freiheitsgrade im Stromsystem – volatile Erzeuger, flexible Lasten – eine optimale Synchronisation von Erzeugung und Verbrauch erreichen zu können, benötigt man ein neues Kommunikationssystem, das im Vergleich zum Ist-

Zustand die Informationsdichte und die Durchgängigkeit der Kommunikationsflüsse erhöht. Dies wird von allen Teilnehmern als große Chance erachtet. Das System könnte einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Ausgleichsproblematik liefern. Dies wäre für alle, die Ausgleichsenergie bezahlen müssen, interessant (Ökobilanzgruppe, Versorger, etc.).

Netz

Die neuartige Infrastruktur könnte auch zu einer besseren Nutzung der Netzkapazitäten beitragen. Die Netzbetreiber wurden im übrigen von Seiten der staatlichen Ordnungsstellen als Betreiber eines solchen neuen Kommunikationssystems favorisiert, da diese ohnehin Zugang zu den Zählern der Kunden haben müssen. Die momentane Zählergeneration mit ihren Defiziten ist auch ein wesentlicher Grund dafür, warum sich bis jetzt auf dem Gebiet des flexiblen Lastmanagements von Endverbrauchern so wenig getan hat.

Bereich der Verbraucher

Für die Kunden ergäben sich durch ein IRON System Einsparpotenziale. Bei den wirklich großen Industriebetrieben, die schon seit Jahren ein intensives Energiemanagement betreiben, wird die zu erwartende Spanne wohl nicht mehr so groß sein (max. 6 %), bei Klein- und Mittelbetrieben gibt es aber noch beträchtliches Optimierungspotenzial. Im Bereich der Haushalte, muss noch untersucht werden, wie groß das Lastverlagerungspotenzial wirklich ist. Insbesondere Heiz- und Kühlprozesse werden als leicht umsetzbar betrachtet.

Aus den gemachten Interviews konnten auch einige generelle **Anforderungen** an das geplante IRON System zur Optimierung des Stromverbrauchs herauskristallisiert werden. Es sind dies die folgenden:

- Der Automatisierungsgrad muss möglichst hoch sein, damit den Benutzern mühseliger Verwaltungsaufwand erspart bleibt.
- Es muss „steckerfertige“ Produkte zu kaufen geben (im Elektrohandel, Baumarkt,...), um den Installationsaufwand möglichst gering zu halten.
- Es muss kostengünstig sein (ähnlich der Rundsteuerung).
- Unter den Bedingungen des liberalisierten Marktes, sollte das *K/ISS*-Prinzip gelten: „Keep It Small and Simple“.
- Das System sollte an schon bestehende IT- und Bussysteme angebunden werden.

Fast alle Teilnehmer haben sich sehr interessiert an der weiteren Entwicklung des Projekts gezeigt und sich weiteren Kontakt und weitere Informationen über die Ergebnisse des Projekts gewünscht. Die befragten Technologieprovider sehen zum Teil Synergie-Potenzial zu momentanen eigenen Entwicklungen und können sich auch Kooperationen mit dem IRON Projekt vorstellen.

4.2 Wirtschaftliche Marktanalyse

Die folgenden wirtschaftlichen Betrachtungen sollen in einer strukturierten Form zeigen, dass ein schonender und intelligenter Umgang mit Ressourcen (in diesem Fall mit elektrischer Energie) nicht nur für Konsumenten und Erzeuger, sondern auch für die Umwelt und die gesamte Volkswirtschaft eines Landes von Vorteil sein kann. Es werden die Erfolgspotenziale und die Erfolgskriterien des geplanten Optimierungsnetzwerks aufgezeigt.

Ein wesentlicher Faktor für den Nutzen der angestrebten Automations-Infrastruktur ist die Tatsache, dass dadurch eine elastische Nachfragekurve kreiert werden kann. Bei einer elastischen Nachfragekurve sind die Konsumenten in der Lage auf Preissignale und damit auf Engpässe zu reagieren. Dies führt zu einer besseren Balance zwischen Angebot und Nachfrage und damit zu einem effizienteren System, was angesichts der zunehmend beobachtbaren Probleme am Energiemarkt von besonderer Wichtigkeit ist.

4.2.1 Problematische Tendenzen am Strommarkt

Auch in den nächsten Jahren wird der Strombedarf in Österreich, bei gleichzeitiger Stilllegung von Kapazitäten, ansteigen. Verschärft durch die ebenfalls ansteigenden Primärenergiepreise, führt dies nicht nur zu immer höheren Preisen im Stromgroßhandel, sondern auch zu einer immer größer werdenden Volatilität dieser Preise. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt den Verlauf des durchschnittlichen Börsenpreises an der EEX von Anfang 2002 bis Ende 2004.

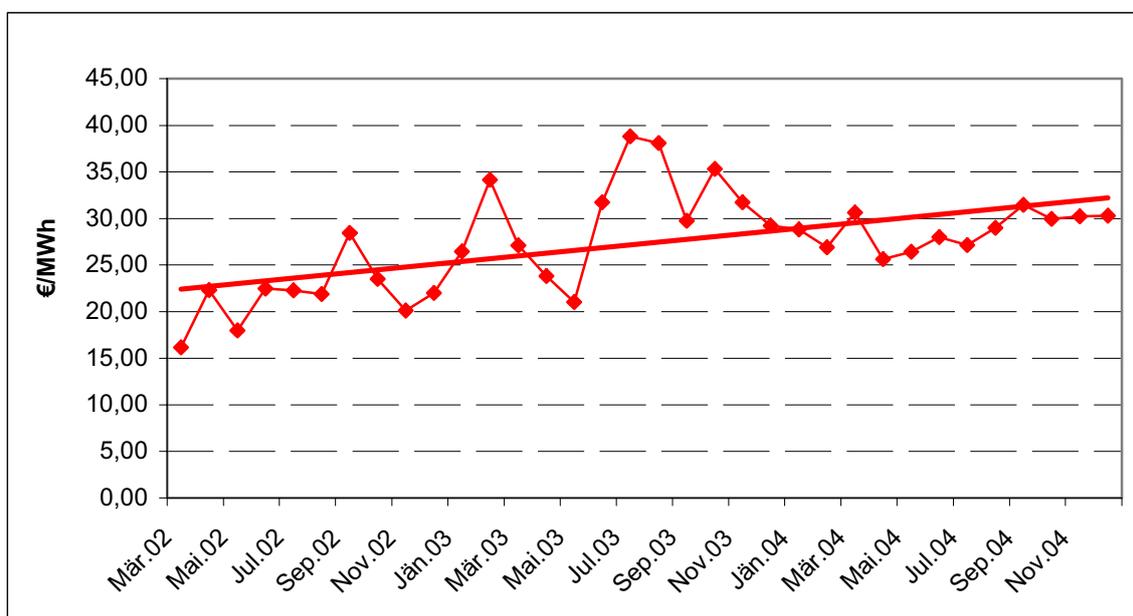


Abbildung 5: Verlauf des durchschnittlichen Börsenpreises, gehandelt an der Energy Exchange Austria (EXAA) in Österreich [4].

Aufgrund der in der Vergangenheit in Regulierungszeiten verrechneten konstanten Tarife auf Basis von Durchschnittskosten, kam es zu einer Quersubventionierung von Spitzenlastnachfrage durch Grundlast. Die Kunden überschätzten, aufgrund der konstanten Tarife, die

Kosten der Grundlast und unterschätzten die Kosten der Spitzenlast. Die dadurch begünstigte Ausweitung der Spitzenlastnachfrage kam den regulierten Energieversorgungsunternehmen (EVUs) sehr gelegen, konnten sie doch die Investitionskosten in Kraftwerkskapazitäten der Regulierungsbehörde gegenüber (früher: dem Ministerium) einfach rechtfertigen.

Unter marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen fällt die Bedeutung der Überkapazitäten weg². Die Unternehmen sind bestrebt, vorhandene Kapazitäten möglichst effizient zu nutzen und Überkapazitäten abzubauen. Zudem gibt es im Moment viele Kapazitäten, die demnächst an ihre Altersgrenze stoßen und aus diesem Grund vom Markt genommen werden müssen. Aus

ist ersichtlich, dass bereits im Jahre 2010 rund 75 GW an Erzeugerkapazitäten in Österreich und seinen Nachbarländern (inklusive Polen und Frankreich) fehlen werden, was natürlich eine Auswirkung auf den Strompreis (insbesondere zur Spitzenlastzeit) haben wird.

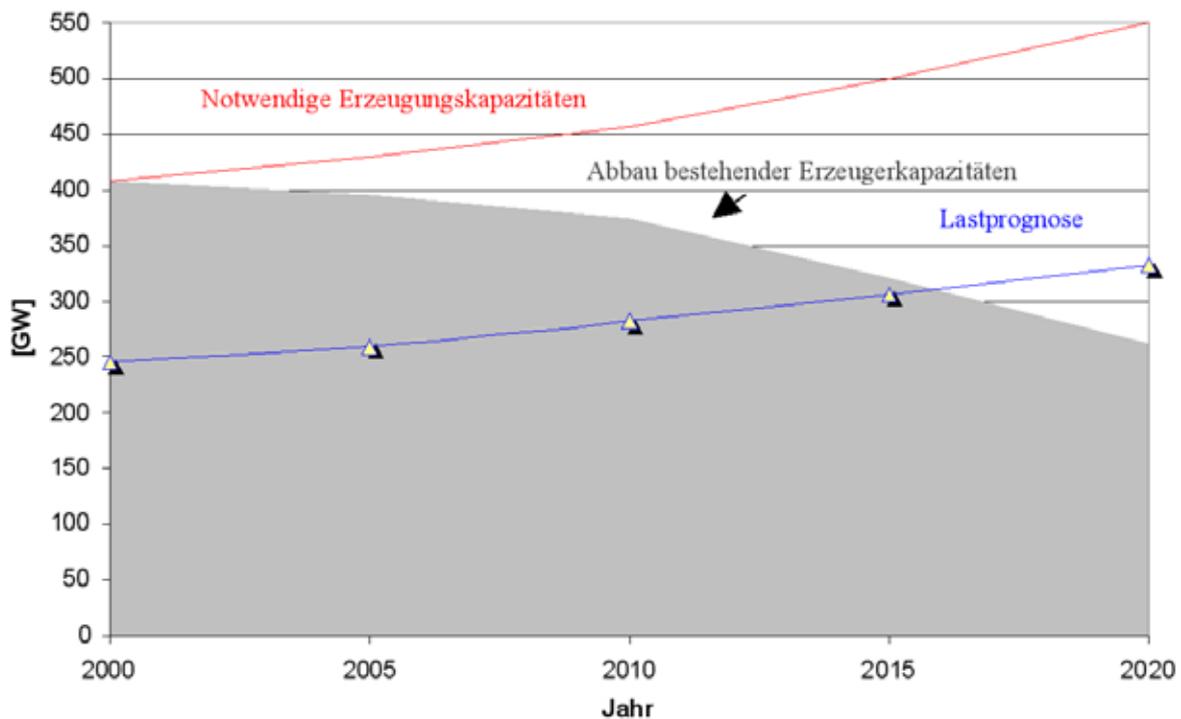


Abbildung 6: Abbau der Erzeugerkapazitäten, Lastprognose und daraus resultierende „notwendige“ Erzeugerkapazitäten bis 2020 (für Österreich, seine Nachbarländer, Polen und Frankreich) [8].

² Regulierung führt zur Überkapitalisierung nach dem Averch-Johnson-Effekt.

4.2.2 Kritische Parameter für Energiemärkte – Beispiel Kalifornien

In diesem Kapitel sollen kritische Faktoren und deren Einfluss auf den Energiemarkt noch einmal anhand eines Beispiels, und zwar der kalifornischen Stromkrise rund um das Jahr 2000, illustriert werden. Dort brach im Jänner 2001 der Markt komplett zusammen, was wesentlich an den im Folgenden genannten Faktoren lag.

Preisregulierung der Endverbraucherpreise

Wie der Fall des Kollapses der kalifornischen Strombörse im Jahre 2000 gezeigt hat, können fehlende Preissignale – und damit fehlende Informationen über den Zustand eines Systems – das System erheblich stören. Als am 1. April 1998 der kalifornische Strommarkt geöffnet wurde, erwartete man sich durch den Wettbewerb fallende Strompreise. Deshalb wurden die Endkundenpreise für die Haushalte *auf einem fixen Niveau*, welches gegenüber dem Jahr 1997 um 10 % reduziert wurde, *eingefroren*. Durch das Stabilisieren der Preise sollten den „Investor Owned Utilities“ (IOUs) die Stranded Investments in einer Übergangsperiode bis 2002 abgegolten werden.

Steigende Primärenergiepreise

Hier kann auch anhand des kalifornischen Desasters gezeigt werden, dass steigende Primärenergiepreise in Kombination mit starren Tarifen zu Störungen des Systems führen. Für 31 % der kalifornischen Kraftwerkskapazitäten wird Gas als Primärenergieträger verwendet. Aufgrund des kalten Winters im Jahr 2000 und der leeren Gasspeicher stieg der Gaspreis damals stark an. Die vorhandenen Kohlekraftwerke konnten aufgrund der fehlenden Emissionskredite nicht zur Entlastung betrieben werden. Also mussten die, gasbefeuerten thermischen Kraftwerke 24 Stunden am Tag arbeiten, trotz der besonders hohen Gaspreise.

Knappe Erzeugerkapazitäten

Die Kraftwerkskapazitäten waren in Kalifornien historisch betrachtet immer knapp. Von der insgesamt installierten Leistung von rund 53 GW sind ca. 20 % – aufgrund der schwankenden Wasserführung – volatile Wasserkraftkapazitäten. Weiters sind ca. 70 % des Kraftwerksparks älter als 25 Jahre. Zudem vertraut Kalifornien in einem Ausmaß von ca. 25 % auf Importe aus den nördlichen Bundesstaaten wie Oregon oder Washington. Diese Importkapazitäten entstammen überwiegend Wasserkraftwerken. Durch über mehrere Jahre hinweg geringe Niederschläge in diesen Gebieten waren die Exportmöglichkeiten dieser Bundesstaaten aber ebenfalls stark eingeschränkt.

Strategisches Verhalten der Erzeuger

Die fehlende Möglichkeit der Konsumenten, auf Preissignale zu reagieren, verstärkt die Gefahr, dass Erzeuger von elektrischer Energie versuchen, ihre Preise strategisch zu setzen [9]. Einige Erzeuger ziehen zu Spitzenlastzeiten Kraftwerkskapazitäten (z. B. wegen vorgetäuschter Wartungsarbeiten) vom Markt und erzielen dadurch höhere Gewinne. Dieses strategische Verhalten erhöht die Spotpreise zu Spitzenlastzeiten zusätzlich.

Könnten jedoch die Konsumenten kurzfristig auf Preise reagieren, wären strategische Preissetzungen nicht so leicht möglich und deren gesamtwirtschaftliche negative Auswirkungen könnten begrenzt werden.

Technische Probleme

Hier seien z. B. Leitungsausfälle oder Lieferengpässe erwähnt, die zu (lokalen) Versorgungsproblemen führen.

Aus den oben angeführten Gründen erkennt man deutlich die wichtige Position des Preises. Ein fester Preis verhindert jeglichen Informationsfluss zum Endkunden. Der Endkunde hat keinen Anreiz zur Lastreduktion in Spitzenlastzeiten, da er über keine Informationen bezüglich der Kosten der Spitzenlast verfügt. Es wird zu keiner Effizienzsteigerung bei den Geräten kommen, da sich Investitionen in effizientere Geräte auf Grund des konstant niedrigen Preises über deren Lebensdauer nicht amortisieren. Dies wirkt sich nicht zuletzt auch negativ auf die Umwelt aus. Für den Versorger bedeutet ein konstanter Tarif ein erhöhtes Risiko bezüglich des Gewinns³. Hätte es in Kalifornien in der Vergangenheit zeitvariable Tarife gegeben, so hätten die Versorger einen Teil ihres Verlusts vermeiden können.

Als Reaktion auf die aufgezeigten Probleme ist das Einführen einer elastischen Nachfragekurve dringend notwendig. Nur so kann eine effiziente Balance zwischen Angebot und Nachfrage erreicht werden. Eine elastische Nachfragekurve ist dann gegeben, wenn Konsumenten auf Preissignale reagieren können.

Erreicht werden kann eine elastische Nachfrage durch Preissignale in Form von zeitvariablen Tarifen (Time-of-Use-Tarifen, Real-Time-Pricing) in Verbindung mit der nötigen technischen Infrastruktur – dem IRON System. Nur in Verbindung mit der entsprechenden Technik, lassen sich theoretische Lastverlagerungspotenziale auch praktisch realisieren. Ohne die Unterstützung von „intelligenten“ Geräten zur automatischen Lastverlagerung sättigt die erzielbare Lastreduktion rasch mit der Spitzenlastzeit, d. h. Sie fällt wesentlich geringer aus [32].

4.2.3 Elastische Nachfrage und strategische Preise

Wie bereits erwähnt, verbessert eine elastische Nachfragekurve (z.B. durch ein IRON System) die Marktperformance eines liberalisierten Strommarktes erheblich. Den Einfluss einer elastischen Nachfragekurve beim strategischen Zurückhalten von Kapazitäten (oder dem echten revisionsbedingten Ausfall von Kapazitäten) zeigt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

³ Genauer: Für den Versorger bedeutet ein konstanter Tarif kurzfristig ein höheres Risiko, wenn er sich in einer physikalischen „Short Position“ befindet (d. h. weniger elektrische Energie zur Verfügung hat, als er verkaufen muss oder möchte).

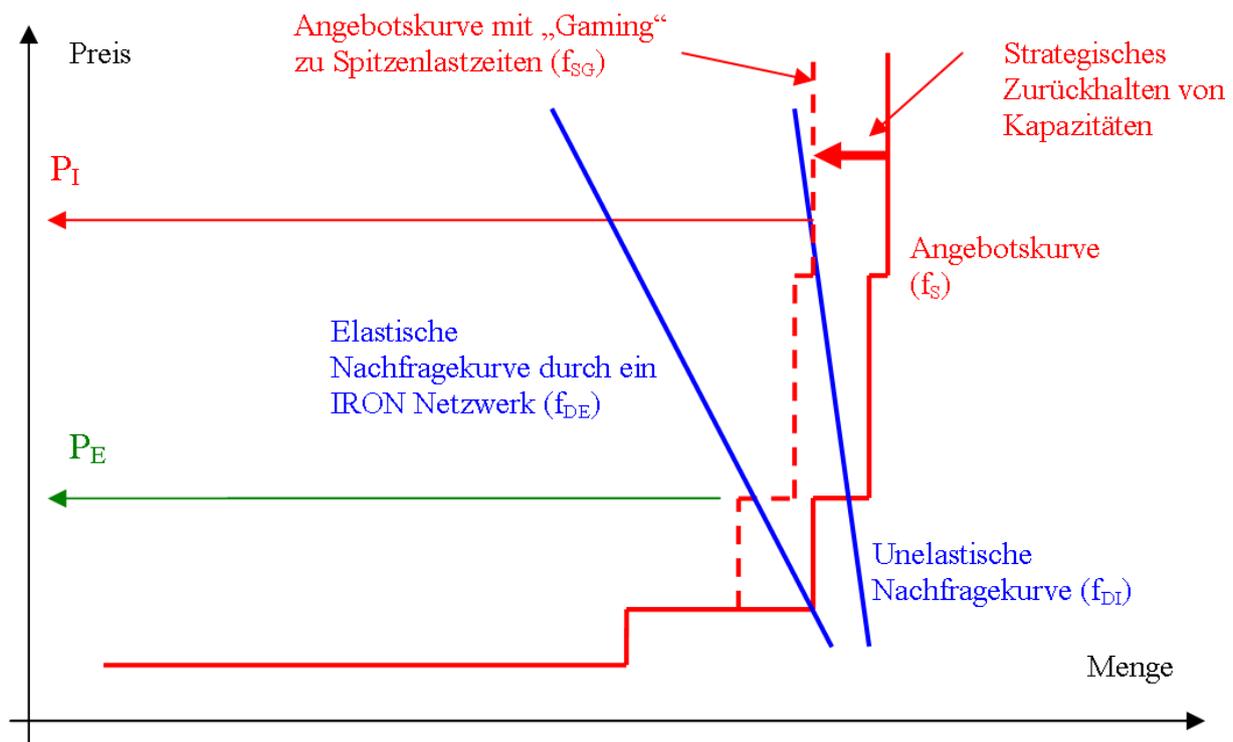


Abbildung 7: Inelastische versus elastische Nachfragekurve und deren jeweiliger Einfluss auf den Marktpreis bei zwei verschiedenen Angebotsituationen.

Der ursprüngliche Marktpreis bei der Angebotskurve f_S liegt bei P_E . Durch revisions-bedingte oder durch strategische Faktoren (z. B. Vortäuschen von Wartungsarbeiten) entsteht die Angebotskurve f_{SG} . Diese nach links verschobene Angebotskurve f_{SG} zeichnet sich durch ein reduziertes Angebot aus, was bei inelastischer Nachfragekurve (f_{DI}), den hohen (strategischen) Preis P_I ergibt.

Würden jedoch die Konsumenten die Möglichkeit besitzen, auf Preisschwankungen zu reagieren, ergäbe sich die elastische Nachfragekurve (f_{DE}), welche bei steigenden Preisen eine geringere Menge nachfragt als die inelastische Nachfragekurve. Die elastische Nachfragekurve verringert nun den Einfluss der revisions-bedingten oder strategisch verschobenen Angebotskurve und liefert den geringeren Preis P_E . Die elastische Nachfragekurve verbessert somit die Performance des Marktes.

4.2.4 Elastische Nachfrage – makroökonomisches Modell

In diesem Kapitel wird ein einfaches Modell gezeigt, welches es ermöglicht, zu makroskopischen Abschätzungen bezüglich der Gewinne und Kosten von verbraucherseitigen Maßnahmen (z.B. eines IRON Systems) zu gelangen.

Ausgangspunkt aller Untersuchungen sind die ursprünglich inelastische Nachfragekurve im Ausgangsjahr $f_{DI,n}$ und die ursprüngliche Angebotskurve f_S . Der Schnittpunkt dieser beiden Kurven liegt im Ausgangsjahr n beim Preis $P_{I,n}$ und der Menge M_n .

Es sei nun angenommen, dass sich die Menge von M_n auf M_{n+1} verändern würde, wenn es keine elastische Nachfrage gäbe („natürliche“ Zunahme des Verbrauchs vom Jahr n zum Jahr $n+1$ ⁴). Damit würde sich auch der „unelastische“ Preis von $P_{I,n+1}$ einstellen.

Gibt man nun aber den Konsumenten die Möglichkeit, auf Preissignale zu reagieren, so ergeben sich im Jahr $n+1$ die Menge M und der Preis $P_{E,n+1}$ als Schnittpunkt der nun elastischen Nachfragekurve f_{DE} , und der Angebotskurve f_S , wobei sich der Preis $P_{E,n+1}$ einstellt, welcher zwischen $P_{I,n+1}$ und $P_{I,n}$ liegt. Der Konsument wirkt regulierend auf den Marktpreis.

Die elastische Nachfragekurve f_{DE} wurde in solcher Weise eingeführt, dass sie durch den Schnittpunkt des Preises $p_{I,n}$ und der Menge M_{n+1} verläuft. Diese Annahme bedeutet, dass die Konsumenten den selben Preis für die elektrische Energie im Jahr $n+1$ wie im Jahr n zahlen wollen, d. h. Preise über dem Vorjahresniveau n werden bei Verwendung von verbraucherseitigen Maßnahmen zu einer Reduktion in der nachgefragten Menge führen – eine elastische Nachfrage (f_{DE}) ist gegeben.

