

# Integral Resource Optimization Network Concept

P. Palensky, F. Kupzog, S. Grobbelaar, M. Meisel

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**13/2010**

**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

Weitere Informationen zu dieser Reihe unter [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

# Integral Resource Optimization Network Concept

Dr. Peter Palensky  
DI Friederich Kupzog  
DI Stefan Grobbelaar  
Marcus Meisel

Institut für Computertechnik  
Technische Universität Wien

Wien, März 2008

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

## **Projektleitung**

Dr. Peter Palensky (02/2006–06/2007)  
Tel: +43-1-58801-38438  
E-Mail: palensky@ict.tuwien.ac.at

DI Friederich Kupzog (06/2007–03/2008)  
Tel: +43-1-58801-38424  
E-Mail: kupzog@ict.tuwien.ac.at

Institut für Computertechnik  
Technische Universität Wien  
Gußhausstrasse 27-29/384  
Fax: +43-1-58801-38499  
A-1040 Wien

## **Projektmitarbeiter**

DI Friederich Kupzog, ICT  
Tel: +43-1-58801-38424  
E-Mail: kupzog@ict.tuwien.ac.at

DI Stefan Grobbelaar, ICT  
Tel: +43-1-58801-38456  
E-Mail: grobbelaar@ict.tuwien.ac.at

Marcus Meisel, ICT  
Tel: +43-1-58801-38442  
E-Mail: meisel@ict.tuwien.ac.at

## **Projektpartner**

LINZ STROM GmbH  
Fichtenstraße 7  
4021 Linz

Sonnenplatz Großschönau GmbH  
Harmannsteinerstraße 120  
3922 Großschönau

Michael Stadler  
Lawrence Berkeley National Laboratory  
MS 90R4000, 1 Cyclotron Rd  
Berkeley CA 94720-8136

Envidatec GmbH  
Blohmstrasse 31  
D-21079 Hamburg

## 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](http://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

<b>Kurzfassungen</b> .....	<b>9</b>
1.1    Kurzfassung .....	10
1.2    Abstract .....	11
1.3    Projektabriss .....	13
<b>Einleitung und Projektziele</b> .....	<b>19</b>
1.4    Motivation .....	20
1.5    Ziele im Rahmen des Projektes .....	22
1.6    Einpassung in die Programmlinie .....	23
1.7    Aufbau des Endberichts .....	24
<b>Inhalte und Ergebnisse</b> .....	<b>25</b>
1.8    Methodik und Vorgehensweise .....	26
AP1 – Kunde/Nutzer.....	26
AP2 – Markt.....	27
AP7 – State of the Art Technologien.....	27
AP3 – Technische Infrastruktur .....	28
AP4 – Dienstleistungsplattform .....	28
AP5 – Vorstudie für einen Feldversuch .....	29
AP6 – Öffentlichkeitsarbeit.....	29
1.9    Kunde/Nutzer (AP1) .....	30
Kundensegmente .....	30
Schritt 1: Bestimmung der Einflussfaktoren .....	31
Schritt 2: Erstellung einer Marktmatrix .....	32
Schritt 3: Abschätzung des Marktvolumens.....	33
Schritt 4: Erstellung der Kundensegmente .....	34
Beschreibung der Kundensegmente.....	35
Auswahl der Testkunden.....	37
Anreizmodell.....	38
Befragung potentieller Systemnutzer .....	40
1.10   Markt (AP2) .....	44
Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Umsetzung .....	44
Marktmodell „Variabler Strompreis“ .....	50
Marktmodell Transportkostenoptimierung.....	54
Marktmodell Regelenergie .....	57
Marktmodell Ökostrom .....	64
Rechtliche Umsetzung .....	66
Produkte .....	75
1.11   State-of-the-Art Technologien (AP7).....	78
Recherche .....	78
Evaluationskonzept .....	83
Evaluation.....	85
Hardwarekosten .....	89

Internet-Zugangstechnologien .....	90
Vollständige Produktlösungen.....	92
Zusammenfassung der Ergebnisse .....	93
1.12 Technische Infrastruktur (AP3) .....	94
Modellierung beeinflussbarer Lasten .....	94
Einsatzmöglichkeiten für virtuelle Speicher .....	101
IRON-Box .....	106
IRON-Server.....	110
1.13 Dienstleistungsplattform (AP4) .....	115
Anforderungen je Marktmodell .....	115
Realisierungskonzept.....	119
IRON-Prozess-Zusammenhänge.....	123
IRON-Web-Oberfläche.....	125
IRON-Datenbank.....	128
1.14 Vorstudie Feldversuch (AP5) .....	132
Nutzervorbereitung.....	132
Prototypische Testbeds.....	135
Feldversuchsvorbereitungs-Analyse .....	137
1.15 Öffentlichkeitsarbeit (AP6) .....	141
Symposium Energieinnovation 2006, Graz.....	141
Rockwell Automation University 2006, Salzburg .....	141
INDIN 2006, Singapur .....	142
BIOEM 2006 und 2007, Großschönau.....	142
IEWT 2007, Wien .....	142
CIRED 2007, Wien.....	142
INDIN 2007, Wien .....	143
IRON-Workshop, Wien.....	143
FeT, Toulouse .....	145
Future Search & Assessment „Energie und Endverbraucher“.....	145
<b>Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie .....</b>	<b>146</b>
1.16 IRON Concept und die Ziele der Programmlinie.....	147
1.17 Beitrag zu den Kriterien der Programmlinie .....	149
<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen .....</b>	<b>156</b>
1.18 Schlussfolgerungen.....	157
1.19 Ausblick und Empfehlungen.....	158
<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>160</b>
1.20 Literatur .....	161
1.21 Abbildungen .....	162
1.22 Tabellen.....	164
<b>Anhänge .....</b>	<b>165</b>



# Kurzfassungen

---

## 1.1 Kurzfassung

Im Rahmen der aktuellen Energieproblematik (Außenabhängigkeit der EU, CO<sub>2</sub>-Reduktion und allgemeine Verknappung der Rohstoffe) besteht die Notwendigkeit, die Effizienz des elektrischen Energiesystems zu erhöhen. Das Projekt IRON Concept (Integral Resource Optimisation Network – Concept) untersucht marktorientierte Möglichkeiten, durch mehr Informationsfluss im elektrischen Energiesystem bisher brachliegende Effizienzsteigerungspotentiale auszunutzen. Im elektrischen Netz ist insbesondere die Kommunikation mit der Verbraucherseite bzw. zu kleinen Einspeisern nur gering bis gar nicht ausgeprägt. Für eine Beeinflussung der Verbraucherseite, dem sogenannten „Lastmanagement“ ist jedoch eine geeignete Kommunikationsinfrastruktur zu den einzelnen Verbrauchsgeräten Voraussetzung. Die Kosten für die Infrastruktur, den Betrieb und die Setzung von Anreizen für die Nutzer müssen durch die daraus erzielbaren Vorteile gerechtfertigt sein. Beim Lastmanagement geht es nicht primär um eine Reduktion des Energieverbrauchs, sondern um die zeitliche Verschiebung von Energieverbrauch. Auf diese Weise lässt sich die Effizienz erhöhen, indem z. B. bei Einspeisung von Windenergie die nahe zur Einspeisestelle liegende Last erhöht wird, und so Netzverluste eingespart werden. Eine Reduktion der Last zieht eine Lasterhöhung zu einem späteren Zeitpunkt (Rebound-Effekt) nach sich, weil der nicht getätigte Verbrauch später nachgeholt wird. Im Gegensatz zum heute praktizierten Lastmanagement – ein Abschalten von Lasten im Ausnahmefällen zur Erhaltung der Netzstabilität – geht es im Projekt um Lastbeeinflussung im Netznormalbetrieb und muss daher so vorgenommen werden, dass der Komfort der Energiedienstleistung für die betroffenen Endverbraucher nicht zu sehr beeinträchtigt wird. Lastmanagement-Maßnahmen müssen also automatisch und möglichst im Verborgenen operieren. Daher werden insbesondere solche Lasten beeinflusst, die elektrische Energie in andere Energieformen (potentielle Energie, thermische Energie) umformen und diese für eine gewisse Zeit speichern können (z. B. Kühlanlagen, Heizsysteme, Pumpsysteme etc).