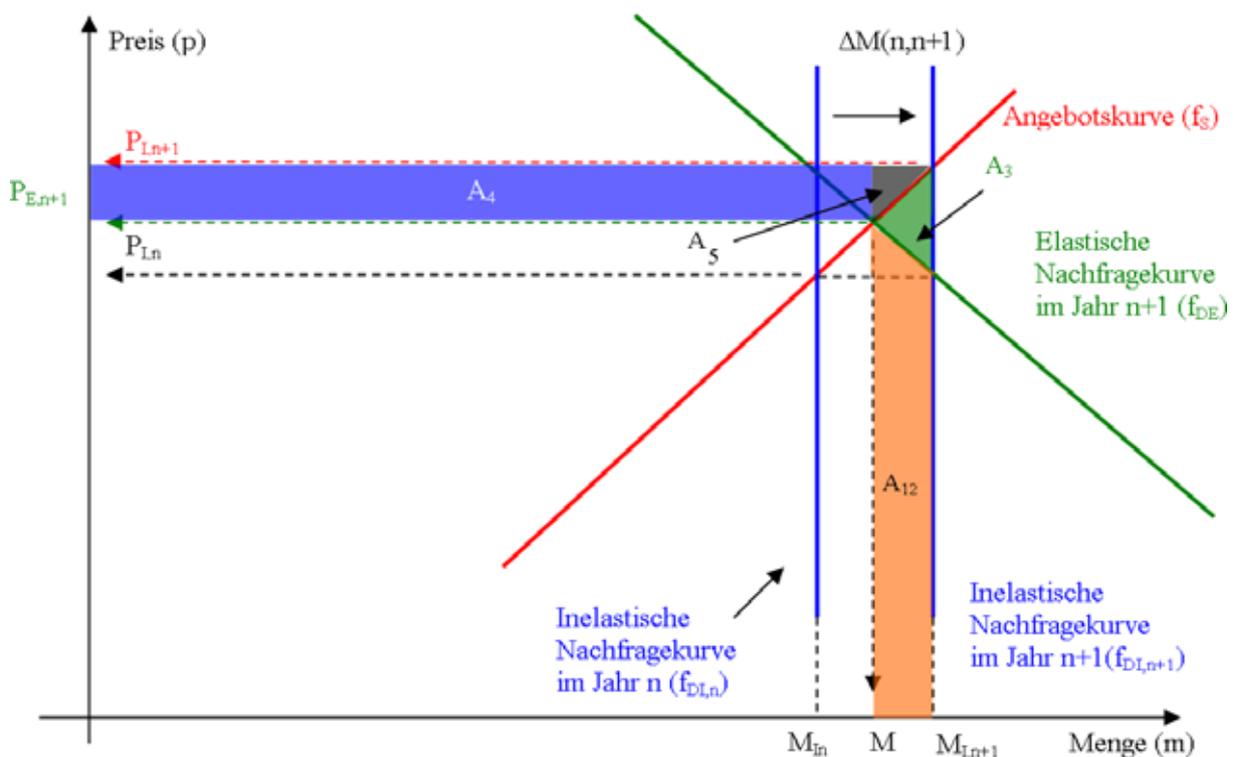


Abbildung 8: Modell des Strommarkts mit elastischer Nachfragekurve

⁴ Entspricht dem jährlichen 2 bis 3 %igen Zuwachs des elektrischen Energieverbrauchs in Österreich

f_S	Angebotskurve
$f_{DI,n}$	Inelastische Nachfragekurve im Jahr n
$f_{DI,n+1}$	Inelastische Nachfragekurve im Jahr n+1
f_{DE}	Elastische Nachfragekurve im Jahr n+1
$M_{I,n}$	Menge bei inelastischer Nachfrage im Jahr n
$M_{I,n+1}$	Menge bei inelastischer Nachfrage im Jahr n+1
M	Menge bei elastischer Nachfrage im Jahr n+1
$\Delta M(n,n+1)$	Verbrauchssteigerung vom Jahr n zum Jahr n+1 (bei inelastischer Nachfrage)
$P_{I,n}$	Preis bei inelastischer Nachfrage im Jahr n
$P_{I,n+1}$	Preis bei inelastischer Nachfrage im Jahr n+1
$P_{E,n+1}$	Preis bei elastischer Nachfrage im Jahr n+1
A_{12}	Kosten für verbraucherseitige Maßnahmen (Lastreduktion, Lastverlagerung)
A_3	Volkswirtschaftlicher Gewinn aufgrund der elastischen Nachfragekurve
A_4	Gewinn der Konsumenten aufgrund der elastischen Nachfragekurve
A_5	Verluste für Erzeuger
k_S	Steigung der Angebotskurve im Schnittpunkt ($M/P_{E,n+1}$)
k_D	Steigung der elastischen Nachfragekurve im Schnittpunkt ($M/P_{E,n+1}$)
ΔCS	Veränderung der Konsumentenrente gegenüber dem Fall mit inelastischer Nachfrage
ΔPS	Veränderung der Produzentenrente gegenüber dem Fall mit inelastischer Nachfrage

$$A_{12} = \int_{M_n}^{M_{n+1}} f_{DE}(m) dm \quad \text{Gleichung 1}$$

$$A_3 = f(k_S, k_D) \quad \text{Gleichung 2}$$

$$A_4 = M \times (P_{I,n+1} - P_{E,n+1}) \quad \text{Gleichung 3}$$

$$A_5 = f(k_S, k_D) \quad \text{Gleichung 4}$$

Die Veränderung der Konsumentenrente im Falle der elastischen Nachfragekurve im Jahr n+1 gegenüber dem Fall mit inelastischer Nachfragekurve ergibt sich aus der Summe aller Gewinne und Verluste für die Konsumenten. Die Konsumenten profitieren von den Preissenkungen, müssen dafür aber auch in verbraucherseitige Maßnahmen investieren.

$$\text{Gewinne}_C = A_{12} + A_3 + A_4 + A_5 \quad \text{Gleichung 5}$$

⁵ Beachte für $|k_D| \rightarrow \infty$ folgt, dass $(M_{n+1}-M) \rightarrow 0$ und damit auch $A_3 \rightarrow 0$ konvergiert. Für $|k_D| \rightarrow 0$ folgt, dass $A_3 \rightarrow \text{Maximum}$ konvergiert.

$$Verluste_C = -A_{12} \quad \text{Gleichung 6}$$

$$\Delta CS_{Total} = Gewinne_C + Verluste_C = A_{12} + A_3 + A_4 + A_5 - A_{12} = A_3 + A_4 + A_5 > 0 \quad \text{Gleichung 7}$$

Im Vergleich zu den Konsumenten verlieren die Produzenten einen Teil ihrer Produzentenrente und deshalb ist auch deren Rentenänderung negativ.

$$\Delta PS_{Total} = -A_4 - A_5 < 0 \quad \text{Gleichung 8}$$

Aber aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist die Summe der Veränderung der Produzentenrente und Konsumentenrente positiv und deshalb wirken sich auch elastische Nachfragekurven positiv auf die gesamte Volkswirtschaft aus. Anders ausgedrückt konstante Tarife (inelastische Nachfragekurven) beinhalten einen volkswirtschaftlichen Verlust!

$$\Delta CS + \Delta PS = A_3 > 0 \quad \text{Gleichung 9}$$

Der Gewinn durch die Einführung der elastischen Nachfragekurve beträgt A_3 und ist deshalb ein Vergleichsmaß für die Kosten von verbraucherseitigen Maßnahmen. Die Menge A_3 sollte nun für die *Unterstützung und Entwicklung von innovativen Demand-Response Technologien* verwendet werden.

Identifikation der Barrieren und Anreize für Demand-Response Systeme

Die negative Veränderung der Produzentenrente laut Gleichung 8 kann eine Barriere für Erzeuger für das Einführen von Demand-Response Programmen sein, so dass sie Lastverlagerungs- oder Lastreduktionsprogrammen vielleicht nicht ausschließlich positiv gegenüber stehen und versuchen sich dagegen zu wehren. Die angestellten Überlegungen sind allerdings sehr allgemeiner und qualitativer Natur. Sie berücksichtigen keine individuellen Umstände und keine sonstigen Entscheidungsfaktoren, die auch Erzeugern Vorteile aufgrund von Demand-Response Programmen bescheren könnten.

$$Barriere = -A_4 - A_5 < 0 \quad \text{Gleichung 10}$$

Dem gegenüber steht die positive Veränderung der Konsumentenrente durch elastische Nachfragekurven nach Gleichung 9. Konsumenten würden von einer elastischen Nachfragekurve auf jeden Fall finanziell profitieren. Falls kein besonderer Aufwand für sie damit verbunden wäre, sollten sie eine natürliche Tendenz verspüren, Demand-Response Programme zu verwenden.

$$Anreiz = A_3 + A_4 + A_5 > 0 \quad \text{Gleichung 11}$$

Lastreduktion versus Lastverschiebung

Bei den vorangegangenen Überlegungen wurde von einer reinen Lastreduktion ausgegangen. Bei Lastverlagerung und anschließendem Konsum der zu Hochpreiszeiten verlagerten Spitzenlast wird sich der Vorteil nach Gleichung 9 um jenen Anteil reduzieren, der zur Schwachlastzeit „nachkonsumiert“ wird. Dieser Sachverhalt wird in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

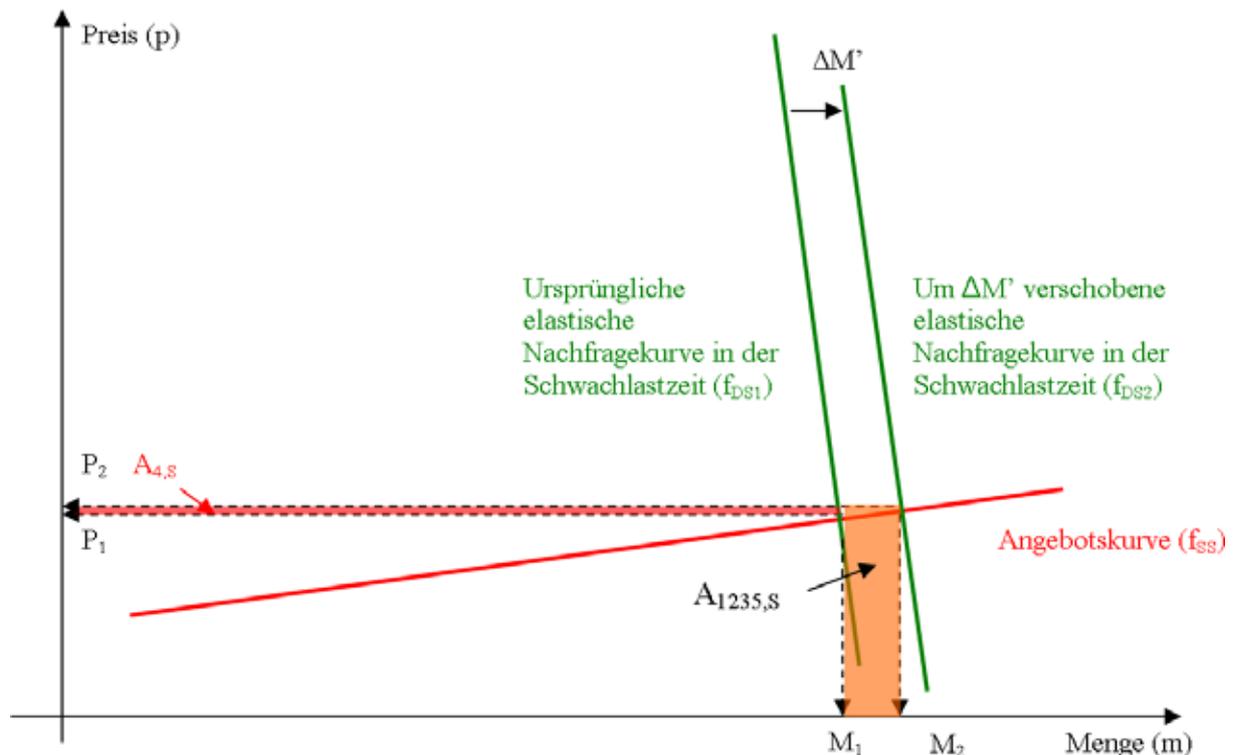


Abbildung 9: Modell des Strommarkts zu Schwachlastzeiten

f_{SS}	Angebotskurve zur Schwachlastzeit
f_{DS1}	Ursprüngliche (kurzfristige) Nachfragekurve zur Schwachlastzeit ohne Lastverlagerung
f_{DS2}	Durch Lastverlagerung um $\Delta M'$ (=Mengenreduktion zur Hochpreiszeit) verschobene Nachfragekurve zur Schwachlastzeit
M_1	Ursprüngliche Menge zur Schwachlastzeit ohne Lastverlagerung
M_2	Menge zur Schwachlastzeit durch Lastverlagerung
P_1	Ursprüngliche Schwachlastpreis ohne Lastverlagerung
P_2	Durch Lastverlagerung entstandenen höheren Preis zur Schwachlastzeit
$A_{4,S}$	Verluste der Konsumenten zur Schwachlastzeit durch Lastverlagerung und Anstieg des Preises
P_S	Schwachlastpreis
$A_{1235,S}$	Verluste der Konsumenten durch steigenden Verbrauch zur Schwachlastzeit

Die Angebotskurve f_{SS} zur Schwachlast zeichnet sich durch eine geringe Steigung im Vergleich zur Hochpreisperiode (Spitzenlast) aus. Daraus folgt, dass die Nachfrage zur Schwachlastzeit viel inelastischer ist als zur Hochpreiszeit. Dies gilt sowohl für die ursprüngliche Nachfragekurve f_{DS1} als auch für die durch das „Nachkonsumieren“ gesteigerte Nachfragekurve f_{DS2} . Das Lastverlagerungspotenzial ist zur Schwachlastzeit geringer.

Wird nun angenommen, dass 100 %ig Lastverlagerung betrieben wird, d. h. dass die zur Hochpreisperiode reduzierte Menge $\Delta M'$ zur Gänze zur Schwachlastperiode wieder konsumiert wird, ergeben sich zusätzliche Kosten von $A_{1235,S}$ und $A_{4,S}$ durch Verschiebung der Nachfrage von f_{DS1} nach f_{DS2} .

Eine wichtige Vereinfachung besteht nun darin, dass die Preiserhöhung zur Schwachlastzeit aufgrund des höheren Konsums vernachlässigbar ist, d.h. dass sich das Grenzkraftwerk zur Schwachlastzeit nur marginal ändert ($P_1 \approx P_2 \approx P_S$). Diese Vereinfachung ermöglicht es nun, in den weiteren Überlegungen die Fläche $A_{4,S}$ zu vernachlässigen und nur die Fläche $A_{1235,S}$ zu berücksichtigen.

$$A_{4,S} = M_1 \times (P_2 - P_1) \approx 0 \quad \text{Gleichung 12}$$

Die Vereinfachung, dass sich das Grenzkraftwerk zur Schwachlastzeit nur marginal ändert, ermöglicht nun auch eine Vereinfachung der Fläche $A_{1235,S}$ nach Gleichung 13.

$$A_{1235,S} = (M_2 - M_1) \times (P_2) \approx (M_2 - M_1) \times P_S = \Delta M' \times P_S \quad \text{Gleichung 13}$$

mit

$$P_S \approx P_1 \approx P_2 \quad \text{Gleichung 14}$$

Wird nun für die Bestimmung der Anreize bei Lastverschiebung der Anreiz für Konsumenten bei reiner Lastreduktion (Gleichung 11) als Ausgangspunkt genommen, so muss noch $A_{1235,S}$ subtrahiert werden, um den Vorteil der Konsumenten aufgrund von elastischen Nachfragekurven bei reiner Lastverschiebung zu erhalten (Gleichung 15).

$$\Delta CS_{\text{LastReduktion}} = A_3 + A_4 + A_5 > 0 \quad \text{Gleichung 11}$$

$$\Delta CS_{\text{Lastverlagerung}} = A_3 + A_4 + A_5 - A_{4,S} - A_{1235,S} \approx A_3 + A_4 + A_5 - \Delta M' \times P_S \approx A_4 - \Delta M' \times P_S \quad \text{Gleichung 15}$$

Eine weitere Vereinfachung ist nun, dass die Flächen A_5 und A_3 – im Vergleich zu A_4 – vernachlässigbar sind und sich damit eine sehr einfache Beziehung für die Vorteile der Konsumenten bei reiner Lastverschiebung ergibt⁶. Aus dieser einfachen Beziehung nach

⁶ Genauer: Die Vernachlässigung von A_3 , A_5 und $A_{4,S}$ bedeutet, dass $A_{4,S} \approx A_3 + A_5$ sein muss.

Gleichung 15 lässt sich nun ein Kriterium ableiten, welches angibt, ab wann Lastverlagerung für die Konsumenten attraktiv ist.

Konsumenten werden genau dann Lastverlagerungsprogramme installieren, wenn die gesamten Gewinne zur Hochpreisperiode größer sind als die „Verluste“ zur Schwachlastperiode.

$$A_4 > \Delta M' \times P_S \quad \text{Gleichung 16}$$

Mit Gleichung 3

$$A_4 = M \times \Delta P \quad \text{Gleichung 3}$$

folgt:

$$M \times \Delta P > \Delta M' \times P_S \quad \text{Gleichung 17}$$

Nach Umformungen erhält man somit folgende Ungleichung

$$\Delta P > \frac{\Delta M'}{M} \times P_S \quad \text{Gleichung 18}$$

P_S	Schwachlastpreis
M	Nachfrage zur Hochpreiszeit (Spitzenlastzeit) mit elastischer Nachfragekurve nach Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.
$\Delta M' = M_{n+1} - M = M_2 - M_1$	Mengenreduktion zur Hochpreiszeit durch die elastische Nachfragekurve
$\Delta P = P_{I,n+1} - P_{E,n+1}$	Preisreduktion zur Hochpreiszeit durch die elastische Nachfragekurve

Die Preisänderung zur Spitzenlastzeit muss größer sein als der Schwachlastpreis gewichtet mit der prozentuellen Einsparung an Energie zur Spitzenlastzeit.

4.3 Durch IRON erzielbare Benefits

Die Erkenntnisse aus den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Erhebungen, der Befragung der Teilnehmer des österreichischen Strommarkts und der generellen wirtschaftlichen Betrachtungen, bilden die Basis für diese Zusammenstellung der verschiedenen Nutzen, die mit Hilfe des IRON Systems lukrierbar sind. Mittels modernster Informations- und Kommunikationstechnologie ist die Schaffung eines verteilten, und doch integrierten Systems machbar, dass es erlaubt neue Potenziale zu erschließen und neue „Teilnehmer“ am Elektrizitätssystem auf den Plan treten zu lassen, wie zum Beispiel virtuelle Lasten und intelligente Verbraucher.

Allgemein werden Verbraucher erstmals in die Lage versetzt, vollständig „gleichberechtigt“ am Elektrizitätsmarkt teilzunehmen. Es entwickelt sich eine elastische Nachfrage – der

Schlüssel zu stabilen Preisen so wie vielen weiteren schon angeschnittenen und hier noch einmal zusammengefassten Vorteilen.

Neben der Einbeziehung der Verbraucherseite ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Benefits, die aus dem IRON System gewonnen werden können, schlichtweg die Tatsache, dass es sich um die Erstellung einer Infrastruktur handelt, einer Infrastruktur, die Informationen sammeln und systemweit kommunizieren kann. Diese Fähigkeit bildet die Basis für eine Reihe von Steuerungs- und Optimierungsanwendungen – und vielleicht auch noch anderen Anwendungen, die noch gar nicht absehbar sind. Mit der neuen Menge an verfügbarer Information und ihrer schnellen und globalen Kommunizierbarkeit, geht auch die Entwicklung neuer Märkte und Marktmechanismen einher. Die beiden Hauptfaktoren, elastische Nachfragekurven und Erhöhung der Informationsdichte, sind natürlich nicht isoliert von einander, sondern beeinflussen sich gegenseitig symbiotisch.

4.3.1 Nutzen für Kunden und allgemeiner Nutzen

Grundsätzlich erfüllen Preise in einem System mit „vollkommenem“ Wettbewerb drei wichtige Eigenschaften:

- Übermittlung von Information
- Anreiz für Verhaltensänderungen
- Festlegung der Einkommensverteilung

Ein fixer Preis (Tarif) auf Basis von Durchschnittskosten erfüllt keinen der drei Punkte.

Der Endverbraucher hat aufgrund der ihm verrechneten fixen Tarife keine Information darüber, wann sich Erzeugung und Verteilung ihren Verfügbarkeitsgrenzen nähern und auch keinen Anreiz, seinen Verbrauch auf eine etwaige Knappheit des Angebots abzustimmen.

Warum sollte man Energie sparen/verlagern, wenn diese immer gleich billig ist?

Die Nachfragekurve fällt dementsprechend unelastisch aus, was einen Ausgleich von Angebot und Nachfrage verhindert und einen ineffizienten Zustand darstellt. Gerade während Hochpreiszeiten – wenn also viel (Spitzen-)Last gebraucht wird und das Angebot dementsprechend knapp ausfällt – ist der Anreiz der Kunden besonders groß, ihren Verbrauch einzuschränken. Dies konnte auch in den vorangegangenen Betrachtungen der Auswirkungen einer elastischen Nachfrage gezeigt werden. Der Nutzen einer elastischen Nachfrage ist nicht besonders hoch, wenn das Angebot die geforderte Spitzenlast bei weitem übersteigt. Nähert sich das Angebot jedoch seinen Kapazitätsgrenzen, so verstärkt sich der Effekt einer elastischen Nachfrage allerdings signifikant. Es wird dadurch nicht nur ein Eskalieren der Preise verhindert. Man hat auch einen automatischen Sicherheitsmechanismus [11]. Dieser trägt selbstregulierend dazu bei, dass in kritischen Zeiten ein größerer Polster an Sicherheitsreserven vorhanden bleibt, als bei einer inelastischen Nachfrage (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

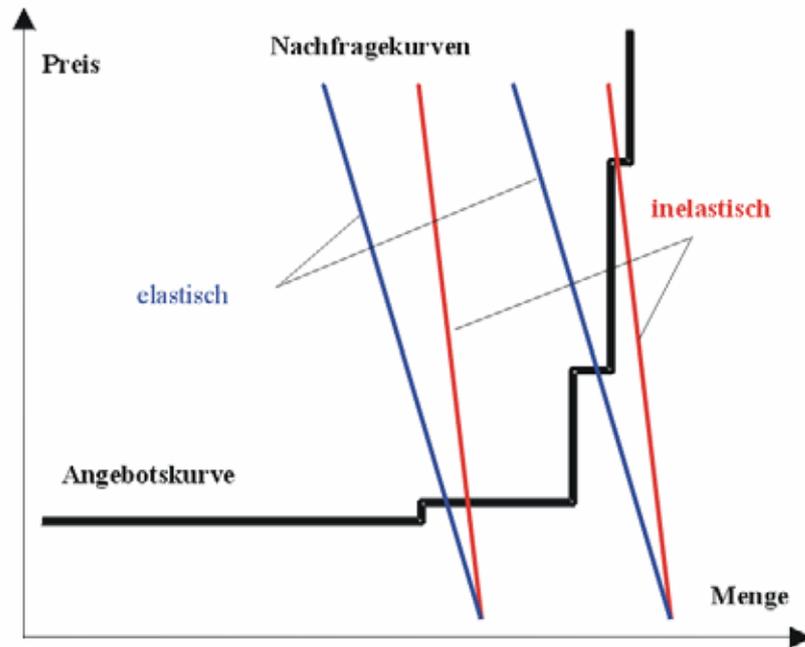


Abbildung 10: Vergleich der Auswirkungen verschiedener elastischer und inelastischer Nachfragesituationen bei gegebenem Angebot.

Das IRON System ermöglicht es Kunden, ihren Verbrauch ohne viel persönlichen Aufwand mit der entsprechenden technischen Unterstützung an das Angebot anzupassen – und erhöht so bzw. führt überhaupt erst zu elastischen Nachfragekurven. Die Kunden sind erstmals in der Lage, ihre Elektrizitätskosten aktiv zu beeinflussen [13]. Dies hat individuelle aber auch gesamtwirtschaftliche positive Auswirkungen.

Kunden erhalten z. B. einen gewissen Schutz vor allzu hohen Elektrizitätspreisen, etwa gegenüber versuchten Preismanipulationen von Erzeugern mit Hilfe von strategischem Kraftwerkseinsatz. In Situationen, wo das Angebot knapp wird, können spürbare Verbrauchsreaktionen erzeugt werden. Aufgrund dieses Umstandes kann das IRON System einen wichtigen Beitrag zum Engpass- und Notfallmanagement leisten. Damit trägt es in weiterer Folge zur Stabilität, Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätssystems bei. Das kommt nicht nur den Konsumenten, sondern der gesamten Volkswirtschaft zugute. Aufgrund der derzeitigen problematischen Tendenzen im Elektrizitätsbereich, wie in den einleitenden Kapiteln der wirtschaftlichen Analyse beschrieben, kommen auf das Engpass- und Notfallmanagement in Zukunft noch höhere Herausforderungen zu als heute schon. Die Möglichkeiten der Entschärfung von Netzengpässen mit verbraucherseitigen Maßnahmen sind derzeit in den mitteleuropäischen Märkten aber kaum genutzt. In skandinavischen Ländern konnten dadurch laut [3] schon effiziente Lösungen erreicht werden. Beispielsweise wurden Industriekunden „Buy-Back Contracts“ und Vergütungen für Leistungsreduktionen im Rahmen von „Demand-Side Bidding“-Programmen angeboten. Das führte zu abschaltbaren Leistungen bis zu 670 MW im Jahr 2001. Mit Hilfe von Anreizen in Form von Preissignalen konnten auch im Haushalts spürbare Lastreduktionen verzeichnet werden. Bei Unterstützung solcher Programme durch eine moderne, echtzeit-fähige Automations-Infrastruktur könnte der erzielbare Beitrag solcher verbraucherseitigen Maßnahmen für das Engpassmanagement noch um

einiges erhöht werden. Dies käme insbesondere auch dem, zum Teil schon sehr überlasteten Netz zugute.

4.3.2 Nutzen für den Netzbereich

Die Zeiten, in denen sich Leitungen im österreichischen Netz im Grenzbereich ihrer Benutzung befinden, werden tendenziell länger, die einst vorhandenen Netzreserven sind teilweise schon aufgezehrt, kapitalintensive und langfristige Investitionen werden seit geraumer Zeit aufgeschoben. Netzbetreiber fühlen sich durch festgesetzte Tarife in ihrem unternehmerischen Handeln gehindert. Sie verspüren auch einen Mangel an Information über den Zustand des Netzes. Wissen über das Netz besteht aus Wissen über den Bestand, über aktuelle Prozesse und über generelle Regelwerke [28]. Unter Bestandsinformationen fallen z. B. Informationen über Betriebsmittel, über das Versorgungsgebiet (z.B. geografisches und topologisches Wissen) und über die Kunden. Das erforderliche Wissen, das aus den verschiedensten Quellen stammt, muss effizient gespeichert und verwaltet werden. Es müssen Datenformate gefunden werden, auf die dann alle nötigen Anwendungen zugreifen können. Im Bedarfsfall müssen die Informationen über den Bestand und jene über die aktuellen Prozesse, automatisch und schnell zusammengeführt werden und für Kontrollentscheidungen zur Verfügung stehen..

Der Bedarf an mehr Daten besteht nicht nur im technischen Bereich, sondern auch für Verrechnungszwecke. Zähler, die Kunden identifizieren könnten, wären von großem Nutzen, z. B. für finanzielles Risikomanagement (Absicherung gegen Zahlungsausfälle von Kunden, Kalkulierung von Pönaleforderungen für Netzausfälle, etc.).

Ein technischer Zweck, wo momentan nicht genügend Wissen vorhanden ist, sind Netzausfälle. Hier bräuchte man mehr Informationen darüber, wer nach einem Ausfall wann am besten wieder hinzugeschaltet werden sollte. Es besteht also ein Bedarf an automatisierten „Decision-Support Systemen“.

Netzausfälle sollten natürlich von vornherein vermieden werden. Die IRON Infrastruktur kann hier einen wertvollen Beitrag leisten. Instabilitäten können durch ein verbessertes Monitoring der Netzeigenschaften (Lastflüsse, Power Quality, etc.) nicht nur rechtzeitig erkannt werden, sondern es kann auch aktiver als bisher auf kritische Situationen reagiert werden. Auch hierbei spielt die Fähigkeit des IRON Systems, mehr Wissen über den aktuellen Zustand der Lasten zu besitzen und diese auch explizit beeinflussen zu können, eine wichtige Rolle. Der Netzbetreiber könnte laufend Updates über das Volumen der kurzfristig abschaltbaren bzw. verschiebbaren Lasten bekommen. Ebenso würde er die Preise dieser Operationen erhalten. Auf Basis all dieses Wissens wäre er in der Lage, auf optimale Weise Lastkürzungen zu initiieren und so die Krisensituation zu entschärfen. Das ganze beruht wesentlich auf bidirektionalen Informationsflüssen, wie sie im IRON System angestrebt werden.

Das beschriebene Demand/Supply Matching ist nicht nur für Engpass- und Notfallsituationen einsetzbar. Es trägt auch dazu bei, die Belastung der Netze durch die Einspeisung stochastischer dezentraler Erzeugung zu reduzieren. Als Beispiel sei die potenzielle Gefahr der

Spannungsüberhöhung bei dezentraler Einspeisung (z. B. durch Windkraftwerke) genannt, die durch lokales Demand-Side-Management entschärft werden kann (z. B. Abfangen der Produktionsspitzen durch das Auffüllen lokaler virtueller Speicher). Dadurch kann der Anteil der dezentralen Erzeugung beträchtlich über die derzeitigen Möglichkeiten hinaus erhöht werden, was einen weiteren wichtigen Nutzen der angestrebten Infrastruktur darstellt. Dieser Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch wird dabei auf möglichst lokaler Ebene durchgeführt. Das hat auch den Effekt, dass Leitungsverluste vermindert werden. (Laut [4] reichen die Leitungsverluste in Dimensionen mit denen man alle Grazer Haushalte mit Strom versorgen könnte, was mehr als 200.000 Tonnen CO₂ entspricht.)

Die mit Hilfe des IRON Systems erzielbare geringere Anzahl von Netzengpässen, ergibt einen weiteren Vorteil. Es kann eine gleichmäßigere und insgesamt höhere Auslastung der Kapazitäten erreicht werden. Das bedeutet z. B., dass sich getätigte Investitionen rascher amortisieren.

Auch für den verstärkten Einsatz regenerativer Energien und dezentraler Erzeugung wären intelligente und flexible Netze erforderlich. Nutzen für die Erzeugung

Ein weiterer Nutzen des globalen Optimierungsnetzwerks ergibt sich ebenfalls, wenn auch indirekt, aus seiner Fähigkeit, Spitzenlasten zu entschärfen. Aufgrund dessen kann es dazu beitragen, dass jene Kraftwerksneubauten vermieden werden, die nur für eine sehr geringe Zeit im Jahr in Betrieb sein würden [11]. Die neue Infrastruktur würde insgesamt zu einer besseren Auslastung der Kapazitäten und zur Erhöhung ihrer Produktivität führen. Kraftwerksneubauten sind äußerst kapitalintensiv und mit hohen Risiken verbunden. Wenn nur ein Teil der in den nächsten Jahren anstehenden Investitionen durch eine effizientere Nutzung existierender Ressourcen gespart werden könnte, so ergäbe das einen beträchtlichen finanziellen Nutzen, der durch das neue System erschlossen würde.

4.3.3 Allgemeiner Nutzen für den Erzeugungsbereich

Die Steuerung und Regelung von konventionellen Kraftwerken ist nicht Thema des IRON Projekts. Kraftwerksführung und Leittechnik konventioneller Kraftwerke sollen im Allgemeinen nicht beeinflusst werden. Hier existieren schon spezialisierte Lösungen. Allerdings sollen diese Lösungen schon an das IRON System angekoppelt werden. Auch – bzw. gerade – diese Kraftwerke können wichtige Informationen, wie Fahr- oder Wartungspläne, zur Verfügung stellen, und so die Optimierungsinfrastruktur mit wertvollem Basiswissen unterstützen. Umgekehrt würde das insgesamt signifikant höhere Wissen im Elektrizitätssystem aber auch den (konventionellen) Erzeugern zugute kommen. Sie könnten ihren Kraftwerkspark optimaler als bisher einsetzen. Dies würde zu einer höheren Kapazitätsauslastung führen. (Für Österreich ergibt sich z. B. für das Jahr 2004 mit 18,7 GW installierter Leistung, einer Nettoinlandsstromerzeugung von 60 TWh und 8760 h/Jahr ein Kapazitätsfaktor von 0,37.) Mit der neuen Infrastruktur könnten auch mehr und individuellere Lieferverträge abgeschlossen werden, z. B. wäre es denkbar, in Bezug auf die Power Quality unterschiedliche Qualitäten anzubieten, da nicht jede Anwendung hier die gleichen, extrem hohen Standards benötigt, die im Moment allgemein zur Verfügung gestellt werden. Die Möglichkeit neuer, „customisierter“

Angebote und die Erhöhung der Kapazitätsauslastung wären also durch das IRON System erzielbare Vorteile für den Bereich der Erzeugung elektrischer Energie. Diese könnten vielleicht auch teilweise eine Kompensation für jene Erzeuger darstellen, die Systemen zur Spitzenlastreduktion und einer höheren Elastizität der Nachfrage im Allgemeinen, ablehnend gegenüber stehen (vgl. Gleichung 10 aus Kapitel 4.2.3), weil sie eben mit dem Verkauf von teurer Spitzenlast besonders viel Geld verdienen.

Ein erhöhter Kapazitätsfaktor zieht auch noch Vorteile im Bereich des Kapitaleinsatzes mit sich. Neu gemachte Investitionen rechnen sich schneller, Zinsen können gespart werden, Risiken verringert werden, der Spielraum, bis wann anstehende Investitionen zu tätigen sind, verlängert sich. Generell ergibt sich aus der Fähigkeit des IRON Systems, Spitzenlasten zu entschärfen, die Tatsache, dass Investitionen in einzelne Kraftwerksneubauten vermieden werden können, und zwar in jene, die zur Abdeckung von Spitzenlasten benötigt werden und die dabei nur für eine sehr geringe Zeit im Jahr in Betrieb sein würden. Statt die nötige Spitzenlast erzeugerseitig mit einem neuen Kraftwerk abzudecken, könnte sie auch verbraucherseitig mit Hilfe des IRON Systems aufgebracht werden. Falls damit ein neues GuD Kraftwerk vermieden wird, spart man sich damit auch Emissionen und verringert die Abhängigkeit vom fossilen Brennstoff Gas.

4.3.4 Nutzen für die dezentrale Erzeugung

Während große Kraftwerke im Allgemeinen keine Zielgruppe darstellen, so sind kleinere, verteilte Anlagen dezidiert eine Zielgruppe des IRON Systems. Bei diesen, kleineren, oft mit erneuerbaren Energiequellen verbundenen Erzeugungseinheiten, wie z. B. Windkraftwerken, CHP-Anlagen, Brennstoffzellen, Photovoltaik-Anlagen, etc., herrscht generell noch ein großer Mangel an Steuer- und Kontrollinformation. Ihre Einbindung ins bestehende System verursacht derzeit oft mehr Probleme als Nutzen, z. B. durch eine überproportional erforderliche Erhöhung der Regelleistungsvorhaltung. Das müsste aber nicht so sein.

Mit Hilfe der geplanten Infrastruktur könnte dezentrale Erzeugung besser ins bestehende Elektrizitätssystem integriert werden. Das IRON System unterstützt und betont, wie beschrieben, ja generell lokal verteilte Lösungen. Nur mit der entsprechenden kommunikativen Unterstützung kann erneuerbaren Energieträgern die Chance gegeben werden, eine größere Bedeutung für die Energieversorgung zu erlangen, als das im Moment der Fall ist.

Konkret ergibt sich der Nutzen von IT-basierten Lösungen für den Bereich der dezentralen Erzeugung aus der Erschließung folgender Optimierungspotenziale:

- verbesserte Prognosen, sowohl für den Verbrauch (Einführung „intelligenter“ Geräte) als auch für die Erzeugung (z. B. verbesserte Windkraftprognosen)
- Ausbau der Steuerungen und Regelungen der dezentralen Anlagen sowie ihrer verbesserten kommunikationstechnischen Vernetzung mit anderen Anlagen
- Kopplung von stochastischen Erzeugern mit flexiblen Lasten zum lokalen Ausgleich von Erzeugungsschwankungen
- Schaffung „virtueller Kraftwerke“ – dem Zusammenschluss vieler kleiner, verteilter Anlagen im Netz, die dann mit entsprechender technologischer Unterstützung aufeinander abgestimmt betrieben werden [27]

Ein Versorger z. B., der keine eigenen Kraftwerke betreibt, in dessen Netzgebiet es aber etwa mehrere Mini-Blockheizkraftwerke, Notstromaggregate, kleinere Wasserkraftwerke, u. ä. gibt, könnte diesen Energiepool benutzen, um zu Spitzenzeiten Energie zurück ins Netz zu speisen. Ein System, das mittels entsprechender Kommunikationsleitungen – ob Internet, Funk, GSM-Modem, etc. – mit diesen kleinen Erzeugungsanlagen verbunden ist und sie auch selektiv schnell ans Netz anschließen kann, wäre damit in der Lage, eine drohende Strombezugsspitze gegenüber dem eigenen Lieferanten mittels dezentral eingespeisten Stroms zu vermeiden. In das Wissen, wann eine Spitze eingespart werden muss, können Wetterdaten ebenso einfließen wie Informationen über Lastfreiheitsgrade.

4.3.5 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Das System betont und unterstützt ganz generell lokale Lösungen. Es schafft eine Infrastruktur, die in der Lage ist allen vorhandenen Potenzialen ihren „wahren“ Wert zukommen zu lassen. Damit werden genau jene Anreize ins System gebracht, die dazu führen, dass die richtigen Potenziale in richtig dimensionierter Größe am richtigen Ort rechtzeitig zum Zug kommen. Damit wird die Effizienz des Elektrizitätssystems signifikant gesteigert.

Der volkswirtschaftliche Nutzen durch das IRON System ist mit folgenden Faktoren verknüpft:

- effizientere Energieversorgung
- elastische Nachfrage – mehr Preisstabilität für Verbraucher und die Wirtschaft
- höherer Anteil an erneuerbaren Energiequellen
- Beitrag zu einer umweltfreundlichen Energieversorgung
- größerer Pool an Energieträgern, geringere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, mehr Sicherheit
- flexible, zukunfts-orientierte Infrastruktur
- innovatives Produkt an vorderster Front der Technologieentwicklung

5 Machbarkeitsanalyse

Ziel dieses Kapitels ist die Darlegung einer Konzeption für die technische Realisierung eines IRON-Netzwerkes, wie Sie aus den bisher diskutierten Rahmenbedingungen entwickelt wurde. Zunächst werden noch einmal die technischen Rahmenanforderungen kurz dargelegt, daraufhin dann das Gesamtkonzept erläutert.

Im Anschluss werden vorhandene technische Konzepte und Produkte auf Ihre Anwendbarkeit im Rahmen des IRON-Netzes hin untersucht.

5.1 Technisches Konzept

5.1.1 Ausgangspunkt technische Anforderungen

Alle Demand-Side-Management-Programme erfordern eine gewisse „Datenqualität“ und eine zeitgerechte Anlieferung der Daten. Es gibt bereits eine große Auswahl an technisch vertretbaren Methoden die Kommunikation zu implementieren. Das Hauptproblem ist die Bestimmung der geeigneten Technologien für die geplante IRON Anwendung. Allgemein gibt es Voraussetzungen für Sicherheit (im Sinne von Security und Safety), Robustheit, Skalierbarkeit und Flexibilität, Selbst-Anpassung, Zuverlässigkeit (Fehlertoleranz) und Netzwerk Management.

Folgender Katalog wichtiger technischer **Anforderungen** ist im technischen Konzept zu beachten:

Skalierbarkeit: Mit der Zunahme an Teilnehmern wird auch die Flexibilität und der Grad an Freiheit im System zunehmen. Daher sollen die verwendeten Technologien die Anzahl der teilnehmenden Knoten (die von einigen Hunderten bis zu mehreren Millionen reichen können) nicht begrenzen. Das bedeutet jedoch eine große Herausforderung in technischer Hinsicht, da die Komplexität des Systems nicht proportional zu seiner Größe wachsen darf. Um diese Anforderung zu erfüllen sind offene und flexible Konzepte essenziell. Mit der Aufnahme einer steigenden Anzahl an Teilnehmern könnte die Unterschiedlichkeit der verwendeten Kommunikationsprotokolle ebenfalls zunehmen.

Echtzeit: Um die unbedingt notwendige Empfindlichkeit zu erreichen, muss die Dynamik der Last-Management-Programme sowohl wirtschaftlich als auch physikalisch sichergestellt werden. Abhängig von der Anwendung wird die Notwendigkeit für so genannte Echtzeit-Dienste offensichtlich. Da zeitabhängige Prozesse durch das zu realisierende Kommunikationssystem gesteuert werden, muss die Transport-Zeit sehr kurz sein und darf definierte maximale Übertragungszeiten nicht überschreiten (Echtzeit-Verhalten). Außerdem müssen Daten an alle Kunden gleichzeitig geliefert werden (Atomic Multicast Problem [34]).

Wartbarkeit: Die Komplexität des Systems muss für die Teilnehmer transparent sein. Alle lokalen Geräte müssen selbst-konfigurierbar und selbst-wartbar sein. Diese Eigenschaft kann auch als „Plug & Work“ bezeichnet werden. „Plug & Work“-Mechanismen führen

auch zu Kostenreduktionen. Ein Fernsteuerungs-Mechanismus für Upgrades und die Behebung von Fehlern sollte ebenfalls integriert werden. Diese Fernsteuerung kann auf unterschiedlichen Protokoll-Ebenen implementiert werden. Die ideale Ausprägung von Wartbarkeit ist „Zero-Maintenance“. Alle Hardware- und Software-Komponenten müssen für Diagnose aus der Ferne und für die Selbst-Diagnose ausgelegt sein und dürfen keine manuelle Konfiguration erfordern, sondern müssen sofort nach Inbetriebnahme funktionieren.

Zuverlässigkeit: Jedes Versagen des Systems bedeutet ökonomische Verluste für eine oder mehrere Parteien. Daher muss das System hohen Anforderungen sowohl an Zuverlässigkeit als auch an Datensicherheit und Security genügen. Um die Anforderungen an Zuverlässigkeit zu erfüllen ist ein hohes Niveau an Dienst-, Software- und Hardware-Qualität erforderlich. Weiters muss das System in der Lage sein, Fehler zu erkennen und zu verarbeiten, aber auch die Wiederherstellung und Re-Integration fehlerhafter und reparierter Teile automatisch zu initiieren.

Security: Die Information, die über das Kommunikationssystem übertragen wird, ist die Basis für die Verrechnung. Daher muss das System Datenintegrität und IT-Security garantieren.

Neben den technischen Anforderungen muss vor allem auch der Kostenfaktor im Auge behalten werden, da alle Module eines Last-Management-Systems durch Kosten gesteuert werden. Um die erforderlichen Eigenschaften zu erreichen, muss das System basierend auf einer hochgradig verteilten Struktur und auf offenen Protokollen implementiert werden.

Es folgt die Bestandsaufnahme und Evaluierung verschiedener verfügbarer IT-, Kommunikations- und Automationstechnologien in Hinblick auf ihre mögliche Einsatzbarkeit als Komponenten des zu konzipierenden IRON Systems. Die wirtschaftlichen und sonstigen Anforderungen und Gegebenheiten spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie bilden den Rahmen, innerhalb dessen man sich beim Systemdesign bewegen kann. Insbesondere wird darauf eingegangen, dass das System, je nach Einsatzbereich, auch unterschiedlich an die verschiedenen, jeweils herrschenden „Umgebungs“-Bedingungen angepasst werden muss. Das führt zum Beispiel dazu, dass es je nach Einsatz-Segment aus verschiedenen Komponenten bestehend zusammengesetzt wird.

5.1.2 Einsatzbereiche/Zielgruppen

Wie sich aus der Anforderungsanalyse herauskristallisiert hat, soll sich das IRON System auf folgende Zielgruppen konzentrieren:

1. kleine und mittlere Unternehmen, kleine Industrie,
2. Gebäude,
3. Haushalte.
4. einzelne Anlagen (wie zum Beispiel Windkraftwerke).

Diese Einheiten stellen die höchste Ebene von „Knoten“ im IRON Netzwerk dar. Innerhalb solcher Knoten werden zur Kommunikation innerhalb des Objekts (Gebäude etc.) zusätzliche Netzwerke eingesetzt, um die einzelnen Teile (Sub-Knoten) der Knoten zu erreichen, wie z. B. mehrere relevante Verbraucher innerhalb des Knotens. Daher besteht das IRON Netzwerk aus:

- globaler Kommunikations-Infrastruktur und
- lokaler Kommunikations-Infrastruktur.

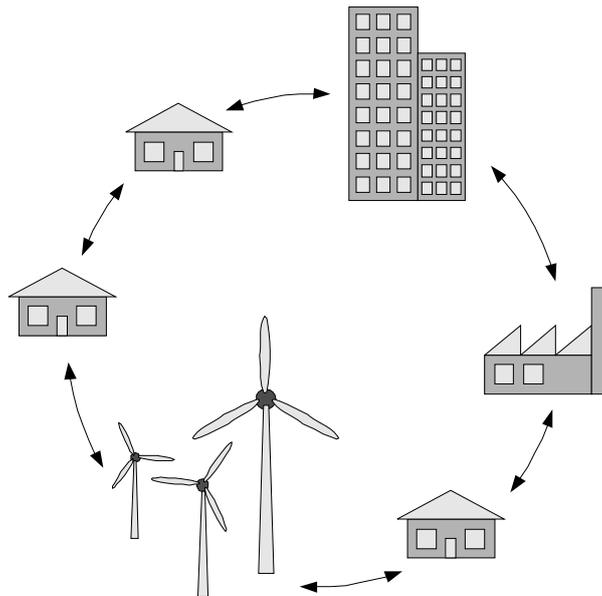


Abbildung 11: Knoten-Typen im IRON System, verbunden mit globaler Kommunikation.

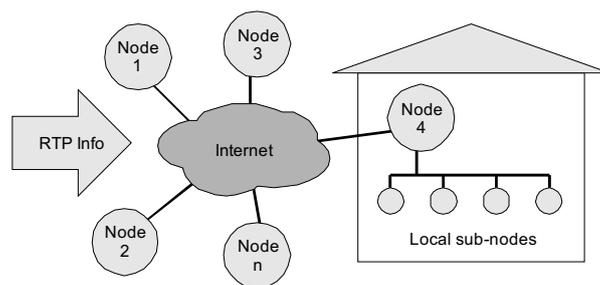


Abbildung 12: Verteilung von Echtzeit-Preissignalen, bis hinunter zu Sub-Knoten.

5.1.3 Globale Kommunikations-Infrastruktur

Für die globale Kommunikations-Infrastruktur bietet sich insbesondere das Internet an, welches einen De-Facto-Standard für die Vernetzung von geografisch verteilten Systemen darstellt. Laut Erhebungen der Statistik Austria [33] verfügten im zweiten Quartal 2004 40 % der österreichischen Haushalte über einen Internet-Zugang (wobei der Anteil bei größeren Haushalten etwas höher ist: 64 % bei Haushalten mit vier Personen gegenüber 24 % bei Ein-

Personen-Haushalten). Dieser Prozentsatz steigt jährlich um etwa 4-5 % der gesamten Haushalte. Von diesen Haushalten mit Internet-Zugang stiegen im zweiten Quartal 2004 57 % über eine Telefonleitung (Analog-Modem, ISDN) ein, während 36 % einen Breitband-Internet-Zugang (ADSL, UMTS, Kabelfernsehanschluss, Satellit) haben. Aufgrund der in der Studie skizzierten jährlichen Zuwachsraten (ca. 8 Prozentpunkte) ist davon auszugehen, dass Ende 2005 bereits knapp die Hälfte der Haushalte mit Internetzugang diesen über eine Breitband-Verbindung herstellen. Nachdem das IRON Netzwerk eine permanente Vernetzung voraussetzt, bedeutet das, dass zum jetzigen Zeitpunkt (Ende 2005) knapp ein Viertel der Haushalte über das Internet erreichbar wäre, drei Viertel der Haushalte blieben ausgeschlossen. Somit hat die Verbreitung von hochwertigen Internet-Anbindungen bereits einen Grad erreicht bzw. zeigt Steigerungsraten, die eine sinnvolle Anwendung im Rahmen von IRON erlauben.

Zwar wären andere Kommunikations-Möglichkeiten denkbar – etwa regelmäßige Modem-Verbindungen, GSM-Nachrichten oder Powerline-Kommunikation – aber diese führen zu zusätzlichen Kosten, die insbesondere im Einsatzsegment Privat-Haushalt nicht akzeptabel sind. Da Internet-Verbindungen mittlerweile sehr weit verbreitet sind, kann davon ausgegangen werden, dass bei dem Ziel-Objekt eine Internet-Verbindung verfügbar ist bzw. einfach hergestellt werden kann. Da auch die oben genannten alternativen Technologien verwendet werden können, um Internet-Verbindungen herzustellen, stellt dies eine besonders universelle Lösung dar, die auf verschiedenen Technologien aufsetzen kann.

Der wesentlich Nachteil dieses Ansatzes (Verwendung des Internets zur Kommunikation zwischen den Knoten und einem Netzbetreiber bzw. zwischen den Knoten untereinander) ist die nicht garantierte Verfügbarkeit der Internet-Anbindung bzw. die Möglichkeit des Ausfalls bzw. der Überlastung von Teilen der Internet-Infrastruktur (Router, DNS-Server etc.). Nicht zuletzt deshalb muss das System darauf ausgelegt sein, auch ohne vorhandene Netzwerk-Anbindung zu funktionieren (in diesem Fall wäre natürlich nur ein eingeschränkter Betrieb möglich, in dem die speziellen Optimierungsmöglichkeiten nicht bzw. nur eingeschränkt zur Verfügung stehen).

5.1.4 Lokale Kommunikations-Infrastruktur

Das lokale Netzwerk innerhalb des Hauses bzw. Objekts, also die Kommunikations-Infrastruktur zwischen dem IRON Knoten und dessen Sub-Knoten wie Verbrauchern und Zählern, unterscheidet sich für verschiedene Typen von Knoten.

Große Industrie-Betriebe verfügen üblicherweise bereits über ein eigenes Energie-Management-System, oft in Verbindung mit eigenen Energie-Erzeugungs-Anlagen, bzw. ggf. auch über ein Portfolio-Management für Einkäufe auf der Strom-Börse. Daher werden diese Betriebe (zumindest im ersten Schritt) nicht als Zielgruppe für das IRON Projekt betrachtet.

Kleine und mittlere Unternehmen bzw. kleine Industrie-Betriebe wie etwa Bäckereien oder Tischlereien erfordern ein robustes industrielles Design, was zu Embedded Systems für Hut-Schienen-Montage führt. Die lokale Kommunikation muss EMV-sicher, robust und zuverlässig

sig sein. Der Verbrauch von Energie, insbesondere Spitzenlast-Energie, verursacht signifikante Kosten, da solche Betriebe oft spezielle Verträge mit den EVUs haben, die Lastspitzen bestrafen. Aus diesem Grund verfügen diese Betriebe oft bereits über einen Maximum-Wächter. Allerdings sind diese Geräte nicht mit einem globalen Optimierungs-System wie dem IRON System verbunden. Der IRON-Knoten muss mit jedem existierendem Maximum-Wächter-System kommunizieren können. Andere relevante Verbraucher müssen auch in das lokale Netzwerk integriert werden.

Das zweite Kunden-Szenario, große Gebäude (wie Bürogebäude und Zweckbauten), ist ähnlich zu kleinen Industrie-Betrieben. Robuste Embedded Systems, auf Schienen und in Schaltschränken montiert, sind Standard in der Gebäudeautomation. Moderne Gebäude sind mit einem Gebäudeautomations- und Gebäudeleit-System (BACS: Building Automation and Control System) ausgestattet, das Heizung, Lüftung, Klima-Anlagen, Sonnenblenden und andere Einrichtungen innerhalb des Gebäudes steuert und mitunter sogar funktional verbindet. Ein derartiges BACS muss in das IRON System integriert werden, da viele wichtige Verbraucher und virtuelle Energiespeicher über das BACS erreichbar sind. Es ist sinnvoll, das BACS um Teile und Geräte zu erweitern, die für das IRON System relevant sind, aber ursprünglich nicht durch das BACS verknüpft waren.

Private Haushalte stellen das schwierigste Szenario dar. Die zu erwartenden Einsparungen pro Knoten sind relativ gering. Andererseits ergibt die große Anzahl an Knoten insgesamt einen sehr großen Effekt. Bei einem typischen Haushalt geht man von einem Jahresverbrauch von ca. 3500 kWh aus (Angaben laut Homepage E-Control, in diversen Interviews wurde dieselbe Zahl genannt), kleine Single-Haushalte liegen bei etwa einem Viertel davon. Daraus ergeben sich bei den derzeitigen Energiepreisen Kosten im Bereich von 450-600 EUR für einen durchschnittlichen Haushalt (inkl. Netz, Steuern und Abgaben), in kleinen Haushalten deutlich weniger. Die Ausgaben für elektrische Energie sind somit im Vergleich zu anderen Ausgaben (etwa Telefonie oder Kommunikation im Allgemeinen) relativ gering. Daher ist auch die Bereitschaft zu einer Änderung des Vertragspartners relativ gering, insbesondere wenn der Wechsel mit zusätzlichem Installationsaufwand verbunden ist. Somit müsste die mögliche Ersparnis schon signifikant sein, damit ein System für den Kunden interessant wird. Daher ist es besonders wichtig, die Kosten soweit wie möglich zu reduzieren, weshalb Geräte, wie sie in großen Gebäuden verwendet werden, nicht in Frage kommen. Das IRON System wird hier existierende Kommunikations-Infrastruktur nutzen. Ein existierender Personal Computer (PC), der mit dem Internet verbunden ist und mit Bluetooth oder Universal Serial Bus (USB) ausgestattet ist, kann als Verbindung zwischen dem IRON Netzwerk im Internet und den Verbrauchern im Haus verwendet werden, die über ein (möglicherweise drahtloses [17]) Protokoll verbunden werden. Dieser Knoten kann selbstverständlich nur dann Teil des IRON Systems sein, wenn der PC in Betrieb und mit dem Internet verbunden ist. „Intelligente“ Energie kann daher nur während dieser Zeiten bezogen werden. In der übrigen Zeit wird Energie auf die konventionelle („unintelligente“) Art bezogen.