Im Projekt werden vier mögliche Marktmodelle im Rahmen der aktuellen bzw. sich mittelfristig entwickelnden legislativen Rahmenbedingungen entwickelt, die es erlauben könnten, automatisch durchgeführte Lastverschiebungen ökonomisch abzubilden. Die Marktmodelle sind:

**Transportkosten-Minimierung:** Reduktion der Leitungsverluste und Netz-Ausbaukosten durch zeitgerechten lokalen Verbrauch bei dezentraler Einspeisung.

**Öko-Strom:** Vermehrtes zeitgleiches Nutzen lokal erzeugter Öko-Energie

**Zeitvariable Tarife:** Weitergabe der Energiepreisschwankungen (Börsenpreise) an die Endverbraucher, welche Energie dann vornehmlich zu Zeiten geringer Kosten verbrauchen können

**Regelenergie-Bereitstellung:** Zusammenfassung vieler kleiner Lasten zu einem großen virtuellen Energiespeicher, der Regelenergie für die Balanceausregelung von Erzeugung und Verbrauch im elektrischen Netz bereitstellt

Genauere Untersuchungen zeigen, dass nur die letzten beiden Marktmodelle, zeitvariable Tarife und Regelenergie-Bereitstellung, ökonomisch umsetzbar sind, wobei insbesondere das Regelenergiemodell attraktiv ist, da Regelenergie zu hohen Preisen gehandelt wird. Durch die Zunahme von erneuerbaren Energieträgern bei der Stromerzeugung und deren teilweise unsteady Erzeugungsprofilen (insbesondere bei Windkraft) wird der Bedarf an Regelenergie weiter steigen, was dieses Marktmodell zusätzlich attraktiv macht. Durch die Bereitstellung von Regelenergie durch elektrische Verbraucher werden Regelkraftwerke entlastet. Je mehr Ausgleichsaufgaben

durch die Lasten übernommen werden, um so mehr Kraftwerke können fest im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, was die Effizienz maximiert und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den gegebenen Freiheitsgraden minimiert.

Für die Bereitstellung von Regelenergie durch elektrische Lasten wird im Projekt eine detaillierte technische Umsetzung ausgearbeitet („IRON-Box“). Ein weiterer vorteilhafter Aspekt beim Modell Regelenenergie-Bereitstellung ist, dass bei Primärregelung der Abruf der Regelleistung durch Abweichungen der Netzfrequenz vom Sollwert 50 Hz erfolgt, eine Größe, die im gesamten Netz jederzeit lokal messbar ist. Daher werden an die Kommunikation der einzelnen Lastknoten keine besonderen Anforderungen gestellt. Hierfür kann das Internet oder die sich im Entstehen befindlichen Smart-Metering-Netze genutzt werden.

Für eine effektive und rationelle Umsetzung der IRON-Technologie ist es wichtig, dass die Bereiche der Kommunikation, der Geschäftsprozessabwicklung und der Hardware-Integration standardisiert umgesetzt werden. Offene Standards sind dabei die Voraussetzung für eine breite Unterstützung auf der Herstellerseite. Das Projektteam ist zu dem Schluss gekommen, dass in Zukunft eine Integration der zurzeit noch als eigenständige „IRON-Box“ realisierte Technologie in die Engeräte im elektrischen Netz angestrebt werden sollte, weil auf diese Weise die Umgestaltung der zurzeit noch zentralistisch und passiv organisierten Netze in Richtung verteilter und aktiver Netze vorangetrieben werden kann.

---

## 1.2 Abstract

In the context of the emergency situation in the energy domain (Energy-independence of the EU, CO<sub>2</sub> reduction, shortage in resource availability), it is necessary to improve the efficiency of electric energy systems. The research project IRON Concept (Integral Resource Optimisation Network – Concept) analyses market-oriented options for efficiency increase by more information exchange between the grid users (loads, small generators). In the electric power system, communication to the demand side as well as to small generators is mostly non-existing. However, for talking influence on the consumption patterns of loads (load management/demand side management), an information infrastructure is needed. The costs of this infrastructure, for its setup, its operation and for setting incentives for users, must be covered by the advantage gained from its application. In this project, electrical load management is primarily used to shift consumption times, not for reducing the energy demand in total. Efficiency improvements are achieved by a better correlation between generation and demand achieved by management measure, resulting in the use of more efficient power plants and a reduction of line losses. A reduction of the load at one time is usually followed by an increased demand at a later time (rebound effect). In contrast to the state-of-the-art load shedding, which is performed today in grid emergency situations, the load management measures proposed in this project are targeted for the normal operation of the grid. Therefore, it has to be taken care that the impact on the energy service which the consumer receives from the grid is not too high. Load management measures have to be performed automatically and hidden. Consequently, only those electrical loads with a certain amount of flexibility in their consumption behaviour are targeted. These are primarily systems where electrical energy is converted into some other form of energy (thermal, potential energy etc.), which then can be stored for some time (thermal capacity of air-conditioned rooms, water heaters and so on).

Four different market models have been developed and examined in the course of the project. All four target to utilise load management economically under the current or mid-term expectable legal framework. These models are:

**Optimisation of transport costs:** Reduction of line losses und grid extension costs by local consumption of distributed generation.

**Renewable Energy:** Better time-correlation between generation from renewables and demand.

**Time-varying energy tariff:** Offering a time-varying, transparent electricity tariff the end user which reflects the price changes on the energy stock market

**Control energy:** Integrating many small load management resources to one single large "virtual energy storage" that is used to provide primary control energy which is needed for the real-time balancing of demand and supply in the electric power grid.

Closer examinations have shown that only the last two market models, time-varying energy tariff and control energy, are economically viable. Especially the control energy model is very attractive, since control energy is already sold for comparably high prices and a rise of control energy demand can be expected due to the increase of wind energy generation in the grid, making this model even more attractive. By providing control energy by load management, less conventional control capacities have to be allocated and consequently CO<sub>2</sub> emissions are reduced.