Einzelanlagen im Energie-Verteilnetz sind Verbraucher wie Pump-Stationen oder Erzeuger wie Windkraftwerke. Diese Anlagen erfordern üblicherweise kein lokales Netzwerk. Daher

haben solche Knoten keine Sub-Knoten. Die technischen Anforderungen sind ähnlich zu kleinen Industrie-Betrieben.

5.1.5 Die „IRON-Box“ als Bindeglied zwischen globaler und lokaler Kommunikation

Als Bindeglied zwischen dem Anbindungspunkt an die Globalkommunikation und der lokal vorhandenen zu beeinflussenden Installation dient die „IRON Box“. Diese IRON-Box (d.h. die Hardware eines IRON Knotens) muss – zumindest im Heimbereich – ein preiswertes Gerät sein (Richtwert unter EUR 100), das einerseits mit einem PC verbunden ist und dessen Internet-Verbindung benutzt, um sich in das globale Optimierungs-Netzwerk zu integrieren, und das andererseits mit diversen Sub-Knoten mit den Energieverbrauchern im Haus verbunden ist. Eine Möglichkeit ist es, den Knoten in Form eines USB-Geräts zu implementieren, ähnlich zu den weit verbreiteten USB-Memory-Sticks. Eine andere Möglichkeit wäre ein Design als Bluetooth-Gerät. Jedenfalls muss es ein schlankes Embedded System sein, um den Preis niedrig halten zu können. Komplexe Rechenaufgaben müssen auf dem verbundenen PC, nicht auf der IRON-Box durchgeführt werden.

Im Bereich von Industrie/Unternehmen oder Gebäude-Automation kann die Funktionalität der IRON-Box in ein PC-ähnliches Gerät in einem robusten Gehäuse integriert werden, das mit irgendeiner der Möglichkeiten mit dem Internet verbunden wird. Das genaue Design hängt hauptsächlich vom Kommunikationssystem innerhalb des Gebäudes ab.

5.2 Evaluierung anwendbarere Technologien

5.2.1 Protokolle für die globale Kommunikation

Das System soll so verteilt wie möglich sein, und es gibt einige Anforderungen an die Protokolle, die für die Kommunikation zwischen der Liegenschaft des Kunden und dem globalen Management eingesetzt werden. Es muss berücksichtigt werden, dass es auch über Firewalls und Router mit Network Address Translation (NAT) funktionieren muss. Daher muss die Kommunikation immer vom lokalen Knoten aus initiiert werden, nicht vom globalen Management-System.

Eine Alternative, um dieses Problem zu umgehen, wäre die Verwendung einer separaten Modem- oder GSM/GPRS-Verbindung zum globalen Management. Allerdings hat diese Lösung den Nachteil zusätzlicher Kosten. Um Informationen vom globalen Management-System zu erhalten, wie etwa Preis-Signale oder gewünschte Lastgang-Kurven, und um Informationen an das globale Management zu übermitteln, wie erwartete Lastgang-Kurven oder Möglichkeiten zum Lastabwurf, kann das Protokoll HTTP verwendet werden. Dieses hat den Vorteil, dass es einfach zu implementieren ist und gut mit Proxies und Firewalls funktioniert. Um Netzwerk-Security sicherzustellen kann HTTP over SSL (HTTPS) verwendet werden.

Für viele Optimierungsaufgaben müssen die Knoten eventuell nicht nur mit dem zentralen Betreiber des Optimierungs-Netzes global kommunizieren, sondern auch mit anderen Knoten. Ein Beispiel dafür wäre der Fall, wo verschiedene Filialen einer Supermarkt-Kette ihre Verbräuche koordinieren sollen, um eine gewünschte Konzern-Lastgang-Kurve zu erreichen. Dafür ist ein Proxy notwendig, der aus dem Internet kontaktiert werden kann, weil die Knoten nur Verbindungen initiieren können, aber nicht direkt aus dem Internet kontaktiert werden können. Dieser Proxy kann der oben genannte Server des Betreibers sein, der Informationen, die er von einem Client empfangen hat, über HTTP den anderen zur Verfügung stellt. Ein anderer Ansatz ist es, Protokolle zu verwenden, die von diversen Peer-to-Peer Instant-Messaging-Systemen wie ICQ, KaZaA etc. verwendet werden. Dabei gibt es wiederum die Möglichkeit, dass die IRON-Knoten entweder die Infrastruktur dieser Netze direkt nutzen oder dass eine ähnliche Infrastruktur für IRON aufgebaut wird.

Im Privathaushalt kann die Kommunikation mit dem Betreiber des Systems nur über das Internet erfolgen, jede andere Form der Kommunikation, die einen zusätzlichen Kommunikationskanal erfordert (etwa regelmäßige Modem-Verbindungen, GSM-Nachrichten oder PowerLine-Kommunikation), wäre zu kostspielig. Daraus ergeben sich zwei Möglichkeiten für das Design eines Gerätes, das die Schnittstelle zwischen den Verbrauchern im Haushalt und dem Systembetreiber darstellt:

- Das Gerät wird an einen PC angeschlossen und kommuniziert über die Internetanbindung desselben mit dem Betreiber. Es kann sich dabei um eine Einsteckkarte für den PC (PCI) handeln, aber auch um eine extern, etwa über USB oder die serielle Schnittstelle, mit dem PC verbundene Einheit. Grundsätzlich sind viele mögliche Schnittstellen denkbar, aber USB scheint eine universelle und zeitgemäße Lösung zu sein.
- Wenn in dem Haushalt ein LAN verfügbar ist, so ist es natürlich auch möglich, dieses Gerät direkt an das Netzwerk anzuschließen. Dabei ergeben sich allerdings einige Problemstellungen. So muss dieses Gerät für das Netzwerk entsprechend konfiguriert werden. Wenn in dem Netzwerk ein DHCP-Server verfügbar ist, über den eine automatische Konfiguration erfolgt, so ist dies problemlos. Allerdings ist in vielen Heimnetzen eine manuelle Konfiguration notwendig.

Aufgrund der Problematik, dass im Falle der LAN-Anbindung die Konfiguration durch einen Laien eine Schwierigkeit darstellen kann, aber auch aus Kostengründen, wird für das IRON Projekt zumindest im Bereich des privaten Haushalts die Lösung eines mit einem vorhandenen PC zu koppelnden Gerätes gewählt.

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über untersuchte Netzwerk-Technologien. Zu beachten ist, dass die meisten Netzwerk-Technologien entweder direkt für die Kommunikation im IRON-Netzwerk eingesetzt werden können oder als Zugang zum Internet verwendet werden können, über das dann die IRON-Kommunikation abgewickelt werden kann. Insbesondere Breitband-Technologien wie ADSL werden in der Praxis sicher immer für einen Internet-Zugang eingesetzt werden, und IRON wird nur ein Zusatznutzen sein, der darauf auf-

baut; eine exklusive Verwendung für IRON wäre bei diesen Technologien nicht ökonomisch. Die angegebenen Kosten beziehen sich auf COTS (commercial off the shelf) Zugangshardware und geben nur einen sehr groben Anhaltspunkt für die Kosten einer Technologie. Die Angaben von Herstellern zu Datenraten und Kosten schwanken zum Teil erheblich, sodass die angegebenen Daten nur als grober Anhaltspunkt zu interpretieren sind. Diese Kosten stellen nur die Kosten für Endgeräte dar, Kosten für Infrastruktur (wie Verkabelung) fallen zusätzlich an. Verbindungsentgelte von Betreibern sind nicht berücksichtigt, weil davon ausgegangen wird, dass für das IRON-System spezielle Tarife mit den Betreibern ausgehandelt werden und daher die derzeitigen Gebühren wenig aussagekräftig sind.

Tabelle 2: Potentielle IRON Global-Kommunikationstechnologien im Vergleich

Protokoll	GSM	UMTS	Tetra	Analog-Modem
Medium	Mobilfunk	Mobilfunk	Bündelfunk	Telefonkabel
Datenrate (physikalisch)	9,6 kbit/s – 171,2 kbit/s	bis 6 Mbit/s	36 kbit/s	64 kbit/s
Datenrate (typisch)	9,6 kbit/s – 56 kbit/s	144 kbit/s – 2 Mbit/s	2,4 kbit/s – 28,8 kbit/s	bis 56 kbit/s
Technologien (Modulation, Frequenzspreizung)	GSMK, FHSS	QPSK, DS-CDMA	TT/4-DQPSK	je nach Protokoll
Kosten COTS-Endgeräte	150 EUR	150 EUR	nicht verfügbar	15 EUR

Tabelle 3: Potentielle IRON Global-Kommunikationstechnologien im Vergleich (forts.)

Protokoll	ISDN	ADSL	DLC-Schmalband	DLC-Breitband	Internet/IP
Medium	Telefonkabel	Telefonkabel	Powerline	Powerline	verschieden
Datenrate (physikalisch)	2 x 64 kbit/s	8 Mbit/s	7 kbit/s – 288 kbit/s	2 Mbit/s	je nach Technologie
Datenrate (typisch)	2 x 64 kbit/s	512 kbit/s – 786 kbit/s			je nach Technologie
Technologien (Modulation, Frequenzspreizung)	QAM	DMT, CAP	proprietär, OFDM	proprietär, OFDM	
Kosten COTS-Endgeräte	60 EUR	60 EUR	300 EUR		keine (existierende Infrastruktur)

5.2.2 Produkte und Konzepte für die lokale Kommunikation

Industrie und Gebäudekomplexe

Moderne Gebäude sind mit einem Gebäudeautomations- und Gebäudeleit-System (BACS: Building Automation and Control System) ausgestattet, das Heizung, Lüftung, Klima-

Anlagen, Sonnenblenden und andere Einrichtungen innerhalb des Gebäudes steuert und mitunter sogar funktional verbindet. Diese Systeme basieren auf Feldbus-Systemen wie LonWorks oder EIB. Auch im Bereich der Industrie werden Feldbusse zur Prozessautomatisierung eingesetzt, wobei hier teilweise andere Systeme eingesetzt werden, etwa Profibus.

Tabelle 4: Etablierte Feldbussysteme für die lokale Kommunikation in Industrie und Gebäudedekomplexen

Feldbus	LonWorks	EIB	Profibus	Interbus	CAN
Hersteller-Firma	Echelon	Siemens	Siemens	Phoenix Contact	Bosch
Haupt-Anwendungsgebiet	Gebäude-automation	Gebäude-automation	Prozess-automation	Fertigungstechnik	Fahrzeug-Technik, Prozess-automation
Übertragungsmedien	viele verschiedene	twisted Pair, Netzleitung, Koaxialkabel, Infrarot, Funk, Lichtwellenleiter	twisted Pair und andere	twisted Pair	twisted Pair
Zugriffs-Verfahren	p-persistent CSMA/CD	CSMA/CA	Master/Slave, Token Passing	Master/Slave	CSMA/CA

Privathaushalt

Wenn ein Feldbus-System verfügbar ist, wie ein BACS in großen Gebäuden, so kann dieses für die Gebäude-interne Kommunikation verwendet werden. Im Haushalts-Bereich ist es allerdings nicht möglich, eine eigene Infrastruktur für die Kommunikation zwischen der IRON-Box und ihren Sub-Knoten zu installieren. Daher kann für diesen Zweck nur eine Technologie verwendet werden, die entweder mit der existierenden Infrastruktur das Auslangen findet oder die überhaupt keine Infrastruktur erfordert.

Die Verwendung von Powerline-Kommunikation, die sich zu Nutze macht, dass sich offensichtlich jeder Sub-Knoten in der Nähe eines Zugangspunktes zum Strom-Netz befinden muss, wäre eine Möglichkeit. Aber aus verschiedenen Gründen, in Abhängigkeit von der Netz-Topologie und vorhandenen Störungseinflüssen, funktioniert Powerline-Kommunikation nicht in jeder Situation. Daher sollte das System so entworfen werden, dass zumindest ein alternatives Kommunikationsmedium genutzt werden kann. Eine offensichtliche Lösung stellen drahtlose Technologien dar, die insofern komplementär zu Powerline-Kommunikation sind, als es für beide zwar verschiedene Umstände gibt, unter denen sie nicht funktionieren, es aber oft so ist, dass das eine funktioniert, wenn das andere versagt und umgekehrt. (Selbstverständlich gibt es auch Fälle, in denen weder Powerline-Kommunikation noch drahtlose Technologien funktionieren.)

BlueTooth, das zur Kommunikation zwischen der IRON-Box und dem PC, der das Gateway ins Internet darstellt, eingesetzt werden kann, ist für diesen Zweck nicht geeignet, da seine Reichweite nur kurz ist und es auch für andere Einsatzzwecke entworfen wurde. Daher ist ein Protokoll wie ZigBee [37]. oder ein proprietäres Protokoll (vor allem aus Kostengründen)

geeigneter. Wenn ein proprietäres Protokoll zwar aus Kostengründen zu bevorzugen sein kann, so widerspricht es allerdings dem grundsätzlichen Projektziel, möglichst auf offenen Standards aufzubauen.

Aufgrund der im Abschnitt 5.1.3 dargelegten Überlegungen kann im Privathaushalt nicht davon ausgegangen werden, dass permanent eine Internet-Anbindung zur Verfügung steht. Daher muss das System dafür ausgelegt sein, auch tolerant gegenüber fehlender Verbindung zum Betreiber zu sein. Die Optimierungsmöglichkeiten sind dann zwar nur bei vorhandener Internet-Anbindung verfügbar, aber der Benutzer wird auch ohne diese keine Einschränkungen erfahren.

Für die Kommunikation mit den (Sub-)Knoten, die Verbrauchsdaten erfassen bzw. für die Beeinflussung der Verbraucher verwendet werden, ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- Werden diese (Sub-)Knoten direkt bei den Verbrauchern installiert, so ist aufgrund der Schwierigkeit, im Privathaushalt neue Leitungen zu installieren, eine Verwendung der bestehenden Infrastruktur zur Kommunikation notwendig. (Im Einzelfall mag die Neuinstallation von Leitungen kein Problem darstellen, für eine allgemein verwendbare Lösung kann man sich aber nicht darauf verlassen, dass die einzelnen Verbraucher mit einem Datenkabel erreicht werden können). Für die Verwendung bestehender Infrastruktur erscheinen zwei Technologien als Lösung möglich: Powerline- und Wireless-Kommunikation. Allerdings sind beide Technologien nicht universell einsetzbar, da Wireless-Kommunikation an abschirmenden Wänden und zu hohen Entfernungen scheitern kann, während Powerline-Kommunikation gewisse Ansprüche an die elektrische Verkabelung stellt und nicht immer zwischen beliebigen Steckdosen funktioniert. Powerline-Kommunikation ist insbesondere dann problematisch, wenn die Kommunikations-Partner an verschiedenen Phasen/Außenleitern hängen. Aus diesem Grund sind beide Technologien als komplementär zu betrachten. Sie sollten beide vorgesehen werden, damit je nach vorhandenen Möglichkeiten eine davon gewählt werden kann. In diesem Fall würde das zentrale Gerät, das mit dem Internet verbunden ist, direkt mit den einzelnen Knoten kommunizieren (über welche Technologie auch immer).
- Nachdem die größten Stromverbraucher im Haushalt in der Regel eine eigene Stromversorgungsleitung vom Sicherungskasten zum Verbraucher haben, besteht auch die Möglichkeit, den (Sub-)Knoten zur Datenerfassung und Beeinflussung im Sicherungskasten vorzusehen. Dadurch können die (Sub-)Knoten für mehrere Verbraucher in einem Gerät zusammengefasst werden, das für alle Verbraucher im Haushalt, die beobachtet bzw. beeinflusst werden, zuständig ist. Das zentrale Gerät hätte in diesem Fall nur mehr einen Kommunikationspartner, der alle Verbraucher repräsentiert. Der gravierende Nachteil dieses Ansatzes ist, dass der Sub-Knoten hier nur Verbraucher erfassen und die Energiezufuhr unterbrechen kann. In manchen Fällen (beispielsweise Kühlschrank) ist es jedoch wünschenswert, dass der Sub-Knoten den Zustand des Gerätes bei der Durchführung von Schalthandlungen berücksichtigt bzw. dieses Gerät über spezielle Signale in einen Stromsparmodes versetzt, ohne die

Stromzufuhr zu unterbrechen. In diesem Fall müsste der Sub-Knoten auf das Gerät angepasst werden und könnte möglicherweise sogar in das Gerät integriert werden. Daher ist der Ansatz, dass sich die Sub-Knoten direkt bei den Verbrauchern befinden gegenüber dem zentralen Ansatz der flexiblere und somit vorzuziehen.

Für Powerline-Kommunikation sind mehrere Transceiver am Markt erhältlich, etwa von Conexant der CX90010 (der auf der HomePlug-Technologie basiert), der TR-2A von dr.Tek (auf X-10-Technologie basierend), Lösungen von n-sine oder auch die Produkte von Adaptive Networks. Die Preise für derartige Transceiver sind leider nicht öffentlich zugänglich, sondern werden nur auf Anfrage bzw. unter NDA bekannt gegeben, jedoch deutet n-sine auf ihrer Homepage an, dass Preise in der Größenordnung von 5 \$/Gerät möglich sein könnten. Vom maxim-ic gibt es die Chips MAX2986 und MAX2980, mit denen eine HomePlug-kompatible Lösung zusammengestellt werden kann.

Für Wireless-Kommunikation bieten sich gemäß [7][12] Lösungen basierend auf Zigbee bzw. der Chip CC101 von Chipcon an. Der niedrige Stromverbrauch ist in diesem Fall kein Kriterium, da bei den Verbrauchern immer eine Stromversorgung verfügbar ist. Daher kommen auch die relativ teuren (ca. 40 EUR) Module von EnOcean nicht in Frage, deren Vorteil wäre, dass sie keine externe Stromversorgung benötigen. Es kommen jedoch Lösungen in Frage, die in [12] aufgrund des Stromverbrauchs ausgeschieden wurden, etwa WLAN-Module wie den MAX2820 von maxim-ic. Von Atmel sind Transceiver für ZigBee erhältlich (AT86RF210).

Die folgenden beiden Tabellen geben einen Überblick über mögliche Kommunikationstechnologien innerhalb eines Hauses. Der Vollständigkeit halber sind auch Kommunikationstechnologien über Telefonkabel angeführt. Interessanter sind aber jedenfalls jene Technologien, die auf Funk oder Powerline-Kommunikation basieren, weil damit die Erreichbarkeit der Geräte besser gegeben ist. Die angegebenen Preise für COTS (commercial off the shelf) Produkte sind nur ein sehr grober Anhaltspunkt für die Kosten der Technologie. Für die Massenproduktion von Embedded Systems sind sicher andere Preise möglich.

Tabelle 5: Übersicht über potentielle Kommunikations-Technologien innerhalb eines Hauses

Protokoll	HomePNA	VDSL	X-10	HomePlug	DECT	Funk proprietär
Medium	Telefonkabel	Telefonkabel	Powerline	Powerline	Funk	Funk
Datenrate (physikalisch)	1 Mbit/s – 128 Mbit/s	bis 52 Mbit/s	50-60 kbit/s	14 Mbit/s	1,152 Mbit/s	20 kbit/s
Datenrate (typisch)	einige Mbit/s	26 Mbit/s	50 kbit/s	einige Mbit/s	550 kbit/s	10 kbit/s
Technologien (Modulation, Frequenzspreizung)	FDQAM	DMT, QAM	OOK ASK	OFDM	GFSK, P/2-DBPSK, p/4-DQPSK, p/8-D8PSK	proprietär
Kosten COTS-Endgeräte	50-100 EUR	100 EUR	nicht verfügbar	50 EUR	80-100 EUR	50-150 EUR

Tabelle 6: Übersicht über potentielle Kommunikations-Technologien innerhalb eines Hauses (forts.)

Protokoll	IEEE 802.11	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	HiperLAN 2	IEEE 802.15.1 (Bluetooth)	IEEE 802.15.4, ZigBee
Medium	Funk	Funk	Funk	Funk	Funk	Funk	Funk
Datenrate (physikalisch)	2 Mbit/s	54 Mbit/s	11 Mbit/s	54 Mbit/s	54 Mbit/s	1 Mbit/s	250 kbit/s
Datenrate (typisch)	1,2 Mbit/s	31 Mbit/s	6 Mbit/s	22 Mbit/s	31 Mbit/s	600 kbit/s	150 kbit/s
Technologien (Modulation, Frequenzspreizung)	BPSK, QPSK, 2/4-Level-GFSK, FHSS, DSSS	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK, QPSK, CCK, DSSS	BPSK, QPSK, OFDM, DSSS	BPSK, QPSK, OFDM	GFSK, FHSS	BPSK, O-QPSK, DSSS
Kosten COTS-Endgeräte	20-50 EUR	100 EUR	20-50 EUR	100 EUR	nicht verfügbar	20-50 EUR	nicht verfügbar

Die folgenden Tabellen listet eine Auswahl untersuchter Transceiver-Chips für verschiedene Technologien auf. Weitere technische Details, die sich aufgrund der Individualität der einzelnen Lösungen nicht einheitlich darstellen lassen, können den Datenblättern entnommen werden. Wie bei Halbleiterbausteinen üblich, hängen die Preise sehr stark von der Stückzahl ab. Für gängige Funk-Transceiver liegen sie für große Stückzahlen (ab 1000 Stück) unter 5 EUR, wobei die Bausteine für Powerline-Kommunikation etwas teurer sind als jene für Funk-Übertragung.

Tabelle 7: Übersicht Transceiver-Bausteine für Funk und Powerline Kommunikation

Chip	CX90010	TR-2A	MAX2986, MAX2980	CC101	MAX2820
Hersteller	Conexant	dr.Tek	maxim-ic	Chipcon	maxim-ic
Technologie	HomePlug	X-10	HomePlug	proprietär Funk	IEEE 802.11b

Chip	AT86RF210	MC13191, MC13192, MC13193	EM2420		
Hersteller	Atmel	Freescale	Ember		
Technologie	ZigBee	IEEE 802.15.4/ ZigBee	IEEE 802.15.4/ ZigBee		

5.3 Zukünftige Konzeptrealisierung und Konzepttest

Für alle Abschnitte der technischen IRON-Umsetzung stehen unterschiedliche vorhandene Lösungen zur Verfügung, d.h. sowohl für die Realisierung der globalen als auch der lokalen Kommunikation. Wie in Kapitel 5.2.2 gezeigt, sind dies im Bereich der lokalen Kommunikation insbesondere Lösungen auf Feldbusbasis, die bei Industrie- und Gebäudeautomatisierung bereits den aktuellen Stand der Technik repräsentieren. Hier handelt es sich um ausgereifte Produkte, die aufgrund Ihrer Konzeption und Zielrichtung jedoch auch nur für Industrie- und Gewerbekunden preislich in Frage kommen. Die im Bereich des Privathaushaltes existierenden Lösungen hingegen haben keinen fertigen Produktcharakter sondern liegen in Form von Hardwarebestandteilen wie Modulen oder integrierten Schaltungen vor. Ein Kompromiss zwischen diesen beiden Polen existiert nicht. Gleichzeitig ist die Anzahl möglicher Lösungen und Lösungsvarianten sehr groß.

Die von den verfügbaren Technologien ermittelten Kenndaten stellen die Entscheidungsgrundlage für den Systementwurf dar. Die Auswahl einiger weniger geeigneter Varianten aus der oben beschriebenen Lösungsvielfalt muss dann anhand der Rahmenbedingungen geschehen, welche vom konkret zu implementierenden Marktmodell bestimmt werden (siehe Kapitel 4.1.34.2 und 4.24.3). Für das dort beschriebene makroökonomische Marktmodell, in welchem der Kunde durch on-line-pricing zu flexiblerem Verbrauch bewegt wird, ist beispielsweise nur eine unidirektionale Kommunikation (Preis-broadcast) vonnöten. Andere Ansätze bedürfen hingegen der Rückmeldung vom Endverbraucher. Die konkreten Anforderungen an gerichtete Bandbreite sowie Latenz der Übertragung variieren sehr stark.

Für einen konkreten Test des Zusammenspiels der einzelnen Komponenten ist es aufgrund der oben genannten Umstände aus Sicht des Projektteams noch zu früh. Ein breit angelegter Eignungstest würde einerseits im Bereich der Feldbusse zu keinen neuen Erkenntnissen führen, andererseits im Bereich der Privathaushaltlösung zu einer den Rahmen des Projekts sprengenden Anzahl von dezidierten Hardwareentwicklungen führen. Die Wahl einer einzelnen repräsentativen Implementationsvariante hingegen käme einer frühen Festlegung auf Grundlage willkürlicher Entscheidungen gleich.

Im Hinblick auf einen Feldversuch im Rahmen eines Folgeprojekts gewinnt hier ein Aspekt der Öffentlichkeitsarbeit, nämlich die Suche nach einem geeigneten Partner für einen zukünftigen Feldversuch, besondere Bedeutung. Erst die konkrete Wahl eines solchen Partners mit der damit verbundenen Festlegung auf eine spezifische Region und einen spezifischen Mix aus Zielbranchen erlaubt es, ein konkretes Umsetzungsmodell aus der Menge der möglichen Alternativen begründet auszuwählen. Hierbei wird die Erfahrung des zukünftigen Partners sicherlich auch eine Rolle spielen. Die Struktur, Technologie und die verwendeten Interfaces werden sich (aus Kostengründen) nach vorhandenen Systemen richten müssen. Der Suche nach einem geeigneten Projektpartner (Stromversorger), der geeignete Zielobjekte (Installationen, Kunden) für einen Feldversuch bieten kann, wird daher gegenüber dem Test einer willkürlichen Lösungsvariante priorisiert.