For providing control energy by a pool of electric loads taking part in a load management program, also complete technical concept had been developed (the "IRON-Box"). A further advantageous aspect of the control energy model is, that the demand for primary control energy is "broadcasted" by the grid frequency, more precisely by its deviation from the nominal 50 Hz, which can cheaply be measured anywhere in the grid. Therefore, the communication infrastructure has only to fulfil very moderate requirements, since the real-time communication is provided by the grid itself. Internet communication or the emerging infrastructure for smart metering can be used to fulfil the communication demands.

For an effective and efficient realisation of the proposed IRON-Technology it is of very high importance that the aspects of communication, business processes and hardware integration are strictly standardised. Open standards are the prerequisite for a broad support by different suppliers. The project team concludes that it will be necessary in future to integrate the smart technology, which currently is implemented in the stand-alone "IRON-Box", into the end user equipment itself. Only by this measure, demand side management can be used to change our power grids from centralised and passive structures to active or "smart" grids.

---

## 1.3 Projektabriss

Die nationalen und EU-weiten CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele, die geforderte größere Außenu-nabhängigkeit der EU hinsichtlich Primärenergieträger und nicht zuletzt der gebotene nachhaltige Umgang mit endlichen fossilen Energieressourcen sind gemeinsam ge-wichtige Einflussfaktoren für eine zukünftige Umgestaltung der elektrischen Energie-versorgungssysteme weg von zentralistischer, auf fossilen Energieträgern beruhen- den Versorgung hin zu einem ebenso zuverlässigen wie nachhaltigen verteilten Ver-sorgungssystem auf der Basis erneuerbarer Energieträger. In Netzbetrieb der Zukunft werden sich die technischen Schwerpunkte auf Aspekte verschieben, die heute noch nicht im Vordergrund stehen. Ein gewichtiger Aspekt dabei ist die gezielte Beeinflus-sung der Verbraucherseite im elektrischen Netz.

Im derzeitigen System wird elektrische Energie von einer überschaubaren Anzahl er-zeugender Stellen produziert und über ein Verteilnetz zu den Verbrauchern geleitet. Erzeuger, Verbraucher und mitunter vorhandene – aber meist ungenutzte – Speicher in Verbrauchsprozessen sind dabei eher durch den Fluss an Energie als durch ein durchgängiges Steuerungskonzept verbunden. Die stattfindenden Informationsflüsse sind weder einheitlich, noch sind alle relevanten Teilnehmer überhaupt in ausreichen- dem Maße eingebunden. So beschränkt sich die Datenerfassung im Kundenbereich auf die gesetzlich vorgeschrieben Datenerfassung wie die jährlich abzulesenden Zäh-lerwerte oder die Fernübertragung der Lastgänge aus den Lastprofilzählern. Kommuni-kation findet dabei – vom Versorger aus gesehen – von den Umspannwerken zu den Kunden oder von großen Kunden zum Netzbetreiber 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 Online-Tarife am Elektrizitätsmarkt eingesetzt werden sollen.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich der Grundansatz dieses Projektes, durch eine mo-derne und dem Stand der Technik entsprechende informationstechnische Anbindung der Teilnehmer des elektrischen Netzes die Energieeffizienz im Netz zu steigern, um somit den oben genannten Entwicklungen Rechnung zu tragen, und dabei gleichzeitig die Netzbetriebskosten zu senken.

Für den Betrieb von elektrischen Netzen mit einem hohen Anteil an dezentralen Er-zeugern sind neue Technologien und Konzepte notwendig, insbesondere neue Steuer- und Kontrollsysteme. Es muss darauf hingearbeitet werden, ein möglichst effizien-tes System zu schaffen, das auf flexible Weise *alle* vorhandenen Ressourcen, Ener-giequellen genauso wie unausgeschöpfte Potenziale im Bereich des Verteilnetzes oder auf Seiten der Verbraucher optimal berücksichtigt. Daher ist das langfristige Ziel des Projekts IRON die Entwicklung und Umsetzung einer hochverteilten, kommunika-tionstechnischen Infrastruktur zur Ausschöpfung bisher brachliegender Optimierungspo-tenziale im Bereich der Ressource „elektrische Energie“.

Dieses Kernziel des Projekts IRON soll in drei dezidierten Stufen erreicht werden. Alle drei Stufen sind als aufeinander aufbauende Einzelprojekte konzipiert und im Rahmen der BMVIT/BMWA-Ausschreibungen „Energiesysteme der Zukunft“ (später „Energie der Zukunft“) eingereicht worden (Study, Concept) bzw. werden eingereicht (Imple-mentation).

**1. IRON Study:** In dieser Grundlagenstudie soll die grundlegende Machbarkeit und der makroökonomischen Vorteil der IRON-Konzeption untersucht werden. Ziel dieser

ersten Stufe ist es, die Einsatzmöglichkeiten und die makroökonomischen Effekte des gezielten Einsatzes von „intelligenten Verbrauchern“ – d. h. vernetzten flexiblen Lasten im Energienetz – zu untersuchen und abzustecken. Dieses Projekt ist abgeschlossen.

**2. IRON Concept:** In dieser zweiten Stufe, die im vorliegenden Bericht präsentiert wird, sollen nun die aufgezeigten Möglichkeiten konkretisiert werden und ein detailliertes Konzept für einen Feldversuch in einer möglichen dritten Stufe erstellt werden. Um dies zu erreichen, müssen sowohl rechtliche, ökonomisch/wirtschaftliche wie auch technische Untersuchungen durchgeführt werden. Es soll untersucht werden, welche konkreten Vergütungsmöglichkeiten für die Teilnahme an einem IRON-System durch Energiekunden im Rahmen aktueller und/oder potentieller zukünftiger Marktregeln bestehen. Entsprechend sollen auch potentielle IRON-Zielgruppen identifiziert werden. Auf technischer Seite sollen vorhandene Kommunikationstechnologien auf ihre Einsetzbarkeit im IRON-Kontext hin untersucht werden. Anschließend soll die benötigte Technologie – die „IRON-Box“ und die Zentrale einer Marktplattform – spezifiziert und in Hinblick auf einen Einsatz im Rahmen des Feldtests realisiert werden.

**3. IRON Implementation:** Aufbauend auf bisherige Ergebnisse soll die dritte Stufe den direkten Weg zur wirtschaftlichen Umsetzung des IRON-Ansatzes intelligenter Verbraucher im elektrischen Netz gehen. Einerseits soll ein Prototyp für eine Endgeräteintegration der IRON-Technologie (z. B. in ein Gefriergerät oder eine Klimaanlage) entwickelt werden. Andererseits soll, unterstützend für diesen Prozess und auch hinsichtlich einer Markteinführung von solchermaßen ausgestatteter Geräte, eine Akzeptanzstudie mit funktionierender Hardware beim Energiekunden durchgeführt werden, mit der diese neue Technik zur Lastoptimierung im elektrischen Netz und die Benutzerreaktion auf die Technologie zum ersten mal in Österreich praktisch evaluiert wird.

Um die bisher brachliegende Optimierungspotenziale im elektrischen Netz 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. Der Nutzen für die einzelnen Kunden soll dabei so groß sein, dass jene Teile der Infrastruktur, die auf Seiten des Kunden notwendig sind, auch von diesem selbst angeschafft und finanziert werden.

Das langfristige Ziel ist die Entwicklung und der möglichst breite Einsatz einer hochverteilten, kommunikationstechnischen Infrastruktur zur Ausschöpfung bisher brachliegender Optimierungspotenziale im Bereich der Ressource „elektrische Energie“. Der Weg dazu führt über die kommunikationstechnische Erschließung zweier bis jetzt in den Informationsaustausch im Elektrizitätssystem nicht eingebundenen Teilnehmer: „intelligente“ Verbraucher und „virtuelle“ Energiespeicher.

- *Intelligente Verbraucher* sind Maschinen und Geräte, die zum Teil wissen, welchen Energieverbrauch sie in der näheren Zukunft verursachen werden. Maschinen, die ein deterministisches Programm ausführen (z. B. eine Geschirrspülmaschine) sind in der Lage, besonders exakte Verbrauchsprognosen abzugeben, andere können zumindest statistische Aussagen machen.
- *„Virtuelle“ Energiespeicher* sind Verbraucher, die, basierend auf trägen Prozessen (Wärme, Massebewegungen, etc.), in der Lage sind, Energie in nicht-elektrischer Form (z. B. Wärme) für eine gewisse Zeit vorzuhalten. Beispiele dafür sind Kühlgeräte, Klimaanlagen, Heizplatten, Pumpen. Zeitlich verschiebbare Lasten (entstehend aus logistischen Überlegungen) fallen ebenfalls in diese Kategorie.

IRON setzt genau bei der Ausnutzung der Potenziale dieser beiden Teilnehmer an. Die erwähnten Endverbrauchsgeräte werden mit einer „IRON-Box“ ausgestattet, einem einfachen, eingebetteten Informations- und Steuerungsmodul. Dieses mit Sensoren und lokaler „Intelligenz“ bestückte Modul ist sich der lokalen Lastverschiebungs- und Speicherungsmöglichkeiten des Endverbrauchsgeräts bewusst (durch Parametrierung oder Lernen). Durch eine Vernetzung der einzelnen Module untereinander kann das vorhandene Wissen gezielt ausgetauscht und genutzt werden. Die ausgetauschten Informationen bilden die Basis für Optimierungsalgorithmen zur Koordination des Betriebs der einzelnen Geräte. Es entsteht ein intelligentes, sich selbst organisierendes Kollektiv von Lasten und Speichern. Wo immer schon Steuerungen vorhanden sind (z. B. Industrie- oder Gebäudeautomatisierung), soll die neue Infrastruktur eingebunden werden.

Die neue Infrastruktur erhöht die im Elektrizitätssystem vorhandene Dichte und Qualität an zeitnahen Informationen und erweitert die Kommunikationsmöglichkeiten. Das resultierende System kann potenziell für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden: dem dynamischen Spitzen- und Engpassmanagement, der gezielten Nutzung virtueller Energiespeicher, dem effizienten Energieeinsatz und der Senkung der Energiekosten auf Verbraucherseite, der verbesserten Einbindung dezentraler Erzeugung, der Entlastung des Verteilnetzes, etc. Vom Erzeuger über den Verteiler, Händler, bis hin zum Kunden gibt es natürlich unterschiedliche Vorstellungen und Erwartungen an ein solches System. Durch die geeignete Wahl der über die IRON-Infrastruktur abgewickelten Dienstleistungen ist jedoch eine allseitige Gewinnsituation erreichbar. Hierin stecken die spezifischen Herausforderungen des IRON-Systems: das eng mit der angewandten Technologie verknüpfte und stark verteilte wirtschaftliche Potential des Ansatzes zu identifizieren, die entsprechenden Parteien (Netzbetreiber, Energieerzeuger, Energieverbraucher, Gerätehersteller) von ihrem Vorteil zu überzeugen und schließlich eine flächendeckende Umsetzung zu erzielen.

Im Rahmen der IRON Projektreihe entstanden innovative Dienstleistungen und darauf abgestimmte Technologiekomponenten, welche die Realisierung der neuen Energiedienste ermöglichen.

Aufsetzend auf den rechtlichen Rahmenbedingungen des liberalisierten Marktes und unter Berücksichtigung der technischen und organisatorischen Anforderungen an ein Stromversorgungssystem wurden mehrere Marktmodelle entwickelt, welche eine Perspektive für eine wirtschaftliche Umsetzung bieten. Die Analysen zeigen, dass insbesondere die Einführung von variablen Energiepreisen (d. h. ein alternatives Preismodell für den Energiekunden) bzw. der Einsatz einer Laststeuerung als Alternative zur Einhaltung des Gleichgewichts zwischen Erzeugung und Verbrauch mittels Kraftwerken Chancen auf eine wirtschaftliche Umsetzung haben. Als Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Umsetzung wurden die Höhe der Preisanreize und die Bereitschaft der Kunden, ihre Nutzergewohnheiten zu ändern erkannt. Einige Marktmodelle mussten nach detaillierter Analyse verworfen werden, weil derzeit entweder kein wirtschaftliches Potential besteht, oder die rechtlichen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung nicht vorliegen.



Die IRON-Box dient als Interface zwischen Infrastruktur (GSM/WLAN) und Verbrauchsgerät

Es wurde eine Evaluation aktuell am Markt erhältlicher Technologien durchgeführt, die für IRON-Zwecke nutzbar sind. Geräte für kommunikationsgestütztes Energiemanagement sind nicht marktüblich. Aktuell verfügbare Geräte/Systeme sind jedoch keine Massenprodukte und daher noch mit entsprechend hohen Kosten verbunden.

Es wurden Betriebsführungs- und Geschäftsmodelle für umsetzbare Marktmodelle entwickelt, welche die Grundlage für die Durchführung eines Pilotprojektes bilden sollen. Ebenfalls in Hinblick auf dieses Pilotprojekt wurde eine vollständige auf GSM- und WLAN-Technologie basierende Hard- und Softwarelösung entwickelt, anhand derer die Gerätekosten eines Massenproduktes abgeschätzt werden können und die den praktischen Betrieb des IRON in der Pilotphase ermöglicht (IRON-Box).

Intelligente Verbrauchsgeräte ermöglichen eine effektivere und effizientere Energienutzung. Durch intelligente Verbraucher können Lastspitzen vermieden werden, die durch teure Kraftwerksüberkapazitäten oder kurzfristige Energiezukäufe aus Nachbarländern abgedeckt werden müssen. Intelligente Verbraucher beteiligen sich an der Balanceregulierung von Erzeugung und Verbrauch und können so ineffiziente Regelkraftwerke unterstützen oder sogar ersetzen. Intelligente Verbraucher nutzen elektrische Energie dann, wenn Sie zur Verfügung steht. Dies erleichtert die Integration von fluktuierender Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen. Intelligente Verbraucher müssen jedoch mit mehr Technologie ausgestattet werden, als dies beim heutigen passiven Verbrauchsgerät der Fall ist.