5.4 Ergebnisse des Netzwerks Energie und Kommunikation

Mit dem Institut für Computertechnik und der Firma Envidatec GmbH sind zwei der IRON Partner auch Mitglied im thematischen Netzwerk Energie und Kommunikation. Die Aktivitäten anderer Partner dieses Netzwerkes haben zu Ergebnissen geführt, die für den IRON Zusammenhang, insbesondere auch für den Themenbereich der Machbarkeit, relevant sind.

Ziel dieses vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts Netzwerk Energie und Kommunikation ist die Vernetzung von Hochschuleinrichtungen, Unternehmen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet Energie- und Kommunikationstechnologie.



Das Netzwerk EuK ist in vier Arbeitsgruppen gegliedert, wobei die IRON Partner in den Arbeitsgruppen 2 (Kommunikationsstrukturen und Kommunikationstechniken) und 4 (Informationsmanagement) engagiert sind. Die 15 Partner des Netzwerkes sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

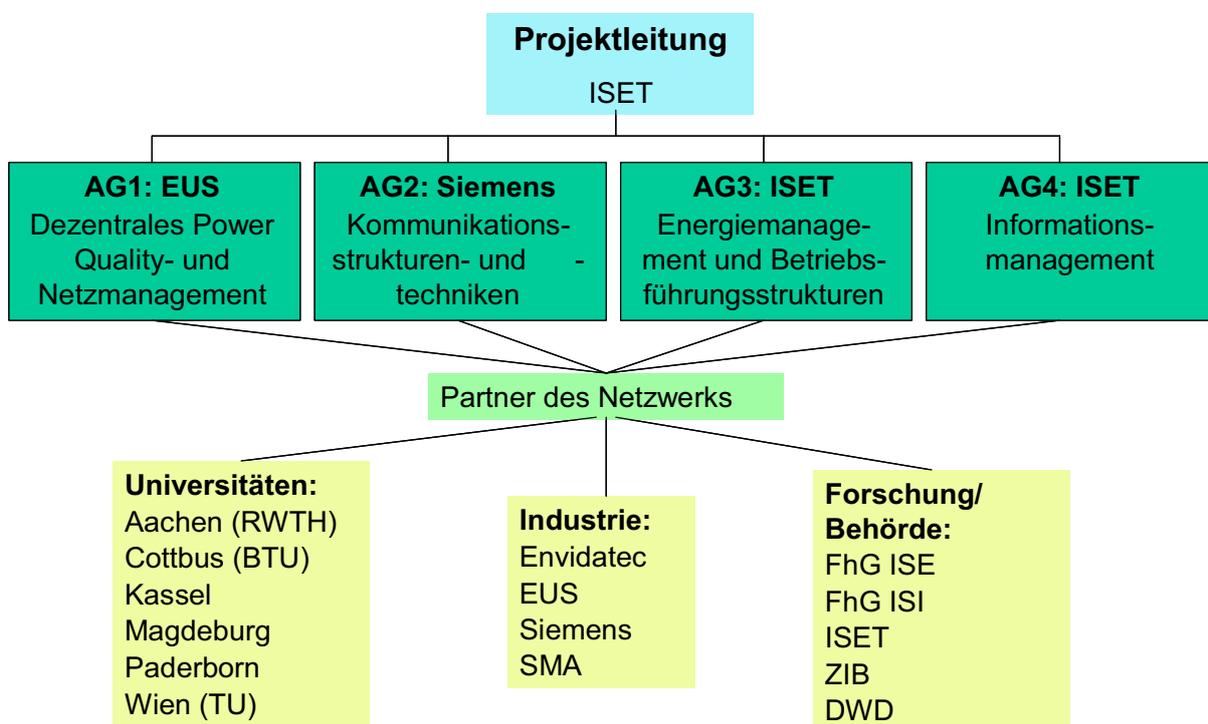


Abbildung 13: Struktur des Netzwerks Energie und Kommunikation

Das Thema ist die Optimierung des Einsatzes dezentraler Energieversorgungssysteme durch Einbindung moderner Kommunikationstechniken. Das Netzwerk wurde gegründet, da unter anderem aufgrund der Liberalisierung des Strommarktes ein zunehmender Wandel des Stromnetzes, das traditionell mit verhältnismäßig wenigen zentralen, großen Kraftwerken die

Stromversorgung sicherstellte, hin zu einem Netz mit verstärkt dezentraler Stromerzeugung mit vielen verteilten, kleinen Stromerzeugungseinheiten, insbesondere auch unter Verwendung erneuerbarer Energiequellen und mit erhöhter Volatilität, zu beobachten ist.

EU-weit sollen bis 2010 22 % der elektrischen Energie aus erneuerbaren Energiequellen stammen und 18 % aus Kraft-Wärme-Kopplung, insgesamt also im Durchschnitt 40 % der elektrischen Energie aus erneuerbarer und verteilter Erzeugung stammen. Da dies ein durchschnittlicher Wert ist, muss aufgrund des fluktuierenden Angebots dieser Energie der maximale Leistungsanteil an der Spitzenleistung deutlich höher liegen (60 %). Daraus folgt, dass im Maximum der erneuerbaren und verteilten Erzeugung (etwa bei starkem Wind, hohem Wärmebedarf bei Kraft-Wärme-Kopplung etc.) und schwacher Last sogar ein Überangebot an elektrischer Energie aus diesen Anlagen vorliegt. Daher können diese Anlagen in Zukunft nicht mehr je nach Verfügbarkeit und unabhängig von der Last einspeisen, sondern müssen wie konventionelle Kraftwerke in einen Regelungsprozess eingebunden werden [2]. Dieser Umstand macht ein höheres Maß an Kommunikation notwendig, welche sowohl die Verbraucher- als auch die Erzeugerseite mit umfasst.

Für die Untersuchungen im Netzwerk wurde ein Beispielnetz definiert, das einen Strang eines 10-kV-Mittelspannungsnetzes mit 5 Ortsnetzstationen darstellt. In dieses Netz speist eine Windkraftanlage ein, die Ortsnetzstationen speisen in verschiedene Netze, wie ein Industrienetz, Netze mit gewerblichen Abnehmern und ein Netz mit landwirtschaftlichen Abnehmern, ein. Auch Haushalts-Brennstoffzellen und Photovoltaikanlagen sind vorgesehen. Alle Szenarien, Modelle und Simulationen basieren auf diesem Beispielnetz[2]. Im Zuge der Arbeiten im Netzwerk wurden unter anderem bereits verschiedene mögliche Kommunikationsmedien evaluiert (bzw. werden zum Zeitpunkt dieser Berichtlegung evaluiert) und verschiedene Kommunikationsstandards untersucht. Das Netzwerk ist auch in den relevanten Standardisierungsgremien vertreten und versucht dort eine Konsistenz der verschiedenen Normen sicherzustellen.

6 Wege zur Umsetzung

Die Entwicklung einer neuen Technologie alleine genügt nicht. Man muss sich auch intensiv damit befassen, wie man auch deren Umsetzung in die Wege leiten kann.

Zu Beginn dieses Kapitels werden daher verschiedene Szenarien analysiert, die zu einer Initiierung des IRON Systems führen können. Im Anschluss daran folgt eine Auflistung der verschiedenen Risiken der innovativen Infrastruktur zusammen mit den entsprechenden Antworten darauf, wie man diesen am Besten begegnen kann. Ein kurzer Blick in die Programme der EU zu Versorgungssicherheit und Energieeffizienz betont noch einmal die Dringlichkeit des Handels und die Aufforderung, dabei auch verstärkt die Verbraucherseite mit einzubeziehen. Das Kapitel schließt mit einer Beschreibung der im Rahmen der Projektlaufzeit von IRON Study durchgeführten Öffentlichkeits- und Bewusstseinsbildungsarbeit.

6.1 Markteinstiegs-Szenarien

Die Vielzahl der einzelnen Teilnehmer am Strommarkt und ihre unterschiedlichen Interessen werfen eine Reihe von organisatorischen und infrastrukturellen Fragen auf, wenn es gilt, ein *integrales* System für den Energiesektor zu entwickeln. Die Installation, der Betrieb und die Wartung eines solchen integralen Systems sind aber genau die Ziele des Projekts IRON. Viele verschiedene Einzelinteressen müssen effizient miteinander verbunden und unter einen Hut gebracht werden.

Eine Schlussfolgerung aus den durchgeführten wirtschaftlichen Betrachtungen ist, dass manche Erzeuger von elektrischer Energie Programmen zur Lastverlagerung, einem Hauptansatzpunkt des IRON Systems, vielleicht widerstrebend gegenüber stehen. Sie wollen in erster Linie möglichst viel Energie möglichst teuer verkaufen⁷. Was das auf uns zukommende *Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage* betrifft, so hängen sie dem „alten“ Gedanken an, dass dieses ausschließlich durch den Bau neuer Kapazitäten abgedeckt werden könne. Aus den genannten Gründen wurden Erzeuger daher als Initiatoren für das IRON System eher nicht in Erwägung gezogen.

Für den erfolgreichen Einstieg einer IRON Applikation am Markt müssen jene Akteure identifiziert werden, die sich den größten, unmittelbar mit Hilfe des Systems lukrierbaren Vorteil erwarten – und das auch schon unter den herrschenden Rahmenbedingungen. Im Rahmen

⁷ Es ist zwar nicht gesagt, und durchaus plausibel argumentierbar (s. 4.3.3), dass auch Erzeuger, unter Berücksichtigung *aller* Faktoren, Vorteile aus dem IRON System beziehen könnten. Die dezentrale Erzeugung ist hier sowieso ausgenommen, da für sie das IRON System auf jeden Fall von Vorteil ist, jedenfalls bei einer langfristigen (von der jetzigen Fördersituation abgekoppelten) Betrachtungsweise.

der Studie wurden dabei mehrere Szenarien für die Initiation des IRON Systems herausgearbeitet.

6.1.1 Private Betreibergesellschaft

Im ersten Szenario könnte eine eigene, private Betreibergesellschaft gegründet werden, die sich um die Installation, Wartung, Verwaltung und Verrechnung des Systems kümmert. Die Beteiligung von Stromverbrauchern an dem Programm würde auf freiwilliger Basis erfolgen: Für Kunden wirkt der Systembetreiber wie ein Stromlieferant, der aber Strom mit zeitabhängigen Preisen verkauft. Jeder Kunde, der an diesem System aktiv teilnimmt („eingelogg“ wäre), könnte durch den gezielten Abwurf flexibler Lasten (Kühlgeräte, Waschmaschinen, Produktionsmaschinen, etc.) Einsparungen erzielen und unter Umständen zusätzlich mit einem Bonus belohnt werden.

Dieser Betreiber muss seinen Strom natürlich selbst auch beziehen. Durch seine große Bezugsmenge und seinen relativ gleichmäßigen Verbrauch (Demand-Side-Management) wird er besonders günstige Konditionen erhalten. Er kann den Strom aus diversen mittel- bis längerfristigen Verträgen beziehen, oder aber auch aus dem Großhandel. Im letzteren Fall wäre er den dort herrschenden Marktpreisen unterworfen. Der von ihm erzielte Gewinn sollte zum Teil an den Kunden weitergegeben werden. Das Risiko läge in erster Linie beim Betreiber, der es jedoch durch geeignete Maßnahmen mit seinen Kunden teilen könnte.

Die Probleme dieses Szenarios liegen darin, eine genügend große Anzahl von Verbrauchern zu finden, die an dem Programm teilnehmen wollen. Hier kann es zunächst zu Effizienzproblemen kommen. Man benötigt gewisse Kapitalreserven, um die Anfangsphase, in der auch ein Großteil der Investitionen fällig wird, erfolgreich zu überdauern. Hinzu kommen die Kosten für das Anwerben von Kunden. Auch die kostengünstige Bereitstellung der notwendigen Hardware erfordert möglicherweise bestimmte Stückzahlen. Hier ist eine rigide Effizienzberechnung notwendig, die im Detail aber erst an einem konkreten Prototyp-System erfolgen kann.

6.1.2 Netz- und Systemdienstleister

Das zweite Szenario setzt im Bereich der Netz- und Systemdienstleister an. Diese könnten vom IRON System, wie in Kapitel 4.3.2 schon näher ausgeführt, vielfachen Nutzen ziehen. Sie sind auch relativ unzufrieden mit ihrer momentanen eher passiven Rolle und ihren eingeschränkten unternehmerischen Möglichkeiten, bei all den Aufgaben die sie gleichzeitig erfüllen sollen. Was die Beeinflussung der Lasten betrifft, so besitzen sie ein großes Interesse daran. Zusätzlich wünschen sie sich ein größeres Service-Portfolio, das sie ihren Kunden anbieten können. Ihr Vorteil gegenüber unabhängigen Betreibern bei der Initiierung einer IRON Applikation wäre, dass sie schon etablierte Teilnehmer am Markt sind, dementsprechend Kontakte zu Kunden besitzen und eine große Erfahrung über das Elektrizitätssystem besitzen.

Ein wesentlicher Vorteil gegenüber dem ersten Szenario wäre, dass man hier von vornherein mit einer viel größeren Anzahl von teilnehmenden Verbrauchern rechnen könnte. Das Optimierungssystem würde seine volle Effizienz schneller entfalten und eventuelle „Kinderkrankheiten“ könnten leichter korrigiert werden. Der Zwang zur Erzielung kurzfristiger Profite wäre geringer, was wiederum die Wahrscheinlichkeit erhöhen würde, dass das neuartige System genügend Zeit bekommt, um sich langfristig zu etablieren.

Diese Betreiber-Variante könnte auch eher mit Unterstützung von rechtlich-regulatorischer Stelle rechnen. Die informationstechnische Aufwertung, die ein IRON Netzwerk der Energieversorgung bringen würde, wäre schließlich von beträchtlichem volkswirtschaftlichem Nutzen. Daraus ergäbe sich ein zusätzlicher Vorteil dieses Szenarios, nämlich, dass es hier auch zu einer Abstimmung des neuen Systems mit anderen energiepolitischen Maßnahmen kommen könnte. Als Beispiele seien die CO₂-Emissionsrichtlinie und das Ökostromgesetz angeführt. Die europaweite Ausweitung und Einbettung des Programms könnte ebenfalls leichter vonstatten gehen.

6.1.3 Einbettung in energiewirtschaftliches Regelwerk

Das Thema wurde im vorigen Kapitel schon angesprochen und soll in seinen Möglichkeiten hier noch weiter ausgeführt werden. Die Einführung neuer Methoden in freie, deregulierte Märkte bedarf oftmals einer initial regulierenden Kraft. Analog zur Ökobilanzgruppe ist es im Fall von „intelligenten“ Teilnehmern, wie sie das IRON System anbieten soll, vielleicht notwendig, ein eigenes energiewirtschaftliches Konstrukt zu schaffen.

Die Teilnehmer des IRON Systems bieten einerseits wertvolle (letztendlich in Geld messbare) Information an bzw. sind aktive, kooperative Teilnehmer im Netzbetrieb. Der damit erwirtschaftete Vorteil kann unter Umständen am einfachsten durch eine eigene Bilanzgruppe oder ein vergleichbares Konstrukt erschlossen werden. Endziel des IRON Systems ist zwar eine frei gestaltbare, weil innerlich flach organisierte Gesellschaft von Teilnehmern, die sich beliebig gruppieren können. Für die erstmalige Einbettung in das existierende Energiewirtschaftssystem ist aber eine Bilanzgruppen-ähnliche Zusammenfassung durchaus denkbar.

6.2 Risiken

Das Projekt weist weit in die Zukunft der Handhabung der Ressource Energie und ist daher einigen Unsicherheiten ausgesetzt, die den Erfolg der Idee gefährden könnten. Es folgt eine kurze Zusammenstellung.

Technische Risiken

Tabelle 8: Technische Risiken und Gegenmaßnahmen

<i>Risiko</i>	<i>Antwort</i>
Eine der verwendeten Strategien ist es, aus Kostengründen Produkte und Technologien aus der „Consumer Electronics“ zu verwenden. Die Qualität und Zuverlässigkeit der gewählten Komponenten entspricht nicht dem Standard, der in der Energietechnik jahrzehntelang gelebt wurde und wird.	Dieses Vorgehensweise ist – aus ähnlichen Motiven – auch in der Automobil und Luftfahrttechnik anzutreffen. Dort wurde das Problem gelöst: durch intelligentes Kombinieren von billigen Komponenten kann eine höhere Qualität erzielt werden, als durch teure Komponenten.
Die technische Infrastruktur der globalen Kommunikation ist das Internet, ein Netzwerk das nicht dafür ausgelegt ist, Steueraufgaben in Echtzeit abzuwickeln.	Die zur Zeit boomende Voice-over-IP Technologie stand technologisch vor demselben Problem. Durch den Einsatz von RTP (Real-Time Transport Protocol) und anderen Innovationen wurde dieses Problem in den Griff bekommen.
Die Verfügbarkeit der Infrastruktur (Server, Kommunikation, etc.) ist nicht ausreichend, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.	Die Verfügbarkeit der Komponenten wird durch Redundanzen bzw. selbstheilende und fehlertolerante Architekturen erhöht. Zusätzlich wird eine „Fail-Safe Policy“ vorgesehen, die für Komplettausfälle einen sicheren Zustand definiert.

Organisatorische Risiken

Tabelle 9: Organisatorische Risiken und Gegenmaßnahmen

<i>Risiko</i>	<i>Antwort</i>
Die wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen im Projekt bedingen einander und führen dadurch zu einer hohen Komplexität, die es erschwert Entscheidungen zu treffen.	Die Vorgehensweise im Projekt ist klassisch Markt-getrieben. Die Iteration zwischen wirtschaftlichen Auswirkungen technischer Entscheidungen und technischen Anforderungen wirtschaftlicher Notwendigkeiten erfordert eine intensive Kommunikation und Synchronisierung der Projektpartner.
Das Konsortium ist geographisch zu weit verteilt.	Wie in anderen Projekten auch wird häufiges Teleconferencing per Internet vieles erleichtern. Die Notwendigkeit, regelmäßige Workshops mit Anwesenheit aller Partner zu veranstalten, wird dadurch aber nicht eliminiert. Zudem ist 90% des Konsortiums in Nord-Ost Österreich angesiedelt.

Weitere Risiken

Tabelle 10: Rechtliche und volkswirtschaftliche Risiken

<i>Risiko</i>	<i>Antwort</i>
Rechtliche oder regulatorische (Energie, Telecom etc.) Gründe könnten den Einsatz eines solchen Systems verhindern. Die aktuelle Rechtslage ist für Systeme einer solch verteilten und verbreiteten Art nicht ausgelegt.	Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind ein Aspekt der detailliert geklärt werden muss. Wenn das System ökonomisch und ökologisch seinen Sinn unter Beweis stellt, ist zu erwarten, dass rechtliche Barrieren abgebaut werden, wie es schon bei der Einführung der Modems, des GSM oder anderen technologischen Innovationen passiert ist.
Die Energiepreise könnten so weit fallen, dass das System seinen marktwirtschaftlichen Sinn verliert.	Die einhellige Meinung aller Experten weist in einen erhöhten Energiebedarf. Erzeugungs- und Verteilkapazitäten werden also knapp, der Preis wird dadurch kaum sinken, was der Trend der letzten Jahre bestätigt.
Dem drohenden Engpass in der Energieversorgung kann in 15 Jahren mit einem politischen Kurswechsel hin zu einer zentralistischen Energieversorgung (z. B. mit Atomkraftwerken neueren Typs) begegnet werden.	Nur durch den praktischen Beweis der Konkurrenzfähigkeit dezentraler Systeme kann verhindert werden, dass veraltete Konzepte wiederbelebt werden. Das System muss durch höhere Zuverlässigkeit und Flexibilität seine Überlegenheit gegenüber zentralistischen Lösungen beweisen.

6.3 Energieeffizienz und Versorgungssicherheit – Programme der EU

Auch auf der Ebene der Europäischen Union macht man sich Gedanken darüber, wie die zukünftige Energieversorgung Europas am besten sichergestellt werden kann. Die Verringerung von Abhängigkeiten, der schonende Umgang mit Ressourcen und die Klimaproblematik stellen dabei wesentliche Faktoren dar. Einen wichtigen Stellenwert nehmen dabei die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger und die Steigerung der Energieeffizienz bestehender Systeme ein.

Im Grünbuch [38] werden die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, für die Erhaltung des Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage zu sorgen. Ebenso werden Ansätze für eine Strategie des rationellen Energieeinsatzes gefordert.

Die Kommission will damit Folgendes erreichen:

- auf das vorhandene wirtschaftliche Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz einerseits und die einschlägigen Investitionshindernisse andererseits hinweisen,
- die bisher verfolgten Strategien analysieren,
- die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen auf gemeinschaftlicher, einzelstaatlicher und regionaler Ebene hervorheben,

- einen detaillierten Aktionsplan in Gang bringen,
- den Boden für gemeinsame Strategien und Aktionen bereiten, die angesichts der in Kyoto eingegangenen Verpflichtungen erforderlich sind.

Nach Schätzungen beläuft sich das verfügbare Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum von 1998 bis 2010 für alle Industriezweige zusammen auf rund 18 % des jährlichen Endenergieverbrauchs des Jahres 1995.

Dieses wirtschaftlich erzielbare Potential wird jedoch nicht genügend ausgeschöpft. Weiterhin gibt es Hindernisse, welche Investitionen in die Energieeffizienz entgegenstehen.

Schließlich wird in der Mitteilung hervorgehoben, dass alle Entscheidungsträger und Interessensgruppen unmissverständlich deutlich machen müssen, dass sie der Energieeffizienz große Bedeutung beimessen. Außerdem sind neben einer Strategie auf Gemeinschaftsebene nationale Strategien der Mitgliedstaaten erforderlich.

6.4 Verwertung der Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden zwei öffentliche Workshops abgehalten.

Ein Projektpräsentationsworkshop fand am 17. Juni 2005 statt. Dieser Workshop diente der Präsentation erster Ergebnisse des Projekts. Insbesondere stand die technische Konzeption der geplanten Optimierungsinfrastruktur im Mittelpunkt. Es wurde aber auch auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie die notwendigen Folgeschritte in Richtung Umsetzung eingegangen. Zielgruppe dieses Workshops waren Netzbetreiber, Energieversorger inklusive dezentraler Erzeuger, am Energiesystem interessierte Vertreter öffentlicher und privater Organisationen etc.

Vom Umfang her war dieser Midterm-Workshop kleiner als der spätere abschließende Workshop. Das war auch beabsichtigt. Die eingeladenen Vertreter der erwähnten Zielgruppen wurden persönlich kontaktiert. Die Suche von Partnern für die Einreichung eines weiterführenden Projekts war dabei ein wichtiges Kriterium. Der Workshop wurde auch mit einer kritischen Diskussion der Ergebnisse sowie des vorhandenen Potenzials für das IRON System, insbesondere in Hinblick auf konkrete Folgeprojekte abgeschlossen. Dabei konnten tatsächlich für die Zukunft interessante Kontakte geknüpft werden, etwa zu den Hereschwerken, einem möglichen Technologiehersteller, zur Linz Strom GmbH und zum Sonnenplatz. Letzterer steht in engem Zusammenhang mit der Energieregion der Zukunft rund um die Gemeinde Großschönau. Die Linz Strom und der Sonnenplatz werden beide auch als Partner im Folgeprojekt mitarbeiten. Ein wesentliches Ziel dieses ersten Workshops, nämlich das Finden geeigneter Partner für eine Weiterführung des Projekts, wurde somit erreicht.

Der zweite Workshop mit dem Titel „Informationstechnologien für optimierte hoch vernetzte Energiesysteme“, abgehalten am 4. Oktober 2005, markierte den Abschluss des Projekts IRON Study. Im Mittelpunkt stand die Präsentation des Projekts mit seinen Ergebnissen. Daneben konnte zur Abrundung des Themas Dr. Chris Marnay vom Lawrence Berkeley National Laboratory (USA) als Gastredner gewonnen werden. Er hielt einen Vortrag zum The-

ma „Microgrids – A Rare Paradigm Shift in Electricity Generation and Delivery“. Microgrids sind kleinere elektrische Verteilsysteme, die verschiedene Verbraucher mit verschiedenen, verteilten Energiequellen und Speichern verbinden. Microgrids sollen maximale lokale Autonomie besitzen, gleichzeitig aber auch, ins übergeordnete Netz eingebunden werden können. Das Konzept erfreut sich von den USA bis Japan wachsender Beliebtheit. Mit Dr. Marnay wurde verabredet, in Zukunft in engem Forschungskontakt zu bleiben.

Der Abschluss-Workshop, der von den Einladungen her viel breiter angelegt war als der Mid-term-Workshop, war sehr gut besucht. Es konnten Vertreter der Industrie, aber auch Energieversorger und Vertreter öffentlicher und privater Stellen sowie Einzelpersonen mit starkem Bezug zu Fragen des Energiesystems angesprochen werden. Das erhaltene Echo zur Präsentation der Möglichkeiten des IRON Systems war sehr positiv.

Im Rahmen des Projekts IRON wurden auch einige Publikationen veröffentlicht.