Die Grundlagenstudie hat gezeigt, dass durch die Flexibilisierung der Verbraucherseite im Energiesystem ein großes ökonomisches Potential freigesetzt wird. Im Rahmen von IRON Concept wurden konkreten Vergütungsmöglichkeiten für die Teilnahme an einem IRON-System durch Energiekunden im Rahmen aktueller und/oder potentieller zukünftiger Marktregeln ausgearbeitet. Im Vordergrund steht hierbei die Bereitstellung von Regelenergie durch koordinierte Steuerung flexibler elektrischer Lasten und die Option auf zeitvariable Energiepreise für den Endverbraucher. Hierzu wurde in vollständiges technisches, organisatorisches und wirtschaftliches Konzept ausgearbeitet (Business-Plan). Auf technischer Seite hat sich die Nutzung vorhandener Infrastruktur wie das Mobilfunknetz als zentrale Strategie herausgestellt. Der IRON-Ansatz ist insbesondere dann wirtschaftlich, wenn er mit anderen Dienstleistungen kombiniert wird (wie z. B. *smart metering*). Die „IRON-Box“ wurde realisiert und der IRON Betrieb in realistischer Umgebung getestet.

Durch die Bereitstellung von Regelenergie durch elektrische Verbraucher werden Regelkraftwerke entlastet. Je mehr Ausgleichsaufgaben durch die Lasten übernommen werden, um so mehr Kraftwerke können fest im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, was die Effizienz maximiert und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den gegebenen Freiheitsgraden minimiert. Insbesondere der höhere Bedarf an Regelenergie durch die Integration von erneuerbaren Energieträgern kann dadurch CO<sub>2</sub>-sparend abgedeckt werden. Eine Flexibilisierung der Lastseite durch die IRON-Infrastruktur kann auch den Einsatz von konventionellen Kraftwerken, die als Standby-Kapazitäten für erneuerbare Energieträger dienen, vermindern oder sogar ganz obsolet werden lassen.

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. Erzeuger, Lieferanten und Netzbetreiber können daraus Kostenvorteile erlangen. Mit der neuen Infrastruktur gehen ganz grundsätzlich neue Marktmöglichkeiten einher (insbesondere das Marktmodell „variabler Strompreis“ sowie „Regelenergiebereitstellung durch intelligente Verbraucher“. Unternehmen haben die Möglichkeit, hier ihre Tätigkeitsbereiche auszuweiten.

Der Kundenvorteil 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“).

Der IRON-Ansatz fordert, wenn es final flächendeckend realisiert wird, 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 aktuelle Zustand des Versorgungs- und Verteilnetzes oder spezielle Einspeisungen erneuerbarer Energieträger, können vom System berücksichtigt werden. Ohne Mehraufwand werden so zum Beispiel Kraft-Wärmegekoppelten Anlagen in die globale Optimierungsstrategie eingebettet und erhalten so weitere Freiheitsgrade im Betrieb. Generell wird durch die angestrebte Informations- und Kommunikationsinfrastruktur der „Erschließungsgrad“ einer Region erhöht. Weitere Nutzungsmöglichkeiten (Zusatzdienste) wie *home automation* etc. sind möglich.

Aufbauend auf bisherige Ergebnisse soll die dritte Stufe der IRON-Projektreihe, IRON Implementation, den direkten Weg zur wirtschaftlichen Umsetzung des IRON-Ansatzes intelligenter Verbraucher im elektrischen Netz gehen. Einerseits soll ein Prototyp für eine Endgeräteintegration der IRON-Technologie (z. B. in ein Gefriergerät oder eine Klimaanlage) entwickelt werden. Durch die Integration ins Endgerät werden die Hardwarekosten minimiert und dadurch die Wirtschaftlichkeit optimiert. Andererseits soll, unterstützend für diesen Prozess und auch hinsichtlich einer Markteinführung von solchermaßen ausgestatteter Geräte, eine Akzeptanzstudie mit funktionierender Hardware beim Energiekunden durchgeführt werden, mit der diese neue Technik zur Lastoptimierung im elektrischen Netz und die Benutzerreaktion auf die Technologie zum ersten mal in Österreich praktisch evaluiert werden.





# Einleitung und Projektziele

---

## 1.4 Motivation

Die geforderte größere Außenunabhängigkeit der EU hinsichtlich Primärenergieträger, die EU-weiten und nationalen CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele, und nicht zuletzt der gebotene nachhaltige Umgang mit endlichen fossilen Energieressourcen erfordert eine zukünftige Umgestaltung der elektrischen Energieversorgungssysteme. Die aktuell auf fossilen Energieträgern beruhende Versorgung aus großen Kraftwerken, ist zu einem ebenso zuverlässigen, wie nachhaltigen verteilten Versorgungssystem auf der Basis erneuerbarer Energieträger umzugestalten. Insbesondere in Österreich ist die umfangreiche Erfahrung mit dezentralen Systemen aufgrund des reichhaltigen und auch in der Vergangenheit schon umfassend genutzten Dargebots an erneuerbaren Energieträgern verfügbar. Der Netzbetrieb der Zukunft wird die technischen Schwerpunkte auf Aspekte verschieben, die heute noch nicht im Vordergrund stehen. Ein gewichtiger Aspekt ist dabei die Sicherstellung der Kommunikation aller Teilnehmer am Elektrizitätssystem um gezielt die Ressource elektrische Energie koordinieren und optimieren zu können. Das Projekt IRON Concept stellt ein Konzept für eine Optimierungs- und Dienstleistungsplattform für Elektrizitätssysteme dar, welches mit Hilfe einer durchgehenden, einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur in der Lage ist, Energiesysteme in Zukunft effektiv und effizient zu gestalten. Durch die neue Infrastruktur ergeben sich Möglichkeiten für die effektivere Gestaltung von Elektrizitätssystemen und die Nutzung der daraus resultierenden Kosteneinsparungspotentialen.

### Verteilte Elektrizitätssysteme

Elektrizitätssysteme mit verteiltem Charakter und dezentralen Strukturen können durch eine gemeinsame Kommunikations-Infrastruktur erst ihre wahren Vorteile entfalten. Dies ist vor allem für die verstärkte Nutzung von Preisunterschieden am Markt und von erneuerbaren Energiequellen besonders wichtig. Beiträge zur Sicherung des Energiesystems können nur mit Hilfe von effizienten und schnellen Informationssystemen erbracht werden. Das in diesem Projekt konzipierte System trägt den zukünftigen Herausforderungen im Elektrizitätswesen Rechnung: Dezentralisierung, Optimierung und Transparenz.

In heute bestehenden Stromversorgungssystemen wird elektrische Energie von einer kleinen Anzahl erzeugender Kraftwerke generiert und von einer üblicherweise sehr großen Anzahl an Verbrauchern konsumiert. Die Verbraucher sind geographisch verteilt und über ein Transport- und Verteilnetz mit einander und den Kraftwerken, welche an für die Stromerzeugung günstigen Stellen errichtet wurden, verbunden. Das Stromversorgungssystem ist aus physikalischen Gründen darauf eingerichtet, die nachgefragte elektrische Energie zu jedem Zeitpunkt zu decken. Dadurch ist die Installation der dafür erforderlichen Kapazitäten im Kraftwerkspark und in den Netzen vorzuhalten. Durch einen Ausgleich von Bedarf und Produktion können Effizienzpotentiale gehoben werden.

Manche Verbraucher sind in der Lage in ihren thermischen oder organisatorischen bzw. logistischen Prozessen Energie zu speichern. Damit sind sie prinzipiell in der Lage den Bezug elektrischer Energie für einen gewissen Zeitraum zu verschieben. Erzeuger, Verbraucher und eventuell vorhandene – aber meist ungenutzte – Speicher sind dabei eher durch den zufälligen 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 die organisatorisch erforderliche oder die gesetzlich vorgeschriebene Datenerfassung wie die

jährlich abzulesenden Zählerwerte oder die Fernübertragung der Lastgänge aus den Lastprofilzählern. Kommunikation findet dabei – vom Versorger aus gesehen – von den Umspannwerken und wichtigen Netzknoten oder von großen Kunden zum Netzbetreiber statt.

Diese Infrastruktur ist für die Abrechnung bisheriger Tarifmodelle ausreichend, stößt aber an ihre Grenzen, sobald neuere Marktmodelle, wie Energieoptimierung bei einzelnen Kunden, globales Energiemanagement innerhalb einzelner Bilanzgruppen oder einer Regelzone oder Online-Tarife am Elektrizitätsmarkt eingesetzt werden sollen. Um brachliegende Optimierungspotenziale nutzbar 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. Die Förderung der Marktdurchdringung der neuen Technologie soll für alle Marktteilnehmer (Kunden, Energielieferanten, Systemprovider) durch geeignete Anreize erreicht werden.

### **Intelligente Verbraucher und virtuelle Energiespeicher**

Das langfristige Ziel ist die Entwicklung und der möglichst breite Einsatz einer hochverteilten, kommunikationstechnischen Infrastruktur zur Ausschöpfung bisher brachliegender Optimierungspotenziale im Bereich der Ressource „elektrische Energie“. Der Weg dazu führt über die kommunikationstechnische Erschließung bis jetzt in den Informationsaustausch im Elektrizitätssystem nicht eingebundener Teilnehmer: „*intelligente Verbraucher*“, „*intelligente Kraftwerke*“ und „*virtuelle Energiespeicher*“.

- *Intelligente Verbraucher* sind Maschinen und Geräte, die zum Teil wissen, welchen Energieverbrauch sie in der näheren Zukunft verursachen werden. Maschinen, die ein deterministisches Programm ausführen (z. B. eine Waschmaschine) sind in der Lage, besonders exakte Verbrauchsprognosen abzugeben, andere können zumindest statistische Aussagen machen.
- „*Intelligente Kraftwerke*“ sind Stromerzeugungsanlagen welche Strom zu Zeiten erzeugen wenn der Strombedarf besteht und durch Einbindung in ein Kommunikationssystem zu diesen Zeiten in Betrieb genommen werden kann.
- „*Virtuelle Energiespeicher*“ 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. Zeitlich verschiebbare Lasten (entstehend aus logistischen Überlegungen) fallen ebenfalls in diese Kategorie.

### **Vernetztes Elektrizitätssystem**

IRON Concept setzt genau bei der Ausnutzung der Potenziale dieser beiden Teilnehmer an. Die erwähnten Endverbrauchsgeräte werden mit einer „IRON-Box“ ausgestattet, einem einfachen, eingebetteten Informations- und Steuerungsmodul. Dieses, mit Sensoren und lokaler „Intelligenz“ bestückte Modul, ist sich der lokalen Lastverschiebungs- und Speicherungsmöglichkeiten des Endverbrauchsgeräts bewusst (durch Parametrierung oder Lernen). Durch eine Vernetzung der einzelnen Module untereinander kann das vorhandene Wissen gezielt ausgetauscht und genutzt werden. Die ausgetauschten Informationen bilden die Basis für Optimierungsalgorithmen zur Koordination des Betriebs der einzelnen Geräte. Es entsteht ein intelligentes, sich selbst organisierendes Kollektiv von Lasten und Speichern.

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

Die neue Infrastruktur erhöht die im Elektrizitätssystem vorhandene Dichte und Qualität an zeitnahen Informationen und erweitert die Kommunikationsmöglichkeiten. Das resultierende System kann potenziell für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden: dem dynamischen Spitzen- und Engpassmanagement, der gezielten Nutzung virtueller Energiespeicher, dem effizienten Energieeinsatz und der Senkung der Energiekosten auf Verbraucherseite, der verbesserten Einbindung dezentraler Erzeugung, der Entlastung des Verteilnetzes, etc. Vom Erzeuger über den Verteiler, Händler, bis hin zum Kunden gibt es natürlich unterschiedliche Vorstellungen und Erwartungen an ein solches System. Durch die geeignete Wahl der über die IRON-Infrastruktur abgewickelten Dienstleistungen ist jedoch eine Win-Win-Situation für alle beteiligten Marktteilnehmer erreichbar.

---

## 1.5 Ziele im Rahmen des Projektes

Die vorausgegangene Studie im Rahmen der 1. Ausschreibung der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ [Pal05] hat bereits die grundlegende Machbarkeit und den makroökonomischen Vorteil der IRON-Konzeption gezeigt. In dieser zweiten Stufe (IRON Concept) sollen nun die aufgezeigten Möglichkeiten in form eines innovativen Dienstleistungsmodell konkretisiert werden und ein detailliertes Konzept für einen Feldversuch in einer möglichen dritten Stufe erstellt werden. Das Dienstleistungsmodell zielt darauf ab, dass der Energieendverbraucher (im elektrischen Netz) seine zeitliche Flexibilität im Verbrauch dem Netz als Dienstleistung anbietet.

Für die Konzeptionierung dieses Dienstleistungsmodells müssen sowohl rechtliche, ökonomisch/wirtschaftliche wie auch technische Untersuchungen durchgeführt werden. Es muss untersucht werden, welche konkreten Vergütungsmöglichkeiten für die IRON-Teilnahme im Rahmen aktueller und/oder potentieller zukünftiger Marktregeln bestehen (AP2). Entsprechend müssen auch potentielle IRON-Zielgruppen identifiziert werden (AP1). Auf technischer Seite müssen vorhandene Kommunikationstechnologien auf ihre Einsetzbarkeit im IRON-Kontext hin untersucht werden (AP7). Anschließend muss die oben angesprochene „IRON-Box“ und die Zentrale einer Marktplattform spezifiziert und in Hinblick auf einen Einsatz im Rahmen des Feldtests realisiert werden (AP5). Eine geeignete Netzwerk-Topologie und das entsprechende Netzwerkmanagement müssen gefunden und festgelegt werden. Wirtschaftliche wie technische Aspekte münden schließlich in der Spezifizierung einer vollständigen IRON-Dienstleistungsplattform (AP4). Gleichzeitig in Vorbereitung zum Feldversuch werden geeignete Testkunden im Einzugsbereich des Projektpartners LINZ STROM GmbH identifiziert und zur Teilnahme angeregt.

---

## 1.6 Einpassung in die Programmlinie

Das Projekt IRON Concept ist im Rahmen der 2. Ausschreibung der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ eingereicht, gefördert und ausgeführt worden.