An erster Stelle zu nennen ist hier ein Beitrag im International Journal of Distributed Energy Resources [31]. Dieser Artikel beleuchtet insbesondere die wirtschaftlichen Aspekte des IRON Ansatzes im Detail. Weiters wurden zwei Beiträge bei internationalen Konferenzen publiziert. Auf der 4. Internationalen Energiewirtschaftstagung an der TU Wien (IEWT 2005) wurde ein Beitrag präsentiert, der im Besonderen auf die Hintergründe und die Anforderungen des IRON Projekts eingeht [15]. Der Beitrag auf der 3rd International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2005) geht bereits intensiv auf technische Rahmenbedingungen ein und präsentiert konkrete Lösungsansätze [26]. Beiträge zur ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings (13-18 August 2006, Asilomar Conference Center, Pacific Grove, Kalifornien, USA) sowie zum 9. Symposium Energieinnovation (15. – 17. Februar 2006 in Graz) sind in Vorbereitung.

Was die Weiterführung des Projekts IRON Study betrifft, so sind zwei Projekte zu nennen.

Zum einen wurde in der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft in der zweiten Ausschreibung im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften ein Konzept als Nachfolgeprojekt bereits genehmigt (Titel „Integral Resource Optimization Network – Concept“). Hier konnte mit der Linz Strom GmbH ein Energieversorgungsunternehmen als Projektpartner gewonnen werden. Weitere Partner sind (neben dem Institut für Computertechnik der TU Wien als Antragsteller) die Sonnenplatz Großschönau GmbH, die Hamburger Firma Envidatec GmbH sowie Dr. Michael Stadler vom Lawrence Berkeley National Laboratory an der University of California/Berkeley. In diesem Folgeprojekt soll aufbauend auf der vorliegenden Grundlagenstudie ein Konzept entwickelt werden, das folgende Bereiche abdeckt: die komplementäre Betrachtung der Konsumenten als Kunden bzw. Nutzer des neuen Systems, die Entwicklung eines Marktmodells für neue, effiziente Dienstleistungen, welche auf den technischen Möglichkeiten der IRON Infrastruktur aufsetzen, die Konzeption der nötigen technischen Infrastruktur zur Realisierung der angestrebten Potenziale sowie die Konzeption einer Plattform zur Verrechnung der neuen Dienstleistungen. Daneben sind auch schon erste Schritte zur Vorbereitung eines Demonstrationsprojekt geplant.

Ein weiteres Projekt in der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft, in das Know-How des Projekts IRON einfließt, wird unter der Leitung der Arsenal Research GmbH durchgeführt. Unter den Konsortialpartnern finden sich neben dem Institut für Computertechnik der TU Wien noch die Energie AG Oberösterreich und die Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation. Es handelt sich um ein Konzept zur Initiierung und Vorbereitung von Modellsystemen mit dem Titel „Konzeption eines Demonstrationsnetzes zur Analyse der Möglichkeiten eines aktiven Verteilnetzbetriebs mit hohem Anteil an dezentraler Stromspeisung“, kurz „DG-Demo-Netz“. Dieses Projekt hat das Ziel, anhand der praktischen Umsetzung eines Modellsystems mit netzintegrierten, dezentralen Erzeugungseinheiten zu demonstrieren, wie ein nicht mehr rein passiver sondern *aktiver* Betrieb des Verteilnetzes auf Basis innovativer Lösungen realisiert werden kann.

Im Laufe des Projektes IRON wurde eine Vielzahl an Gesprächen mit relevanten Unternehmen geführt. Eines der ersten wurde am 2. März 2005 mit einem interessierten Hans-Jörg Tengg von Tengg & Partners / Smart Technologies geführt. Es wurden ihm die Ideen und Konzepte des Projekts IRON präsentiert und im Anschluss daran wurde gemeinsam mit ihm ergründet, wie und mit welchen österreichischen Partnern aus der Reihe der EVUs das IRON Konzept weiter untersucht werden könnte. Herr Tengg hat nahe gelegt, noch mehr Fokus auf Öffentlichkeitsarbeit und Darstellung des Projekts zu legen, da das Thema einerseits sehr komplex ist, und andererseits die potenziellen Partner die Themen „Lastmanagement“ oder „Kommunikationstechnik“ sofort in althergebrachte Schubladen ablegen und übersehen könnten, dass hier neue Wege beschritten werden sollen. Herr Tengg selbst sah sich zur Zeit des Gesprächs nicht als Partner, da er sich aktuell vorrangig mit dem Aufbau von Strombörsen im Osten beschäftigt.

Der Ratschlag von Herrn Tengg wurde, nicht zuletzt durch die Organisation der schon beschriebenen Workshops, berücksichtigt. Durch intensive Arbeit im Bereich der Darstellung der Ideen des Projekts gelang es, die anfängliche Skepsis vieler Betroffener zu überwinden. In weiterer Folge konnten innerhalb der Projektlaufzeit noch eine Reihe von wertvollen Kontakten geknüpft werden. Stellvertretend seien hier die VA-Tech SAT GmbH und die IRM AG als Technologie-Provider, die Linz Strom GmbH und die Wienstrom GmbH als Energieversorgungsunternehmen, die Verbund – Austrian Power Trading AG als Stromerzeuger und Stromhändler sowie die Firma Nopro Wärmesysteme GmbH genannt

7 IRON und die Ziele der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Einbindung des Projekts IRON in die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“. Es folgt eine intensive Auseinandersetzung damit, wie das Projekt IRON zum Gesamtziel der Programmlinie beiträgt, wie die Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung einerseits, und die betroffenen Zielgruppen andererseits berücksichtigt werden, und welches Markt- und Umsetzungspotenzial die angestrebte Infrastruktur besitzt.

7.1 IRON und das Gesamtziel der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“

Die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ zielt auf systemübergreifende Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz, zur besseren Einbettung erneuerbarer Energieträger und zur Erhöhung der Flexibilität ab.

Das im Projekt konzipierte System schafft Technologien und Werkzeuge, die systemische Reibungspunkte, suboptimale – weil unkoordinierte – Prozesse und Fehlverhalten aufgrund mangelnder Information auflösen. Ganz im Sinne der Nachhaltigkeit wird versucht, das aktuelle Energiesystem besser zu betreiben und durch die Nutzbarmachung bislang verschlossener Freiheitsgrade die Gesamteffizienz zu erhöhen.

7.1.1 Umsetzung

Das Projekt hat zum Ziel, eine umsetzbare technisch-wirtschaftliche Plattform zu schaffen, mit Hilfe derer moderne und notwendige Maßnahmen erstmals verwirklicht werden können. Verschiedene Projekte in der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ können ihre Erkenntnisse und Ergebnisse durch das hier geplante System noch effizienter in das Elektrizitätssystem einbinden. Viele von der Programmlinie geförderte Ideen können erst durch die koordinative Wirkung des IRON Systems all ihre Vorteile voll in Wirkung setzen.

Das Projekt liefert dabei wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Auswahl von Technologien und Konzepten, sowie die Aufbereitung des Umfeldes für die Systementwicklung. Die tatsächliche Wahl der Technologien und der Systemstruktur kann nur zusammen mit den Feldversuchs-Partnern erfolgen. Im Rahmen des Netzwerkes „Energie und Kommunikation“ (siehe Abschnitt 5.4) sind bereits Optimierungstools entwickelt worden, die es dann erlauben, für ein gegebenes Szenario unter Berücksichtigung von gegebenen Eigenschaften möglicher Kommunikationstechnologien die optimale Lösung zu bestimmen.

Die zu erforschenden Implementierungsstrategien führen zu einem Demonstrationsvorhaben (Feldversuch), das potenziellen Betreibern & Investoren beweisen soll, dass das Geschäftsmodell wirtschaftlich Sinn macht, technisch machbar ist und systemisch optimiert. Weiters sollen damit die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf Wirkung und Verbesserungspotenzial untersucht werden.

Das System bietet Dienstleistungen an. Diese werden durch erhöhte Informationstransparenz – gewonnen mittels IT – ermöglicht. Diese IT wird kostenminimiert, unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit, in Österreich entwickelt und produziert. Der technologische Durchbruch dabei ist es, bewährte Technologien so zu kombinieren, dass sie in bislang unerreichbare Teile des Energiesystems vordringen können.

7.1.2 Gesellschaft – Technik – System

Der gemeinsame Nenner für die diversen wirtschaftlichen und technischen Vorteile des Systems, hat einen Namen: **Transparenz**. Das System eröffnet ungenutzte Freiheitsgrade, aktuelle Preise können weitergegeben werden, der Markt wird elastischer, Verbraucherverhalten wird berücksichtigt, man hat mehr Wissen über Prozesse und Verbräuche, der Informationsfluss in seiner Gesamtheit ist die Basis, für die Optimierung der Zusammenhänge – technisch wie wirtschaftlich und soziologisch. Obskure und undurchsichtige Vorgänge werden durch ein Mehr an Information besser handhabbar für jeden, der daran Teil hat. Die Programmlinie zielt auf real umsetzbare Systeme ab, die grundlegende Verbesserungen zum Zwecke der Gesamteffizienz ermöglichen. Die Erhöhung der Transparenz der Vorgänge ist eine solche grundlegende Verbesserung.

7.1.3 Relevanz für Österreich

Das Projekt baut heimische Kompetenz am aufstrebenden Gebiet der umfassenden Energiesysteme auf. So wie die skandinavischen Länder zum richtigen Zeitpunkt Kompetenz am Sektor der Telekommunikation und des Mobilfunks gezielt gefördert haben – und Erfolg damit hatten – kann Österreich ein Zentrum der Kompetenz in Energiesystemfragen werden, wenn Forschung und Wirtschaft eng in dieser innovativen Disziplin zusammenarbeiten. Der Markt ist letztendlich europäisch und international zu sehen, die an dem System bereits interessierten Hersteller agieren global.

Ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Umsetzung ist die durchgehende Verwendung von Standards. Dort, wo Standards fehlen, müssen sie – innerhalb der entsprechenden Normierungsgremien der IEC und ISO, etc. – erarbeitet werden. Eine Plattform wie das angestrebte System muss herstellerunabhängig sein, um eine kritische Masse an Betreibern, Kunden und Technologielieferanten zu bekommen. Einen großen Anteil am Erfolg dieser Bemühungen stellt die frühzeitige Einbindung aller relevanten Teilnehmer dar.

7.2 IRON und die sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung

Um zu beurteilen, in wie weit das angestrebte System die sieben Prinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung erfüllt, seien diese im Folgenden angeführt:

- Prinzip der Dienstleistungs- Service- und Nutzenorientierung
- Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen
- Effizienzprinzip

- Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit
- Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit
- Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge
- Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Das Projekt strebt mittelfristig eine österreichische Referenzimplementierung einer verteilten **Ressourcenoptimierung** im Bereich der elektrischen Energie an. Generelles Ziel des Projekts ist die Einführung neuer, IT-basierter Dienstleistungen zur signifikanten Steigerung der Effizienz des Elektrizitätssystems. **Alle vorhandenen Potenziale**, ob auf Seiten der Erzeugung, der Verteilung, der Speicherung oder des Verbrauchs von elektrischer Energie, sollen gleichberechtigt und aufeinander abgestimmt Berücksichtigung finden. Das System geht Hand in Hand mit der Entwicklung neuer, elektronisch-basierter Marktstrukturen, die in der Lage sind, den momentanen Wert knapper Ressourcen dynamisch aus dem aktuellen Zustand des Systems zu extrahieren und dem Rest des Systems wiederum in Rechnung zu stellen. Es ermöglicht dadurch die Verrechnung der „wahren“ Kosten und Nutzen eines Gutes.

Erklärtes Ziel ist es, mit Hilfe von Folgeprojekten eine Produkteinführung auf Basis eines Feldversuchs in Österreich durchzuführen. Die zugehörigen Forschungs- und Entwicklungsteams werden in Österreich installiert. Das System wird von vorn herein darauf ausgelegt, problemlos wachsen zu können und iterativ besser zu werden.

Die Vorteile für Österreich sind unter anderem:

- sanfte Optimierung der Österreichischen Energieversorgung,
- Erhöhung des Anteils dezentraler Erzeugung und erneuerbarer Energieträger im Energiesystem,
- Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, Entschärfung der drohenden Engpässe,
- Schonung der Umwelt,
- Belebung des Arbeitsmarktes durch hochinnovative Produkte, und
- großes Exportpotenzial des Systems.

Das Projekt ist der Grundstein für eine nachhaltige Technologieentwicklung, deren direkte Anwendung strategische Vorteile im Europäischen Energieverbund für Österreich bringen kann. Der Feldversuch soll ein vorbildhaftes Beispielprojekt sein, das die Stärken des Systems unter Beweis stellt, aber auch versteckte Probleme aufdecken soll.

Die bei dem Projekt erarbeiteten Kompetenzen und Technologien müssen weiters nicht ausschließlich für die gegebene Problemstellung Anwendung finden. Globale, flexible und robuste Kommunikations- und Optimierungstechniken finden in vielen Bereichen der Industrie Verwendung. Insbesondere die Anforderungen an IT-Security und Zuverlässigkeit führen zu einem System, das für verteilte Steuerungsaufgaben aller Art verwendet werden kann. Ob in der Verkehrslogistik oder Fertigung, der revolutionäre Ansatz von robusten, verteilten Sys-

temen ist für viele Gebiete attraktiv. Die Grundlagen des Systems sind modernste Technologien. High-tech Kompetenz wird erarbeitet.

7.3 Einbeziehung der Zielgruppen

Das System betrifft eine Vielzahl verschiedenartiger Zielgruppen, deren Interessen von Anfang an berücksichtigt werden müssen. Insbesondere muss untersucht werden, in wie weit sich der Endkunde als Nutznießer der Technologie darstellt.

7.3.1 Welcher wesentliche potenzielle Nutzen ergibt sich für die Zielgruppen?

Bei den Zielgruppen muss man zunächst zwischen den Mitwirkenden am Energiemarkt und den Erzeugern der Technologie unterscheiden. Weiters gibt es auch noch die Gruppe der Betreiber der neuen Infrastruktur und/oder Dienstleistungen, wobei beide auch den selben Betreiber besitzen können. Bei den Betreibern kann es sich um etablierte Player am Energiemarkt handeln (z. B. um Energieversorger) oder um neu hinzutretende. Es sind auch regionale Auswirkungen zu erwarten auf die gesondert eingegangen wird.

Der generelle Nutzen der Infrastruktur liegt in einer Erhöhung der Informationsdichte und einer durchgängigeren Gestaltung der Kommunikation der einzelnen Beteiligten. Dies sind z. B. Geräte, Prozesse, Speicher, Erzeuger, Netzbetreiber, Händler, Serviceleute etc. Eine Vielzahl von Informationen kann ausgetauscht werden.

Technologieprovider sehen die Entwicklung und Produktion der notwendigen Infrastruktur als ihr Geschäftsfeld. Eventuell interessieren sie sich auch für deren Betrieb bzw. das Anbieten der auf der Infrastruktur aufsetzenden Dienstleistungen.

Die Kunden am Energiemarkt erhalten Preissignale und können somit ihre Kosten beeinflussen. Sie bekommen auch neue Dienstleistungen angeboten (vorrangig im Elektrizitätsbereich, eventuell aber auch in anderen Bereichen).

Das geplante System steigert durch seine echtzeit-nahen Lastbeeinflussungsmöglichkeiten die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Elektrizitätsversorgung, ein Aspekt, der in Zukunft, beim sich abzeichnenden Erreichen der Kapazitätsgrenzen von Erzeugung und Netz, noch an Wert gewinnen wird. Durch mehr Intelligenz, bessere Prognosen und die lokale Synchronisation von flexiblen Lasten und dezentraler Erzeugung, wird die Wettbewerbsfähigkeit der dezentralen Erzeugung erhöht. Erneuerbare Energieträger kommen verstärkt zum Zug, Emissionen werden verringert, die Versorgungssicherheit wird erhöht und die Importabhängigkeit gesenkt. Diese Faktoren kommen dem Kunden indirekt zugute.

Eine Steigerung der Effizienz des Elektrizitätssystems (durch ein Mehr an Information und Kommunikation) ist mit einer Reihe von weiteren Vorteilen gekoppelt. Spitzenlasten werden entschärft, vorhandene Infrastruktur kann besser ausgelastet werden, Investitionskosten eventuell vermieden, Lasten werden beeinflussbar. Dies alles kann auch bei Lieferanten und Netzbetreibern zu Kostensenkungen und neuen operationellen Möglichkeiten führen. Neue

Märkte können entstehen und erschlossen werden, neue System- und Netzdienstleistungen angeboten.

7.3.2 Welche regionalen Effekte können erzielt werden?

Das Projekt fordert, wenn es final flächendeckend realisiert werden soll, qualifizierte Personen auf den Gebieten der Informationstechnologie, der Systemintegration, der Automatisierungstechnik und der Systemanalyse: hochwertige Arbeitsplätze mit zukunftssicheren Profilen und allgemeinem Nutzen.

Der dezentrale Charakter des Optimierungssystems kann speziell auf regionale Problemstellungen eingehen. Lokal bedingte Rahmenbedingungen, wie der Zustand des Versorgungs- und Verteilnetzes oder spezielle Einspeisungen erneuerbarer Energieträger, können vom System berücksichtigt werden. Ohne Mehraufwand werden so zum Beispiel ungewöhnliche und bislang vielleicht unmögliche Betriebszeiten von lokalen Kraft-Wärme-gekoppelten Anlagen in die globale Optimierungsstrategie eingebettet.

Generell wird durch die angestrebte Informations- und Kommunikationsinfrastruktur der „Erschließungsgrad“ einer Region erhöht. Weitere Nutzungsmöglichkeiten sind wahrscheinlich.

Für den im Projekt – insbesondere in den nun kommenden Folgeprojekt – vielseitig eingebundenen „Sonnenplatz Großschönau“ ist eine Rolle als IRON Kompetenzzentrum denkbar. Ähnlich wie dort jetzt Technologie- und Marketingkompetenz für den Bereich der Passivhäuser angeboten wird, kann der Sonnenplatz als Beratungs-, Optimierungs- und Logistikplattform für IRON-basierte Applikationen und Systeme dienen.

7.4 Beschreibung der Potenziale

Das Projekt ist an der Bugwelle eines Themas, das international für großes Interesse sorgt: der optimierenden Verbindung von IT und dezentralen Energieressourcen. Noch gibt es weiße Flecken, die durch Projekte wie IRON gelöst werden müssen, das Thema birgt aber großes Potenzial für Forschung, Wirtschaft und Volkswirtschaft. Eine österreichische Vorreiterrolle wird den Platz am internationalen Parkett der modernen Energiesysteme sichern.

Die Entwicklung einer technologischen Infrastruktur, die optimierend für viele Zwecke eingesetzt werden kann, ist das erklärte Ziel des Projekts. Diese soll in mehreren Phasen bis zur Marktfähigkeit geführt werden. Die internationale Vermarktung des Systems wird angestrebt.

Nach der Entwicklung des Konzepts soll im Folgeprojekt ein Feldversuch vorbereitet werden, in dem eine größere Zahl an Prototypen zum Einsatz kommen soll. Auf die Marktfähigkeit der Technologie wird von Anfang an großer Wert gelegt. Insbesondere spielt bei allen Design-Entscheidungen der Kostenfaktor eine entscheidende Rolle. Alle notwendigen Geräte müssen letztendlich in großer Stückzahl zu günstigen (marktverträglichen) Preisen herstellbar sein. Auch auf die Bedienbarkeit und Wartbarkeit der Geräte wird besonders geachtet. Userfreundliches Design („Plug & Work“) besitzt von Beginn an einen hohen Stellenwert. Die Akzeptanz des Systems durch die späteren Nutzer wird ständig im Auge behalten.

7.4.1 Marktpotenzial

Es wird eine Möglichkeit geschaffen, ungleichmäßigen Energiebedarf auszugleichen. Das ergibt eine bessere Auslastung der Kapazitäten (Erzeugung und Netz). Weniger Spitzenlast muss (teuer) erzeugt bzw. (teuer) zugekauft werden. Inwieweit sich für Erzeuger, Lieferanten und Netzbetreiber daraus Kostenvorteile ergeben, wird oft von individuellen Gegebenheiten der einzelnen Unternehmen abhängen. Mit der neuen Infrastruktur gehen aber ganz grundsätzlich neue Marktmöglichkeiten einher, die jetzt in ihrer Gesamtheit noch gar nicht abgeschätzt werden können. Unternehmen haben die Möglichkeit, ihre Tätigkeitsbereiche auszuweiten.

Der Kundennutzen liegt auf der Hand: Das erste Mal haben sie die Möglichkeit, selbst Einfluss auf ihren Preis zu nehmen. Hier ist Marktpotenzial vorhanden, wenn es gelingt, eine sichere, zuverlässige und komfortable Dienstleistung anzubieten, deren Kosten die lukrierbaren Kostenvorteile natürlich nicht übersteigen dürfen. Letzteres hängt von allgemeinen Rahmenbedingungen der Energieversorgung ebenso ab wie vom Verbreitungsgrad der Dienstleistung („Stückzahleffekt“).

7.4.2 Verbreitungs- bzw. Umsetzungspotenzial

Es wird angestrebt, mit dem System bis hinunter zum privaten Eigenheim zu gehen und dabei möglichst viele Verbraucher einzubinden. Eine massive Verbreitung des Systems erhöht nur dessen Potenzial. Neben den Verbrauchern stellen auch die dezentralen Erzeuger eine Zielgruppe für die Optimierungsinfrastruktur dar.

Das System ist nicht nur für Österreich interessant, sondern auch international.

8 Diskussion und Ausblick

Bevor die Schlussfolgerungen dieser Studie beschrieben werden, erfolgt noch einmal eine kurze Zusammenfassung. Der Bericht schließt mit einem Ausblick in Richtung der Umsetzung des präsentierten Optimierungssystems für die elektrische Energie – des IRON Systems.

8.1 Zusammenfassung

Das Elektrizitätssystem befindet sich seit einigen Jahren in einer Umbruchphase. Neben wirtschaftlichen Änderungen, wie der Liberalisierung der Märkte, wird es wohl auch zu technologischen Neuerungen und Umstrukturierungen kommen, um für die Herausforderungen der Zukunft – wie der verstärkten Einbindung von dezentraler Erzeugung und der generell notwendigen Steigerung der Effizienz des Systems angesichts drohender Engpässe, ständig steigender Primärenergiepreise und verstärkter Umweltauflagen – angemessene Lösungen bereitzustellen. Die mengenmäßige Erhöhung und Verbesserung der im System vorhandenen Information und die durchgängigere Gestaltung des Austauschs dieser Informationen – des Kommunikationsflusses – stellen dabei ganz allgemein wichtige Faktoren dar.

Aktuelle Erwartungshaltungen gehen von Elektrizitätssystemen der Zukunft aus, die nicht mehr ausschließlich durch lineare und uni-direktionale Strom-, Informations- und Geldflüsse gekennzeichnet sein werden. Dezentrale Erzeugung erfordert beispielsweise die Auslegung der Verteilnetze auf bi-direktionale Energieflüsse. Generell, können dezentrale Systeme aber nur mit der entsprechenden Koordination der einzelnen Teilnehmer entscheidend verbessert werden.

Das Projekt IRON (Integral Resource Optimization Network) *Study* ist eine Grundlagenstudie zum Thema „Koordination dezentraler Energieressourcen“. Das IRON System soll in der Endphase eine Plattform bieten, die eine beliebige Anzahl von Teilnehmern am elektrischen Netz kommunikationstechnisch erschließt. Dieser IT-Zugang soll tiefer als bisher erfolgen – letztendlich bis hinunter zum Kunden und seinen Endgeräten. Wirtschaftliche Sinnhaftigkeit ist dabei natürlich ein Muss. Die Kosten der für diesen IT-Zugang notwendigen Automatisierungs-Infrastruktur müssen geringer sein als der damit erzielbare Nutzen Dies ist nur durch den Einsatz der jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien erreichbar.

Die geplante Automatisierungs-Infrastruktur unterstützt die effiziente Verschmelzung von traditionellen Elementen der Erzeugung, der Verteilung und des Verbrauchs mit neuen Potenzialen. Darunter fallen Technologien wie automatisiertes verbraucherseitiges Lastmanagement, die Schaffung „intelligenter“ Geräte, die Nutzung „virtueller“ Speicher und die systemverträgliche Integration dezentraler Erzeugung. All diese vernetzten Teilnehmer koordinieren ihren Betrieb mittels Optimierungsalgorithmen. Die Basis dafür bildet der Austausch von Informationen. Dieser erfolgt extrem schnell. Es entsteht ein aufeinander abgestimmtes Kollektiv von Lasten, Speichern und Einspeisern. Durch diese gegenseitige Abstimmung wird ein verbessertes Management der Ressource „elektrische Energie“ erreicht. Vorgänge, die

dazu führen, werden durch die Automatisierungs-Infrastruktur technologisch unterstützt und können über diese auch belohnt werden. Es entstehen neue, elektronisch-basierte Märkte mit mehr Teilnehmern und weniger Risiken. Neue Dienstleistungen werden möglich. Die neuen Märkte erlauben eine optimale Verbindung lokaler und systemweiter Interessen, wobei offene, faire und transparente Marktstrukturen unterstützt werden. Durch die verstärkte Einbeziehung der Lasten stehen sich Erzeugung und Verbrauch gleichberechtigter als bisher gegenüber.

Ein massiv dezentrales System bringt natürlich auch eine Reihe von Herausforderungen mit sich. Skalierbarkeit, Sicherheit und Wahrung der Privatsphäre sowie Kosten sind dabei Schlüsselfaktoren. Daneben gibt es eine Reihe von anderen Rahmenbedingungen, auf die individuell eingegangen werden muss, je nach geplantem Einsatzbereich. Im ersten Schritt wurden vier Zielgruppen identifiziert: große Gebäude, Einzelanlagen (wie Windkraftwerke), private Eigenheime und kleine Industrie- bzw. Gewerbebetriebe. Große Energiekunden werden nicht angedacht, da diese meist schon ein eigenes Optimierungssystem besitzen. Technologisch kann die Konzeption des angestrebten IRON Systems folgendermaßen umrissen werden:

- Je nach einzelner Zielgruppe werden funktional (und damit auch kostenmäßig) verschiedene Klassen von End-Knoten („IRON-Boxes“) entwickelt.
- Add-On Services wie Sicherheit, Information oder Remote-Home sollen berücksichtigt werden.
- Für die Kommunikation wird auf Techniken wie Internet, Feldbusse und Technologien der Gebäudeautomatisierung zurückgegriffen.

Eine wichtige Anforderung ist das nahtlose Integrieren in vorhandene Strukturen und das Mitbenutzen von vorhandener Infrastruktur. So wird z. B. eine existierende Gebäudeleittechnik eingebunden und als globale Netzwerkinfrastruktur erster Wahl das Internet verwendet.

Aus technologischer Sicht gibt es sicher eine Reihe von großen Herausforderungen – die auch nicht alle auf einmal und in einem Schritt gelöst werden können – die aber prinzipiell machbar sind. Aus wirtschaftlicher Sicht stellt sich die Einführung des Systems vielleicht sogar schwieriger dar. Es gibt hier ebenfalls eine Reihe von Herausforderungen und Hürden, die nicht zuletzt in der Skepsis gegenüber der Neuartigkeit der Ideen begründet sind und in der Tatsache, dass Fragen des Elektrizitätswesen von komplexer Natur sind, wo eine Vielzahl – teils gegenläufiger Interessen – berücksichtigt werden müssen. Dem gegenüber stehen die mit Hilfe des Optimierungssystems erzielbaren Nutzen. Diese sind definitiv gegeben und alle mehr oder weniger mit folgenden Features des IRON Systems verknüpft::

- Verfügbarmachung von mehr Information und mehr Kommunikationsmöglichkeiten
- automatisiertes Lastmanagement, bis hinunter zu den Verbrauchern
- gleichmäßigere Lastkurven und die Vermeidung von Spitzenlasten
- Preisstabilität durch erhöhte Preiselastizität
- höhere Effizienz durch mehr Abstimmung und Transparenz der einzelnen Teilnehmer

- Einbeziehung der verbraucherseitigen Potenziale beim Engpass- und Notfallmanagement
- höhere Kapazitätsauslastung beim Netz und bei der Erzeugung – gesteigerte Produktivität bestehender Strukturen, Vermeidung unrentabler Neubauten
- reduzierte Kosten für investiertes Kapital
- neue Märkte und Dienstleistungen, mehr individuell auf Kunden zugeschnittene Angebote
- Unterstützung verteilter Ressourcen: lokales Demand/Supply Matching, systemverträglichere Integration dezentraler Erzeugung, verbesserte Nutzung von Abwärme
- mehr Diversifikation, geringere Abhängigkeiten, größere Sicherheit der Energieversorgung
- bessere Erweiterbarkeit und hohe Flexibilität für zukünftige Anforderungen

Die Barrieren, die den prinzipiellen Vorteilen der Einführung eines solchen Systems gegenüber stehen, sind zum Teil in der jetzigen Marktsituation begründet. Trotz Liberalisierung wird im Moment der Markt (mehr oder weniger in ganz Europa) von einigen großen Unternehmen dominiert, die natürlich versuchen ihre dominierende Marktposition zu halten bzw. auszubauen und die dabei eher konservativ vorgehen und hauptsächlich in den Bau neuer Großkraftwerke investieren wollen. Die regulatorischen Bedingungen sind ebenfalls eher auf das momentane, zentrale System ausgelegt. Es sind auch noch zu wenige Preissignale am Markt vorhanden, die im Prinzip aber den Anreiz für alle neuen Anwendungen liefern müssen. Dennoch gibt es auch im momentanen Marktumfeld Einstiegschancen für das angestrebte IRON System. Es müssen jene Anwendungen identifiziert und zuerst in Angriff genommen werden, wo sich trotz eingeschränkter Entfaltungsmöglichkeiten des Systems ein unmittelbarer Nutzen auch schon heute ergibt. Für den Bereich des automatisierten Lastmanagements wurde dabei zum Beispiel ein unabhängiger Betreiber ins Auge gefasst, ähnlich einem Energiehändler. Dieser bietet die technische Infrastruktur seinen Kunden an und gibt einen Teil des mit Hilfe der verteilten Automatisierungstechnik erwirtschafteten finanziellen Nutzens an seine Kunden weiter. Probleme kann es hier in der Start-Up-Phase, beim Finden einer kritischen Masse von Teilnehmern geben. Ein weiterer Bereich, wo wirklich Bedarf an mehr Information und mehr Handlungsspielraum herrscht, ist das Netz. Die Netzbetreiber hätten vielleicht den Vorteil bei der Einführung erster IRON-basierter Applikationen, dass sie schon etablierte Marktteilnehmer mit langjähriger Erfahrung sind. Auch im Bereich der dezentralen Erzeugung gibt es einen Wunsch nach mehr Informations- und Kommunikationstechnologie, und zwar vor allem dort, wo es darum geht zu zeigen, dass die Einspeisung größerer Mengen an dezentraler Erzeugung ins Netz nicht notwendigerweise eine Belastung sein muss.

Die angestrebte Automatisierungstechnik lässt Elektrizitätssysteme mit verteiltem Charakter und dezentralen Strukturen erst ihre wahren Vorteile entfalten und macht sie so konkurrenzfähig gegenüber dem ausschließlich zentral basierten Ansatz. Es kann auf mehr und auf ein größeres Portfolio an verschiedenartigen Energieträgern zurückgegriffen werden als bisher.

Das verringert Abhängigkeiten und erhöht die Sicherheit der Energieversorgung. Insbesondere können dabei auch mehr umweltfreundliche und erneuerbare Energieträger zum Zug kommen. Die Möglichkeit der dynamischen, elektronisch-basierten Verrechnung aller im System vorhandenen Potenziale trägt ebenfalls zu dessen Effizienzsteigerung bei.

8.2 Schlussfolgerungen

Wir sind der Überzeugung, dass die angestrebte Infrastruktur grundsätzlich einen Wert und Nutzen darstellt und dass die Entwicklung auf jeden Fall in diese Richtung gehen wird, mögen auch die Potenziale und Details jetzt noch nicht genau abschätzbar sein. Nur die Kombination bzw. stärkere Durchdringung von Energie- und moderner Informationstechnologie ermöglicht die Schaffung einer Gesamtinfrastuktur der Energieversorgung, die bezüglich ihrer Flexibilität für die Herausforderungen der Zukunft gerüstet ist. Österreich könnte hier an vorderster Front bei der Entwicklung dabei sein.

Die erste Phase des IRON Projekts, die Grundlagen- und Anforderungsanalyse *IRON Study*, hat das Umfeld ergründet und mit intensiver Öffentlichkeitsarbeit das Thema in den relevanten Kreisen installiert. Die unterschiedlichen Stakeholder wurden in einer Vielzahl von Gesprächen und Präsentationen an das Thema herangeführt und konnten Meinungen, Vorstellungen, Erwartungen, Befürchtungen und Änderungswünsche artikulieren. Nach anfänglicher Skepsis stieg das Interesse der Beteiligten sehr bald und unerwartet schnell an und es kamen auch Rückmeldungen. Die Partnersuche für die weiteren Phasen des Projekts verlief dementsprechend erfolgreich. Neben Interessenten (Technologieprovidern wie Energieversorgungsunternehmen), die generell sehr daran interessiert sind, mit dem Werkzeug „Information“ neue Projekte machen zu wollen und die auch schon konkrete Bedürfnisse geäußert haben, wurden Partner gefunden, mit denen zwei konkrete Folgeprojekte zum Thema IRON im Rahmen der Energiesysteme der Zukunft schon eingereicht wurden, von denen eines auch schon bewilligt wurde.

Das eigentliche Nachfolgeprojekt der *IRON Study* heißt *IRON Concept* und beschäftigt sich mit der wirtschaftlichen und technischen Konzeption neuer, innovativer Dienstleistungen basierend auf dem IRON Ansatz der Mitberücksichtigung der lastseitigen Möglichkeiten. Es wird mit Hilfe eines kompetenten Konsortiums durchgeführt, unter anderem mit einem Energieversorger und einer Energieregion der Zukunft.

In einem zweiten Energiesysteme der Zukunft-Projekt, bei dem es um die Vorbereitung eines Demonstrationsprojekts im Bereich der dezentralen Erzeugung und power quality geht, wurde das Institut für Computertechnik als Partner für alle Fragen der kommunikationstechnischen Anbindung hinzugenommen.

Auch in dem in Kapitel 5.4 präsentierten Netzwerk Energie und Kommunikation, bei dem das Institut für Computertechnik Mitglied ist, soll ein (EU-)Antrag zum Thema geschrieben werden.

Ein besonders wichtiges Ziel, das wir erreicht haben, ist, dass wir dieses zukunftssträchtige Thema in den betroffenen Kreisen in größerer Breite installiert haben und dass wir als Ansprechpartner für diesbezügliche Anliegen bekannt geworden sind. Wie erwähnt sind die Möglichkeiten des Systems für das gesamte Business nutzbar. Die Infrastruktur kann, wenn sie einmal vorhanden ist, für vielerlei Anwendungen eingesetzt werden, nicht nur etwa zum (Spitzen-)Lastmanagement. Im Prinzip sind alle Anwendungen denkbar, die etwas mit Fernwirkung und Koordination zu tun haben. Gerade die Aussicht auf solche Add-On-Services wie z. B. aus dem Bereich der Sicherheit oder des Remote-Home-Ansatzes, kann helfen das IRON System zu initiieren und die Infrastruktur auf breitere wirtschaftliche Beine zu stellen.

8.3 Empfehlungen und Ausblick

Das Thema ist, wie schon des Öfteren beschrieben, sehr breit, umfangreich und interdisziplinär. Es wird daher ein schrittweises Vorgehen anhand konkreter Projekte empfohlen. Bei diesen kann auf die involvierten Rahmenbedingungen, ob technischer, wirtschaftlicher oder regulatorischer Natur, viel besser, und nicht nur qualitativ, eingegangen werden. In der vorliegenden Studie wurde nicht versucht, die möglichen Nutzen und Potenziale des Systems in all ihrer Breite quantitativ zu evaluieren. Zum Teil, weil das die Ressourcen des Projekts überstiegen hat bzw. schon von anderen Projekten – auch im Rahmen der Energiesysteme der Zukunft – gemacht wird, zum Teil aber auch, weil einfach prinzipiell zu viele Faktoren im Spiel sind, die man seriöserweise noch nicht vorhersagen kann. Der Nutzen der innovativen Infrastruktur steht für uns aber nicht in Frage. Auch in Europa und darüber hinaus geht der Trend in Richtung mehr IT ins Energiesystem zu bringen. Stellvertretend seien hier zwei Projekte genannt:

- aus der EU das Projekt „CRISP – Distributed intelligence in CRITICAL Infrastructures for Sustainable Power“ (<http://www.crisp.ecn.nl>) mit der Vision „that recent progress in intelligent ICT offers many novel opportunities to build new operating strategies for high-DG power networks“ und
- aus den USA das Programm „Gridwise™- Rethinking Energy From Generation To Consumption“ (<http://gridwise.pnl.gov> bzw. <http://www.electricdistribution.ctc.com>) mit der Vision eines zukünftigen Elektrizitätssystems „built upon the fundamental premise that information technology will profoundly transform the planning and operation of the power grid“.

Aus dem Studium dieser und anderer internationaler Projekte und deren Vergleich mit dem IRON Ansatz könnten noch weitere wichtige Impulse gewonnen werden. Wir sind der Ansicht, dass auf dem Gebiet Energie und Information in Österreich schon wertvolles Know-How besteht, und dass dieses Wissen weiter gefördert werden muss. Das Thema war vielleicht in den bisherigen Energiesysteme der Zukunft-Ausschreibungen unterrepräsentiert bzw. nur implizit zwischen den Zeilen vorhanden. Angesichts seiner Wichtigkeit sollte man hier möglicherweise einen neuen Schwerpunkt definieren, um mehr Forschungsaktivitäten in diese Richtung zu lenken.

Das IRON Projekt soll dezidiert in ein Demonstrationsprojekt münden. Hier wurde mit der Bewilligung des Folgeprojekts schon ein wichtiger Schritt dafür erreicht. Im Rahmen dessen können nun ein konkretes Dienstleistungsportfolio sowie die dazupassende technische Infrastruktur herausgearbeitet werden.

Grundsätzlich wurden aufgrund der Grundlagenstudie folgende technischen Anforderungen und Ziele ins Auge gefasst:

- kurze Amortisationszeit von 2 Jahren
- robustes, wartungsfreies Design
- einfache, möglichst automatische Installation
- gute Skalierbarkeit bis in den Bereich von 100.000 Knoten
- geringe Kosten von unter EUR 100 für die Endgeräte

Die existierenden, am Markt verfügbaren Lösungen erfüllen diese Anforderungen nicht zufrieden stellend. Es ist also notwendig, teilweise Neuentwicklungen durchzuführen. Es wird angestrebt, diese Neuentwicklungen möglichst vollständig auf offenen Standards aufzubauen.

Im Konsortium für das Folgeprojekt wird durch die Einbindung einer Energieregion der Zukunft auch besonderer Wert auf die Berücksichtigung der Wünsche der späteren Nutzer des Systems gelegt. Es wird dabei ein Blick auf die sozialen Auswirkungen der geplanten Infrastruktur geworfen.

Generell ist es für Demonstrationsprojekte besonders wichtig, möglichst viele der betroffenen Stakeholder „mit dabei“ zu haben, um auf ihr Wissen zurückgreifen zu können. Das gemeinsame Ziel muss dabei aber konkret umrissen sein, um sich nicht in der Komplexität der Materie zu verlieren. Die Durchführung von Demonstrationsprojekten und Feldversuchen ist unumgänglich bei der Einführung des Systems, da nur dabei die notwendigen Erkenntnisse und Erfahrungen gesammelt werden können für den späteren Einsatz und Fehler in der Konzeption korrigiert werden können. Auf die grundsätzlichen Risiken, und wie man ihnen begegnet, wurde in Kapitel 6.2 näher eingegangen.

Ein weiteres wichtiges Ziel der Demonstrationsprojekte ist es, zu beweisen, dass die präsentierten Ideen funktionieren. Nur hierdurch kann Vertrauen ins System und seine Möglichkeiten gewonnen werden. Man muss bei ihrer Evaluierung allerdings berücksichtigen, dass sie vielleicht immer noch unter sub-optimalen Rahmenbedingungen arbeiten müssen.

Generell wird für Demonstrationsprojekte vielleicht die Einführung von Sonderkonditionen, z. B. was die Marktregeln betrifft, notwendig sein. Dies muss man sich im Einzelfall ansehen und hierbei mit Spezialisten zusammenarbeiten. Der Einfluss der herrschenden regulatorischen Bedingungen auf die Einführung des geplanten Systems insgesamt, muss ebenfalls noch, unter Einbeziehung von Fachleuten auf diesem Gebiet, in strategischen Begleitprojekten gesondert analysiert werden. Die Bedingungen des liberalisierten Marktes werden dabei eine wichtige Rolle spielen. Einerseits sind die Ziele der Liberalisierung dem geplanten Sys-

tem – und damit der verstärkten Berücksichtigung von verteilten Potenzialen – förderlich, da sie z. B. den freien Marktzutritt neuer Teilnehmer garantieren und zu mehr Wettbewerb und der Verrechnung „fairer“ Werte am Markt führen sollen. Andererseits verringern sie aber auch die vertikale Integration der einzelnen Bereiche des Elektrizitätssystems: Erzeugung – Verteilung – Verbrauch. Diese ist aber für die Gesamteffizienz des Systems besonders wichtig. Auf der über vertikale Grenzen hinweg aufeinander abgestimmten Nutzung der einzelnen Potenziale beruhen auch viele der mit Hilfe von IRON erzielbaren Gewinne. Die angestrebte Infrastruktur kann somit hier einen Vorteil ins System zurückbringen, der bei der „Zerschneidung“ des Marktes im Rahmen der Liberalisierung vielleicht verloren gegangen ist, ohne dabei auf die früheren (Monopol-)Strukturen zurückgreifen zu müssen. Voraussetzung dafür sind aber geeignete Rahmenbedingungen, die eine ganzheitliche Optimierung des Energiesystems aus wirtschaftlicher, physikalischer und technologischer Sicht erlauben. Zielvorgaben und Operationen, die nur einen dieser Bereiche bevorzugen, wo also z. B. aus ökonomischen Überlegungen ökologische Kriterien völlig übergangen werden können, sollten nicht mehr vorkommen. Gerade für diese umfassende, alle fair bewertende Energieversorgung würde das IRON System die nötige technologische Basis bieten. Man besitzt damit auch eine Infrastruktur, die eine viel höhere Flexibilität aufweist als das bisherige zentrale System. Damit ist man mit einer viel größeren Wahrscheinlichkeit als im Moment für potenziell stattfindende technologische Umwälzungen auf dem Gebiet der Energiegewinnung gerüstet.

Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitsgemeinschaft Tarifstudie Saarland, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Infratest Sozialforschung, Sinus: „Die Tarifstudie Saarland“ – Enbericht, März 1992.
- [2] B. M. Buchholz: Netzwerk Energie und Kommunikation – Kommunikation im Verteilnetz, Zehntes Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik: Die Zukunft der Elektrischen Verteilnetze, Tagungsband, 10. – 11. 11. 2005.
- [3] W. Boltz, T. Kapetanovic: „Regulatorische Sicht von Versorgungssicherheit und Engpassmanagement“. e&i – elektrotechnik und informationstechnik, Heft 11, 2004.
- [4] B. Drapela: „Steiermark: Kritischer Bereich ist erreicht“, VEÖ Journal, Dezember, 2002.
- [5] EXAA, Marktdaten Spotmarkt 2004, www.exaa.at
- [6] A. Faruqi: „The real-time challenge“, PEI Magazine, August 2001.
- [7] A. Friedl: Feldbusintegration von Ultra Low Power Funksensoren, Diplomarbeit, TU Wien, Institut für Computertechnik, 2003.
- [8] R. Haas, N. Keseric: „Szenarien der Entwicklung von Stromverbrauch und Stromerzeugung in den für den österreichischen Strommarkt relevanten Ländern“, Oktober 2004.
- [9] R. Haas: „Welche Parameter beeinflussen die Strompreisentwicklung in liberalisierten Märkten?“, VEOE Journal 2003.
- [10] IEA World Energy Outlook Report, 2003.
- [11] L. Kannberg, D. Chassin, J. DeSteeze, S. Hauser, M. Kintner-Meyer, R. Pratt, L. Schienbein, W. Warwick, „GridWisetm: The Benefits of a Transformed Energy System“, PNNL-14396, Pacific Northwest National Laboratory, USA, 2003.
- [12] P. Karlich: Low Cost Remote Access Node, Diplomarbeit, TU Wien, Institut für Computertechnik, 2004.
- [13] M. Kintner-Meyer, C. Goldman, O. Sezgen, D. Pratt, „Dividends With Demand Response“, ASHRAE Journal, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc., Oct. 2003.
- [14] M. Lobashov, P. Palensky, „Bringing Energy-related Services to Reality“, in: „Strategien und Instrumente für den Wettbewerb in der Energiewirtschaft – Kurzfassungsband IEWT 2001“, 2. Internationale Energiewirtschaftstagung, 21.-23. Feb. 2001, TU Wien, Wien, 2001.
- [15] B. Lorenz, C. Roesener, P. Palensky: „Projekt IRON – Integral Resource Optimization Network Studie“, in: „Energiesysteme der Zukunft: Herausforderungen und Lösungs-

- pfade – Kurzfassungsband IEWT 2005”, 4. Internationale Energiewirtschaftstagung, 16.-18. Feb. 2005, Wien, Austria, 2005.
- [16] Y. Peña Landaburu, P. Palensky, M. Lobashov, „Requirements and Prospects for Consumers of Electrical Energy regarding Demand Side Management”, in: „Die Zukunft der Energiewirtschaft im liberalisierten Markt – Kurzfassungsband IEWT 2003”, 3. Internationale Energiewirtschaftstagung, 12.-14. Feb. 2003, Wien, Austria, 2003.
- [17] S. Mahlknecht, P. Palensky: Wireless Demand Side Management in Home and Building Automation, Proceedings of Domestic Use of Energy Conference, (2003), ISBN 095424683; pages 243 - 248.
- [18] P. Palensky, M. Gordeev: „Demand Side Management by using distributed artificial intelligence and fieldbus technology“, in: „Proceedings of the International Conference on Intelligent and Responsive Buildings IARB99“, Intelligent and Responsive Buildings Conference, Brugge, 29.-30. März 1999; Technologisch Instituut vzw, 1999.
- [19] P. Palensky, „Distributed Reactive Energy Management”. Dissertation an der TU Wien, Austria; 2001.
- [20] P. Palensky: „The JEVIS Service Platform – Distributed Energy Data Acquisition and Management”, in: „Richard Zurawski (Ed.): The Industrial Information Technology Handbook“, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2005.
- [21] P. Palensky: The JEVIS System – An advanced Database for Energy-related Services, in: „Proceedings of the 7th IASTED International Conference on Power and Energy Systems PES/TDA“, IASTED Intern. Conf. on Power and Energy Systems PES/TDA, 24th-26th Feb. 2003, Palm Springs, California, USA, 2003.
- [22] P. Palensky, G. Pratl: „Secure and scalable automated meter reading“, in: „Proceedings of Domestic Use of Energy Conference, DUE 2003“, DUE – Domestic Use of Energy, Cape Town, South Africa, 01.-03. April 2003, 2003.
- [23] P. Palensky: „Requirements for the Next Generation of Building Networks“, in „Proceedings of International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications (ISAS CITSA 2004)“, Orlando, Florida, USA, 2004.
- [24] R. Pratt und E. Lightner, „GridWise: Transforming the Power Grid with Information Technology“, in Proceedings of the First International Conference on the Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Energy Resources, 01.-03. Dec. 2004, Brussels, Belgium. OTTI, Regensburg, 2004, pp. 80-87.
- [25] T. Rausch, P. Palensky, PROFESY: Intelligent Global Energy Management, 9th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES 2005), 2005.
- [26] C. Rösener, P. Palensky, M. Weihs, B. Lorenz, M. Stadler: Integral Resource Optimization Networks – a new solution on power markets, in: Proceedings of the 3rd International Conference on Industrial Informatics INDIN 2005, ISBN: 0-7803-9095-4; Paper-

- Nr. PD-000842, 6 S, 3rd International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2005), Perth, Australien; 10.08.2005 – 12.08.2005.
- [27] C. Schwaegerl, A. Heher, „Einbindung dezentraler Stromerzeugung in die bestehenden Versorgungsnetze im Hinblick auf Energieeffizienz und Netzverträglichkeit mit Berücksichtigung des Modells virtueller Kraftwerke, e&i, Heft 10, Springer-Verlag Wien, 2003.
- [28] W. Spitzl: „Wie sicher und teuer ist das Verteilnetz der Zukunft?“, in: „Energiesysteme der Zukunft: Herausforderungen und Lösungspfade – Kurzfassungsband IEWT 2005“, 4. Internationale Energiewirtschaftstagung, 16.-18. Feb. 2005, Wien, Austria, 2005.
- [29] M. Stadler, H. Auer, R. Haas: „Die Bedeutung von dynamischen Tarifmodellen und neuer Ansätze des Demand-Side-Managements als Ergänzung zu Hedging-Maßnahmen in deregulierten Elektrizitätsmärkten“, Dezember 2001.
- [30] M. Stadler, H. Auer, R. Haas: „The Increasing Relevance of Dynamic Tariff Structures in the Liberalised European Electricity Market“, DistribuTECH- EUROPE 2001, Berlin, 6-8 November, 2001.
- [31] M. Stadler, P. Palensky, B. Lorenz, M. Weihs, C. Rösener: „Integral Resource Optimization Networks and their techno-economic constraints“, International Journal on Distributed Energy Systems, 11 (2005), 4; S. 299 - 319.
- [32] M. Stadler, „The relevance of demand-side-management and elastic demand curves to increase market performance in liberalized markets: The case Austria“, Dissertation an der TU Wien, November 2003.
- [33] Statistik Austria: IKT-Einsatz in Haushalten 2004 – Ergebnisse der Europäischen Erhebung über den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in Haushalten 2004, Artikelnummer:20-8020-04, ISBN 3-902479-00-0, 2004.
- [34] A. Tanenbaum, M. van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [35] „Der Wiesbadener Modellversuch – Linearer Stromtarif mit zwei Zeitzonen“, Abschlussbericht, Wiesbaden, März 1994.
- [36] „Zeitvariable lineare Stromtarife – eine empirische Untersuchung im Versorgungsgebiet der Berliner Kraft- und Licht (BEWAG)-Aktiengesellschaft“, Berlin, Juni 1993.
- [37] ZigBee Alliance: ZigBee Specification, ZigBee Document 053474r06, Version 1.0, December 14th, 2004.
- [38] <http://europa.eu.int/>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung eines Lastgangs mittels JEChart	8
Abbildung 2: Systemkomponente VIDA 84	9
Abbildung 3: Trendermittlung eines Maximumwächters.....	16
Abbildung 4: Verteilung der befragten Teilnehmer.....	24
Abbildung 5: Verlauf des durchschnittlichen Börsenpreises, gehandelt an der Energy Exchange Austria (EXAA) in Österreich [4].....	33
Abbildung 6: Abbau der Erzeugerkapazitäten, Lastprognose und daraus resultierende „notwendige“ Erzeugerkapazitäten bis 2020 (für Österreich, seine Nachbarländer, Polen und Frankreich) [8].	34
Abbildung 7: Inelastische versus elastische Nachfragekurve und deren jeweiliger Einfluss auf den Marktpreis bei zwei verschiedenen Angebotssituationen.....	37
Abbildung 8: Modell des Strommarkts mit elastischer Nachfragekurve	38
Abbildung 9: Modell des Strommarkts zu Schwachlastzeiten	41
Abbildung 10: Vergleich der Auswirkungen verschiedener elastischer und inelastischer Nachfragesituationen bei gegebenem Angebot.	45
Abbildung 11: Knoten-Typen im IRON System, verbunden mit globaler Kommunikation.	52
Abbildung 12: Verteilung von Echtzeit-Preissignalen, bis hinunter zu Sub-Knoten.....	52
Abbildung 14: Struktur des Netzwerks Energie und Kommunikation	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: DSM-Programme in New York	17
Tabelle 2: Technische Risiken und Gegenmaßnahmen.....	68
Tabelle 3: Organisatorische Risiken und Gegenmaßnahmen.....	68
Tabelle 4: Rechtliche und volkswirtschaftliche Risiken	69

Anhang A– Befragung der Teilnehmer des Strommarkts

A.1 Fragenkatalog

Strommarkt – derzeitige Situation und zukünftige Entwicklungen

- Mit welchen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren am Strommarkt?
- Wie sehen Sie die zukünftigen Entwicklungen am Verbrauchersektor?
- Mit welchen Steigerungsraten rechnen Sie?