### Einpassung in die Leitprinzipien der Programmlinie

Im Projekt wird ein wesentlicher Beitrag zu einem Großteil der im Rahmen der Programmlinie definierten Leitprinzipien geliefert.

1. Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung: Es wird eine Dienstleistung konzipiert, die eine marktbasierende Effizienzsteigerung im elektrischen Netz umsetzt. Die IRON-Dienstleistung zielt dabei auf alle in Frage kommenden Zielgruppen ab: Haushalte & Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie sowie Öffentlicher Sektor und Großverbraucher im Dienstleistungssektor.
2. Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen: Das Projekt trägt zur besseren Netzintegration von Erzeugung aus erneuerbaren (fluktuierenden) Energiequellen bei, da durch Lastmanagement der zusätzliche Regelenergiebedarf in Netz gedeckt werden kann.
3. Effizienzprinzip: Durch eine Verringerung des Regelbedarfs auf der Erzeugerseite kann die Energieaufbringung effizienter gestaltet werden.
4. Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit: Durch Steigerung der lokalen technischen Intelligenz beim Energieendverbraucher (und auch bei kleinen Einspeisern), die im Projekt durch die „IRON-Box“ realisiert wird, passen sich die Teilnehmer im elektrischen Netz besser in den Netzbetrieb ein und können flexibel und adaptiv auf Veränderungen des Netzzustandes reagieren.
5. Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge: Durch die im Projekt konzipierte Bereitstellung von Regelenergie durch einen Pool aus vielen Einzelverbrauchern wurde eine fehlertolerante technische Lösung gefunden. Der Ausfall einzelner Komponenten hat nur einen sehr geringen Einfluss auf das Gesamtsystem. Da die Einzelkomponenten weitgehend autark agieren, ist der Ausfall zentraler Komponenten im IRON-System (der IRON-Server) unkritisch, solange die Ausfallzeit kurz (unter einem Tag) bleibt.

### Einpassung in die 2. Ausschreibung

Das vorliegende Projekt IRON Concept gliedert sich in den Punkt 3 der 2. Ausschreibung „Energiesysteme der Zukunft“ ein, und zwar in den Bereich *Innovative Produktions- und Dienstleistungssysteme*, Unterpunkt *Neue Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz*. Des Weiteren leistet das Projekt einen Beitrag zu Punkt 2 *Netzintegration und -management in Zusammenhang mit dezentraler Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger*.

In Übereinstimmung mit der Zielsetzung dieser Ausschreibungspunkte wird in IRON Concept ein innovatives System bzw. eine Dienstleistungen konzipiert, das in Bezug auf die Programmlinie insbesondere folgende Eigenschaften aufweist:

**Bessere Netzintegration erneuerbarer Energieträger** – durch die Möglichkeit, durch des IRON-System Primärregelenergie für das Netz bereitzustellen, entschärft das Konzept die Problematik des steigenden Bedarfs an Regelenergie bedingt durch die vermehrte Integration fluktuierender Erzeugung.

**Lösung spezifischen Anforderungen zur Netzintegration (auch im Zusammenhang mit Lastmanagement)** – Das IRON-System sieht eine Bereitstellung von Regelenergie durch Lasten im elektrischen Netz vor, löst also die Problematik des steigenden Bedarfs an Regelenergie durch intelligentes Lastmanagement.

**Steigerung der Energieeffizienz** – Das IRON-Konzept sieht vor, durch zeitvariable Energietarife und/oder Regelleistungsbereitstellung den Bedarf an schnell veränderlicher Erzeugungsleistung (Spitzenlast- bzw. Regelkraftwerke) zu verringern. Diese können durch effizientere Grundlastkraftwerke ersetzt werden. Damit einher geht eine **Optimierung des Gesamtsystems** „elektrisches Netz“.

Der Schwerpunktlegung der Ausschreibung auf die Umsetzungsorientierung des Vorhabens wurde im Projekt Rechnung getragen. Von vornherein ist die IRON-Projektreihe dreistufig konzipiert worden:

1. IRON Study
2. IRON Concept
3. IRON Implementation

Das Projekt IRON Concept fungiert somit als Bindeglied zwischen Grundlagenforschung und Umsetzungsprojekt. Fester Bestandteil von IRON Concept ist die Vorstudie zum Feldversuch (AP5).

---

## 1.7 Aufbau des Endberichts

Der vorliegende Endbericht gliedert sich in 6 Kapitel. **Kapitel 1** (Kurzfassungen) beschreibt das Projekt in kompakter Form. **Kapitel 2** (Einleitung und Projektziele) führt in die Problematik ein und beschreibt die Motivation und die Ziele des Projektes IRON Concept. Das zentrale **Kapitel 3** (Inhalte und Ergebnisse) orientiert sich an der Arbeitspaketgliederung des Projekts. Zunächst wird die Methodik und Vorgehensweise im Projekt dargestellt, danach die einzelnen Arbeitspakete mit Detailzielstellung, Inhalten und Ergebnissen besprochen. **Kapitel 4** gibt Detailangaben in Bezug auf die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“. **Kapitel 5 und 6** enthalten Schlussfolgerungen und den Ausblick.



# Inhalte und Ergebnisse

---

## 1.8 Methodik und Vorgehensweise

Das Gesamtprojekt wird in sieben Arbeitspakete (APs) aufgeteilt, welche jeweils einen relevanten Hauptaspekt zum Gegenstand haben. Im Folgenden werden die Zielsetzungen aller Arbeitspakete kurz erläutert. Eine detaillierte Beschreibung der bereits bearbeiteten Arbeitspakete findet sich dann im jeweiligen Abschnitt dieses Kapitels.

### AP1 – Kunde/Nutzer

Zu Beginn der Entwicklung einer konkreten Umsetzungsvariante wird der Markt genau betrachtet. Welche Kunden und damit künftige Nutzer des Systems gibt es? Wie können diese unterteilt werden, und welche unterschiedlichen Anforderungen stellen diese Nutzersegmente? Im Zuge einer Umfrage mit 86 Teilnehmern aus allen Segmenten in ganz Österreich, die als potentiellen Nutzer in Frage kommen, wurden auch die Einstellungen gegenüber elektronischen Hilfsmitteln zur Optimierung des eigenen Strombedarfs herausgefunden. Generell kann dabei gesagt werden, dass die Durchdringung des täglichen Lebens mit elektronischen Hilfsmitteln den Weg für eine IRON-Box geebnet hat. Die Akzeptanz ist höher, als zu Beginn des Projektes im Rahmen der IRON Study erwartet wurde.