- Was halten Sie von Demand Response Systemen?
(Darunter werden ganz allgemein Systeme verstanden, bei denen der Kunde seine Lasten in Reaktion auf Marktpreise managen kann, egal ob automatisch oder nicht, ob individuell oder im Verbund mit anderen.)

- Haben Sie schon Erfahrungen mit Real-Time-Pricing/Time-Of-Use Tarifen gemacht?
- Wo liegen Ihrer Meinung nach die Schwächen bzw. Stärken von Real-Time-Pricing/Time-Of-Use Modellen?
- Haben Sie Interesse solche Modelle einzuführen?

- Welche Vor- bzw. Nachteile sehen Sie in der dezentralen Energieerzeugung?
- Wie sollten diese quantifiziert und zwischen den Marktteilnehmern aufgeteilt werden?
- Wo sehen Sie unzureichend gelöste regulatorische bzw. wirtschaftlich-technische Aspekte?
(Netzanschlussproblematik, Engpassmanagement, Ausgleichsenergiemarkt)
- Was halten Sie davon, verschiedene dezentrale Erzeuger und Lasten durch ein gemeinsames übergeordnetes Management zu einem „virtuellen Kraftwerk“ zusammenzufassen? Ein solcher Zusammenschluss könnte nach außen hin als gewichtigere und planbarere Einheit agieren als die Einzelanlagen. Wie beurteilen Sie die Möglichkeiten dafür und die potenziellen Vorteile daraus?

Stromvertriebsunternehmen – betriebliche Situation

- Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Abgleich von Erzeugung und Verbrauch bzw. Einkauf und Verkauf?
- Müssen Sie teure Spitzenlasten zukaufen und wenn ja, wann (Winter/Sommer)?
- Wie wichtig wären Ihnen homogenere Lastkurven?

Falls es eigene Erzeugungsanlagen gibt:

- Planen Sie neue Kraftwerke? Wenn ja, welcher Art?
- Können Sie Ihren Kraftwerkpark kostenoptimal einsetzen?

- Falls es Optimierungspotenzial gibt, woran scheitert dessen Nutzbarmachung?
- Sind die Daten und Prognosen, die Sie für die Abschätzung des zukünftigen (insbesondere kurzfristigen) Energiebedarfs zur Verfügung haben, ausreichend für einen optimalen Betrieb Ihrer Anlagen?
- Wie beurteilen Sie die Effizienz und das Zusammenspiel Ihrer Systeme zur Steuerung und zum Monitoring Ihrer Anlagen?
- Können Sie sich für diesen Bereich Verbesserungen durch den verstärkten Einsatz von Komponenten aus der modernen Kommunikations- und Informationstechnologie vorstellen?
- Wie volatil ist Ihre Primärenergie zur Erzeugung von Strom?
- Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Öl- und Gaspreise in Bezug auf Ihr Unternehmen?
- Wie wichtig erscheinen für Sie die dezentrale Energieerzeugung und der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern?
- Wie sehen Sie Ihre zukünftigen Perspektiven aufgrund der Einführung des Emissionshandels?

Verbraucher / Öffentlicher Sektor – betriebliche Situation

- Gibt es in Ihrem Bereich Energiesparprogramme?
- Haben Sie von Ihrem Energieversorger ein Lastmanagementprogramm angeboten bekommen?
- Wenn ja, haben Sie daran teilgenommen?
- Falls so ein Programm auch Einschränkungen bedeuten würde, welche würden Sie in Kauf nehmen?
- Welche Art von Tarif(en) beziehen Sie?
- Sehen Sie Möglichkeiten für sich, aus zeit-variablen Tarifen Nutzen zu ziehen?
- Werden Klimaanlage verwendet?
- Wie sieht es mit deren Regulierung aus?
- Wie mit der Regulierung des Heizsystems?
- Wie sieht es mit anderen stromverbrauchenden Anlagen aus (Beleuchtung, EDV, Aufzügen)?

Verbraucher / Industrie – betriebliche Situation

- Gibt bzw. gab es ein Energiemanagementprogramm?
- Sehen Sie Möglichkeiten Lasten kurz/mittelfristig abzuwerfen bzw. zu verlagern?
- Wie wichtig ist für Sie Versorgungssicherheit?
- Haben Sie Backup-Systeme (On-Site Generation)?

- Welche Art von Tarif(en) beziehen Sie (Nachtstromtarif, unterbrechbare Tarife, Mengenrabatte)?
- Haben Sie von Ihrem Energieversorger alternative Tarife angeboten bekommen?
- Wünschen Sie sich zeit-variable Tarife? – Sehen Sie darin Einsparungsmöglichkeiten? (Aufwands-Nutzen Abschätzung)
- Können Sie sich vorstellen, an einem Demand Response System gewinnbringend teilzunehmen?

Es wurden außerdem zusätzliche Spezialfragen angefertigt, die auf die einzelnen Gesprächspartner und ihre gegenwärtige Situation individuell zugeschnitten wurden.

A.2 Interview – Beispiel Stromlieferant

Mit welchen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren am Strommarkt?

Heute liegt der Zuwachs bei 3%, in Deutschland nur bei 1%.

Es wird neue thermische Kraftwerke geben. Kohlekraftwerke sind nicht flexibel, das Zukaufen von Spitzen ist deshalb weiterhin eine Notwendigkeit. Ein Ausrüstbedarf ist gegeben, lässt sich aber schwer umsetzen.

Deshalb ist Engpassmanagement und Notfallmanagement notwendig. Besonders die stromintensive Industrie (Papierindustrie) sorgt hier mit eigenen Kraftwerken vor (GuD Turbinen). Die müssen aber auch in Revision gehen. Was ist, wenn in diesem Moment Spitzen entstehen?

Wärmepumpentarife (kleine Haushalte) wurden leider nicht angenommen. Abschalt-Tarife existieren bereits.

Wie sehen Sie die zukünftigen Entwicklungen am Verbrauchersektor?

Derzeit liegen die Preise bei den Grenzkosten. Zu derzeitigen Preisen gibt es keine Neuinstallationen. Es werden Kapazitäten reduziert, unrentable Kraftwerke vom Netz genommen -> die Kapazitäten sinken. Auf der anderen Seite steigt der Stromverbrauch weiterhin an (1,6 % an Zuwachs ist über die nächsten Jahre zu erwarten). Damit werden die Preise stark ansteigen. Der Ersatzbedarf an KWs wird dann beglichen, wenn die Preise (Gewinnspannen) passen.

Ad neue Kraftwerke: Es gibt Bemühungen für den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und der Errichtung zusätzlicher Gas & Dampfturbinen.

CO2- Allokation schon gemacht, Start mit 1.1.2005, bestimmte Kontingente sind festgelegt --> damit wird der Trend zu Gas verstärkt (was den CO2-Austausch betrifft, ist Gas besser) --> Gaspreis steigt.

1kW/h ca. 1,3 kg CO₂ (Gas) oder 1kW/h ca. 2kg CO₂

Mit welchen Steigerungsraten rechnen Sie?

siehe oben

Was halten Sie von Demand Response Systemen?

Industrie hat Kapazitäten zu sparen und rechnet auch. Der Privatsektor ist kaum zu verändern.

Derzeit gibt es durchschnittlich 2,4 Personen pro Haushalt. Der Trend geht außerdem noch zu Zweit-Haushalten und Single-Haushalten. Ca. 2,4 kWh Verbrauch pro Haushalt und Tag erwartet.

Der Strom ist noch zu billig um eine Veränderung auf das Verbrauchsverhalten zu haben (zu geringer Anteil am Haushaltsbudget). Die Elastizität ist damit noch zu gering. Erst bei einem doppelt so hohen Preis werden sich Veränderungen im Benutzerverhalten zeigen. Noch sind keine/ zu geringe Preissignale gesetzt.

Haben Sie schon Erfahrungen mit Real-Time-Pricing/Time-Of-Use Modellen gemacht?

Time of Day – Versuche (Nachstrom seit Ewigkeiten..) wurden gemacht, aber sie sind derzeit kaum umsetzbar. Es ist vielen Kunden zu mühsam.

→ Wenn die Dinge automatisch geregelt werden würden, würde die Situation schon um einiges besser aussehen.

→ Man braucht „steckerfertige“ Produkte.

Wo liegen Ihrer Meinung nach die Schwächen bzw. Stärken von Real-Time Pricing/Time-Of-Use Modellen?

Die Annahme hat Schwellen:

Die 1000 größten Stromverbraucher werden gesondert mittels Fernableser abgelesen – das verursacht nicht unerhebliche Kosten!

Ähnlicher Aufwand bei kleineren Einheiten → rentabel bei Kosten von insgesamt 50€/Jahr? Schwelle: Kosten und Zähler

Rundsteuerempfänger ist zwar technologisch alt, aber sehr kostengünstig.

Haben Sie Interesse solche Modelle einzuführen?

Als Lastmanager und Vertriebsmanager sind solche System interessant, sofern die Rahmenbedingungen stimmen.

Hier muss streng kalkuliert werden: Was kostet ein neues System (Energie vs. Leistung)

Welche Vor- bzw. Nachteile sehen Sie in der dezentralen Energieerzeugung?

Der Kunde muss sich selbst entscheiden.

Blockheizkraftwerke machen einen Sinn, wenn man die Wärme verwenden kann (Bierbrauerei, Krankenhaus). Hatten ein Hotel, da war die Situation (im Sommer) schon schwieriger.

Netztechnisch: momentan keine Vorteile; wenn wir sie beeinflussen könnten, wäre das anders (insbesondere bei den mit Wärme gekoppelten)

Wie sollten diese quantifiziert und zwischen den Marktteilnehmern aufgeteilt werden?

Ad Dezentrale Erzeugung:

Bsp: Ein Tal in Tirol und am Ende des Tals wird eine Photo-Voltaik-Anlage betrieben. Wenn diese einspeist steigt die Spannung und belastet das Netz; man braucht andere Netzstrukturen, Regelung allein genügt nicht, es ist auch mehr „Kupfer“ erforderlich oder Regeltrafos, die aber teuer sind und die es nur in Umspannwerken gibt.

Der Punkt ist: Grundlast wird gemacht, aber Spitzenlast? Wenn das Netz nur über die darüber gegangenen Kilowattstunden finanziert wird, läuft da etwas auseinander.

Wer zahlt die Netzinfrastruktur?!

„Small is not always beautiful.“

Eigene Dezentrale Erzeugung:

Es gibt Windkraftwerke im Netz, die wir allerdings nicht selber betreiben.

Es gibt eine Mikroturbine in Graz, oder? Wem gehört diese ...?

Allgemein:

Mehr als 50% der Windkraftwerke gehören EVU-Töchtern. Aufgrund der Fluktuationen braucht man mehr flinke Ausgleichskapazitäten (Gasturbinen).

Beachte: Wenn die Spannung zu hoch ist, dürfen Windkraftwerke nicht einspeisen.

Wo sehen Sie unzureichend gelöste regulatorische bzw. wirtschaftlich-technische Aspekte in Bezug auf die dezentrale Erzeugung? (Netzanschlussproblematik, Engpassmanagement, Ausgleichsenergiemarkt)

In Österreich müssen die Windräder Prognosen machen und bis 12:00 Uhr abgeben.

Abweichungen von der Prognose kosten, aber weniger als man fürs Einspeisen bekommt.

Was halten Sie davon, verschiedene dezentrale Erzeuger und Lasten durch ein gemeinsames, verteiltes Management zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenzufassen, um so eine Einheit zu erhalten, die planbarer ist als die Einzelanlagen? Wie beurteilen Sie die Möglichkeiten dafür und die potenziellen Vorteile daraus?

Es muss bezahlbar sein.

Unsere Kunden mit Fernauslese-Zähler können sich im Internet einloggen und ihre Lastgänge anschauen. 1000 Zähler, 15Minuten-Werte, teure Telefonlast, die drei größten Spitzen des Jahres (Zelfeste nehmen lieber Dieselgenerator, ist billiger als Spitze)

Betriebliche Situation

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Abgleich von Erzeugung und Verbrauch?

Wissen auf % genau im Vorhinein, wieviel ... ausser es gibt irgendwo einen Ausfall.

Müssen Sie teure Spitzenlasten zukaufen und wenn ja, wann (Winter/Sommer)?

Wir besitzen Anteile an Speicherkraftwerken.

Wie wichtig wären Ihnen homogenere Lastkurven?

Differenz zwischen Grund/Spitzenlast ist nicht so extrem. Fühlen uns verantwortlich der Wirtschaft den Strom zu liefern, der gebraucht wird (den Haushalten auch). Manchmal werden die Spitzen mit gemessen und sind Kostenfaktor, Kunden sind eingebunden (im Haushaltsbereich noch nicht). Spitzenlast soll kosten.

Falls es eigene Erzeugungsanlagen gibt:

Planen Sie neue Kraftwerke? Wenn ja, welcher Art?

Es gibt schon Überlegungen. Ein Kollege führt diesbezüglich Berechnungen durch.
Gas/Kohle.

Können Sie Ihren Kraftwerkpark kostenoptimal einsetzen?

Haben 2 Steinkohle KW, nicht so volatil wie Öl (steigt aber)
Haben Anteile an den Enns-Kraftwerken, eigene Bezugsrechte

Falls es Optimierungspotenzial gibt, woran scheitert dessen Nutzbarmachung?

Sind die Daten und Prognosen, die Sie für die Abschätzung des zukünftigen (insbesondere kurzfristigen) Energiebedarfs zur Verfügung haben, ausreichend für einen optimalen Betrieb Ihrer Anlagen?

Wie beurteilen Sie die Effizienz und das Zusammenspiel Ihrer Systeme zur Steuerung und zum Monitoring Ihrer Anlagen?

Alles, was unterbrechbar ist, wird mittels Rundsteuerung gemacht. Es gibt den Nachtstromtarif. Wir hatten einmal einen Tarif für abschaltbare Leistungen, aber er war schlecht, wahrscheinlich war die Zeitperiode zu groß, man muss das einengen.

Wir hatten mit Supermärkten die Diskussion, ob jede einzelne Filiale einen Vertrag bekommt oder ob es einen Gesamtvertrag gibt. Die Supermarktmanager wollten Gesamtvertrag in Kombination mit Last-Visualisierungs-Management Produkt.

Die Zählerindustrie sollte integriert werden -> Zertifizierung/Eichung.

In die Leittechnik darf kein Einfluss genommen werden.

Können Sie sich für diesen Bereich Verbesserungen durch den verstärkten Einsatz von Komponenten aus der modernen Kommunikations- und Informationstechnologie vorstellen?

In Schleswig-Holstein 25% Strom aus Wind. Fluktuationen. -> Speichern. 30% Verluste. Tatsächlicher Betrieb nur Bruchteil der installierten Leistung.

Wie volatil ist Ihre Primärenergie zur Erzeugung von Strom?

Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Öl- und Gaspreise in Bezug auf Ihr Unternehmen?

Autark zu sein, wäre wünschenswert, ist aber am teuersten.

Österreich autark? Mangels Leitungen ist Energieaustausch nicht so groß. Europa ändert sich nicht wegen Österreich.

Wegen möglicher kombinierter Nutzung der Wärme ist es günstiger, Gas zu importieren & selber zu erzeugen.

Wie wichtig erscheinen für Sie die dezentrale Energieerzeugung und der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern?

Pech, dass solare & Wasser-Erzeugung parallel laufen.

Wie sehen Sie Ihre zukünftigen Perspektiven aufgrund der Einführung des Emissionshandels?

Müssen für zusätzliches CO₂ bezahlen -> Zusatzkostenpunkt. Es gibt CO₂-Beauftragten, der ermittelt, wo wir es am günstigsten bekommen. Einflussfaktor bei zukünftigen Entscheidungen.

Das behandelte CO₂ umfasst nur einen Teil der Wirtschaft (40%), Haushalte und der Transportsektor sind ausgenommen.

Bemerkungen des Interviewpartners:

Die Branche ist zugegebenermaßen eher konservativ. Kleine Veränderungen haben aber oft große Auswirkungen. Wir besitzen jedoch schon die Kompetenz, das System zu durchschauen.

Natürlich wollen wir Strom verkaufen.

Die europäische Energieeffizienzrichtlinie ist eine Bürde. Die Branche wehrt sich zu wenig.

Was neue Technologien betrifft, gewisse Basiskomponenten müssen in die Geräte eingebaut werden.

Interfaces, Bussysteme: Kosten!

Es stellt sich immer die Frage, wer hat wirtschaftliches Interesse, etwas Neues einzuführen. Wer ist Investor? Business-Case-Fragen.

A.3 Interview – Beispiel Vertreter der Industrie

Gibt bzw. gab es ein Energiemanagementprogramm?

Ein ziemlich umfassendes: Es werden Daten erhoben, Zähler abgelesen, danach erfolgt eine Kostenstellenzuordnung -> Controllinginstanz, Reportingtool: Datenakkumulation, Kennzahlen zB. Spezifischer Wärmeverbrauch bei x in y, Graphiken.

EnergieControlling --> SAP --> Optimierungsprogramme: Ströme werden simuliert.

Sehen Sie Möglichkeiten Lasten kurz/mittelfristig abzuwerfen bzw. zu verlagern?

Theoretisch ja. In der Praxis: mit etwas Good-will. Getan wird es nicht.

Wie wichtig ist für Sie Versorgungssicherheit?

Extrem wichtig. Ein Ausfall für einen Tag ist kein Konkurs, aber brutal. „Das Werk steht nicht“ per Definition.

Haben Sie Backup-Systeme (On-Site Generation)?

Ja.

Eine riesige eigene Erzeugung: 80% unseres Bedarfs erzeugen wir selber. 2 Kraftwerke für Notstrom. Bei Ausfall des externen Netzes: eine Ringleitung wird aufgemacht, Inselbetrieb.

Welche Art von Tarif(en) beziehen Sie (Nachtstromtarif, unterbrechbare Tarife, Mengenrabatte)?

Alle Arten von Spezialtarifen, quer durch den Gemüsegarten. Wir kaufen auch an der Strombörse zu. Kurzfristige Eindeckung mit Strom.

Haben Sie von Ihrem Energieversorger alternative Tarife angeboten bekommen?

Bei unserer Größe: Ja.

Wir betreiben ein eigenes Portfoliomanagement.

Wünschen Sie sich zeit-variable Tarife? – Sehen Sie darin Einsparungsmöglichkeiten? (Aufwands-Nutzen Abschätzung)

Die Zeitabhängigkeit der Strompreise wird durch den eigenen Einkauf an der Strombörse genutzt. (Wir kaufen massiv zu Off-Peak-Preisen.)

Können Sie sich vorstellen, an einem Demand Response System gewinnbringend teilzunehmen?

Wäre interessant.

A.4 Interview – Beispiel Vertreter der Öffentlichkeit

Mit welchen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren am Strommarkt? Welchen Einfluss hat das Ökostromgesetz auf diese Entwicklungen?

Strombedarfswachstum: 2%/Jahr

Europaweit: Windkraftanstieg -> höhere Volatilität im Erzeugungsbereich; Windkraft: 7-8% am Gesamtsystem.

Ökostromgesetz: Dadurch 4-6 % aus Erneuerbaren bis 2010 (maximal 7-8 %, das hängt von noch zu treffenden Entscheidungen ab) (alles ohne Großwasserkraft)

Wie sehen Sie die zukünftigen Entwicklungen am Verbrauchssektor?

Im Strombereich wird es einen überproportionalen Anstieg im Vergleich zum Gesamtenergieverbrauchsanstieg geben.

Mit welchen Steigerungsraten rechnen Sie?

Keine Expertenmeinung dazu.

Wie ausgelastet ist das Netz?

Neuralgische Punkte im Übertragungsnetz: Nord/Süd-Leitungsengpass im Burgenland, im Ennstal; Nördlich der Alpen: mehr Kapazitäten als Verbrauch

Was halten Sie von Demand Response Systemen? Was halten Sie grundsätzlich von der Möglichkeit der Lastverlagerung flexibler Lasten? Welche Verbrauchsektoren scheinen Ihrer Meinung nach grundsätzlich am besten geeignet (Haushalt, Gewerbe, Dienstleistung, Industrie)?

Grundsätzlich sind da Potenziale.

Nicht nur auf der Demand-Seite, sondern (insbesondere) auch auf der Erzeugungsseite – Windkraft! :

Das ist eine noch stärker internationale Frage.

Windprognose: 24 Stunden Raster mit 15 Minuten Intervallen. Wind durchschnittlich 12 -14 % Abweichung (teilweise abrupte Vorfälle)

ad Demand Side:

Industrie stellt Überlegungen an, haben individuelle Tarife mit den EVUs

Haushalt und Gewerbe: theoretisch großes Potenzial, es sind halt kleine Einheiten.

Implementierungen sind immer eine träge Sache.

Energie ist für all das zu billig. Macht man Energie aber teurer -> soziales Problem!

Ad Netz: ein Netz auszubauen ist nicht so teuer.

Bei dezentraler Erzeugung spart man 2% für das Netz.

Haben Sie schon Erfahrungen mit Real-Time-Pricing/Time-Of-Use Modellen gemacht?

Nachtspeichertarife , wobei Strom für Heizungen fragwürdig ist.

Wo liegen Ihrer Meinung nach die Schwächen bzw. Stärken von Real-Time-Pricing/Time-Of-Use Modellen?

Schwäche: noch nicht genug Transparenz: Wieviel erspart sich ein Haushalt, wenn er in Spitzenzeit entlastet? ...

Es müsste automatisiert laufen.

Mit wenig technischem Aufwand müsste das passieren. Falls das möglich wäre, mit entsprechender PR, Ja.

Ad Mittler: Ist ein Extra-Mittler wirklich nötig?

Was ist mit dem Netzbetreiber? Der muss sowieso bei jedem Kunden den Zähler ablesen. Es sollte eine einfache Struktur sein, mit wenigen Ebenen und wenig Komplexität.

Welche Vor- bzw. Nachteile sehen Sie in der dezentralen Energieerzeugung?

Hängt stark von den Rahmenbedingungen ab.

Grob: geringe Entlastung: 1-2 %

Ad Rahmenbedingungen: Stichwort Redundanz – DE ermöglichen etwas mehr Autarkheit in der Energieversorgung, aber autark sein wollen, erfordert Redundanz. Auch die dezentralen Einheiten müssen in Revision gehen, Ausfälle müssen vom übergeordneten Netz abgefangen werden.

Netz muss wie bei Vollversorgung dimensioniert werden. Schlafende Kapazitäten

350 MW auf Parndorfer Platte, speisen ins Übertragungsnetz

Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, um verteilte Erzeugung effizient einbinden zu können? technisch, ökonomisch, regulatorisch, Organisations-, Legistisch?

Entscheidender Punkt: Nähe der Erzeugungsanlagen zu den Verbrauchern, Erzeugungsganglinie muss Verbrauchsganglinien entsprechen; je besser das gelingt, desto besser, vorteilhafter; z.B. könnte Basisband erzeugt werden.

Persönlicher Eindruck: Entwicklung in Richtung dezentral nicht wirklich gegeben.

Es spricht auch vieles dafür die jeweils speziellen Vorteile einer speziellen Erzeugersituation maximal zu nutzen.

Die Netztarifgestaltung ist noch in einem dynamischen Bewertungsstadium.

Wie sind die Vor- und Nachteile bzw. Kosten der dezentralen Erzeugung zu quantifizieren und auf die einzelnen Marktteilnehmer aufzuteilen/sozialisieren?

Die größten Leitungsverluste sind bei Engpässen im Leitungsnetz.

Vor ein paar Monaten: Ausfall im Chrysler-Werk

UVP für Leitungen im Gang

Kostenverantwortung: Austrian Power Grid

Netztarife stellen höheren Bestandteil dar als Erzeugungskosten

Bei neuer Erzeugungsanlage: Netzbetreiber muss Anschlusspunkt definieren. Lokale Gesamtsituation muss betrachtet werden.

Was halten Sie davon, verschiedene dezentrale Erzeuger und Lasten durch ein gemeinsames, verteiltes Management nicht nur buchhalterisch (wie derzeit im Rahmen des österreichischen Bilanzgruppenmodells) sondern auch technisch/infrastrukturell zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenzufassen, um so eine Einheit zu erhalten, die planbarer ist als die die Summe von Einzelanlagen? Wie beurteilen Sie die Möglichkeiten dafür und die potenziellen Vorteile daraus?

Prinzipiell Ja.

Man muss sich überlegen, wie die Steuerparameter sind. Man könnte es mit Speichern kombinieren.

Man muss schauen, dass man die Energie „nicht zu oft hin- und herschauft“.

Problem bei Windkraft: Nicht naheliegend, welche Verbraucherstruktur mit Windaufbringungsstruktur gut harmoniert.

Kopplung von Stromverbrauchswachstum & Wirtschaftswachstum, ja

Sind die Daten und Prognosen, die Sie für die Abschätzung des zukünftigen (insbesondere kurzfristigen) Energieverbrauchs zur Verfügung haben, ausreichend für einen optimalen Betrieb Ihrer Anlagen?

Die Datenqualität ist im Strombereich nicht so schlecht.

Für die Haushalte: Standardlastprofile, die die Situation ziemlich gut wiedergeben.

Bei Windkraft: Prognosen noch relativ schlecht. Da gibt es einfach Grenzen der Prognostizierbarkeit.