Einteilung von AP1:

#### AP1-1: Kundensegmente

- Erarbeitung eines Segmentierungsrasters des Strommarktes mit der Ausrichtung auf die Kundeneigenschaften welche für Energieeinsparung relevant sind
- Erarbeitung der Segmentierung mit Abschätzung der Quantitäten auf Basis der Marktkenntnisse der LINZ STROM GmbH
- Interne Listung der bei der LINZ STROM GmbH in dieses Segment fallenden Kunden (intern) gemäß gemeinsam erarbeiteten Rangordnungskriterien
- Fertige Liste für die unter 5.1 notwendige Kontaktaufnahme mit einer Checkliste für die Gespräche

#### AP1-2: Zielsetzung Dienstleistungsportfolio

- Auflistung der derzeit gängigen Kern-Dienstleistungen (Beschreibung, wirtschaftliche Rahmenbedingungen, Wirkungsweise, Potentiale)
- Sammlung von möglichen neuen Kern-Dienstleistungen durch IRON
- Auflistung der derzeit gängigen Add-on's zu den Kern-Dienstleistungen
- Sammlung möglichen neuen Add-on's zu den Kern-Dienstleistungen durch IRON

#### AP1-3: Zielsetzung Marktregelabstimmung

- Gültige Marktregeln werden analysiert und für IRON projektrelevante Aspekte (unterstützende, behindernde) herausgefiltert
- Anbindung von IRON an bestehende Regeln wird formuliert
- Für behindernde Aspekte werden Optionen für eine Anpassung erarbeitet

#### **AP1-4: Anreizmodell**

- Es werden Argumente für potentielle Kunden ausgearbeitet, um am Pilotprojekt teilzunehmen
- Es werden Vorteile für potentielle Kunden ausgearbeitet, um in der Folge am künftigen Markt teilzunehmen

### **AP2 – Markt**

Ausgehend von den Rahmenbedingungen und Handlungsoptionen eines Netzbetreibers im liberalisierten Markt wurden Marktmodelle zur Erhöhung der Effizienz in elektrischen Energiesystemen und zur Unterstützung der Erreichung der Klimaziele entwickelt und auf rechtliche, technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu überprüfen.

Einteilung von AP2:

#### **AP2-1: Lieferant – Produkt bzw. 2-2 Netzbetreiber – Produkt**

- Entwicklung neuer Produkte, welche durch IRON möglich sind (basierend auf Ideen aus AP1.2)
- Analyse der neuen Produkte auf deren Durchführbarkeit nach AP1.3
- Analyse der neuen Produkte auf deren technische Durchführbarkeit nach AP7

#### **AP2-3: Marktmodell: Kunde – Lieferant – Netz**

- Erstellung verschiedener Marktmodelle
- Unterschiedliche Kundensegmente
- Unterschiedliche Preisgestaltung
- Unterschiedliche technische Effizienz von IRON
- Ermittlung der jeweiligen Auswirkungen auf Kosten, Erlös und Rahmenbedingungen
- Gegenüberstellung der Marktmodelle mit deren Vor- bzw. Nachteile
- Berücksichtigung des Energietransportes nach aktuellem Marktmodell und möglichem zukünftigen Szenario

#### **AP2-4: Harmonisierung mit Marktregeln**

- Nochmalige Analyse der neuen Produkte auf deren Durchführbarkeit nach AP1.3 mit den hinzugekommenen Informationen durch AP2.3
- Einen Best-Case-Markt entwickeln und daraus ideale Szenarien ableiten, welche Entwicklung zur optimalen Umsetzung von IRON notwendig sind: Auslandsabhängigkeit, Energiekosten, Netzkosten, Energiemenge, ...

### **AP7 – State of the Art Technologien**

Ziel des Arbeitspakets 7 (nachträglich in den Projektplan eingefügt) ist die Evaluation von aktuell zur Verfügung stehenden Kommunikationstechnologien für den Einsatz in einem *Integral Resource Optimisation Network*. Dabei soll die Tauglichkeit vorhandener Lösungen für die gegebene Anwendung, die damit verbundenen Kosten und Prob-

leme festgestellt werden. Das Arbeitspaket 7 gliedert sich in drei Phasen, die untenstehend im Einzelnen erläutert werden. Einteilung von AP7:

- Evaluation und Bewertung aktuell verfügbarer Produkte aus dem Bereich der Kommunikationstechnik, die für IRON-Zwecke eingesetzt werden können. Viel versprechende Lösungen sollen angeschafft und getestet werden.
- Analyse der Gerätekosten
- Zusammenfassung in Varianten der Ausführung mit jeweiliger Kosten/Nutzen Darstellung

### AP3 – Technische Infrastruktur

Die technische Infrastruktur für IRON, wie sie in diesem Projekt konzipiert und grundlegend realisiert wurde, besteht aus kommunikationstechnischen als auch algorithmischen Komponenten. Beide werden in diesem Arbeitspaket behandelt. Bei den **algorithmische Komponenten** geht es um die Frage, auf welche Weise eine Beeinflussung von Lasten im elektrischen Netz geschehen kann (d.h. wann diese an- oder abgeschaltet werden können, wie oft dies am Tag geschehen kann etc.) Für das IRON-Projekt wurde ein einheitliches, im Folgenden dargestelltes Lastmodell zugrunde gelegt. Die durch die jeweilig umgesetzten Marktmodelle (siehe AP2) und das verwendete Lastmodell bestimmten Steueralgorithmen werden als verteilte Anwendung auf Feldgeräten („IRON-Boxen“) und zentralen Servern ausgeführt.

Im Bereich der **Kommunikationstechnik** steht die Frage im Vordergrund, wie dieser Einfluss auf Lasten verübt werden kann, d.h. also über welche Kommunikationskanäle. Für sehr zeitkritische Anwendungen, wie zum Beispiel die Bereitstellung von Primärregelenergie zur Eindämmung von Netzfrequenzschwankungen, wird für IRON die Netzfrequenz als „impliziter“ Kommunikationskanal gewählt, der in Echtzeit über den Energie-Balancenzustand des Netzes informiert. Für weniger zeitkritische Anwendungen (Abruf von Sekundärregelenergie, zeitvariable Tarife) wird für IRON eine TCP/IP-Kommunikation über das Internet gewählt, da dies aktuell der einzig weiträumig kostengünstig zur Verfügung stehende Kommunikationskanal ist. Als Kommunikationsgerät auf der Lastseite dient die „IRON-Box“, die im Rahmen von AP3 entworfen wird.

### AP4 – Dienstleistungsplattform

Die einzelnen Marktmodelle aus AP2 werden auf einer Dienstleistungsplattform aufgesetzt, welche aus den informationstechnischen Komponenten (zentrale Soft- und Hardware, Telekommunikation, lokale Steuerung, etc.) besteht, in denen die erforderlichen funktionalen Zusammenhänge eingebettet sind. Die Anforderungen an die Dienstleistungsplattform werden für jedes Marktmodell prinzipiell beschrieben und als Grundlage für eine Business-Case-Rechnung verwendet. Die Zuordnung der einzelnen Prozessschritte zu den Einflussphären (Kunde, Web, Provider) wird vorgenommen. Für jedes Marktmodell sind die spezifischen Anforderungen für die zentrale Logik, die Steuerung, Rückmeldung, Messung, Speicherung die Parametrierung durch den Kunden und die Abrechnung beschrieben. Details dazu befinden sich in den Anhängen. Für die Umsetzung des IRON-Marktkonzeptes wurde ein Geschäftsprozess mit den unterlagerten Detailprozessen entwickelt. Dieser Geschäftsprozess bildet die Grundlage für die Business-Case-Rechnung. Details dazu befinden sich ebenso in den Anhängen.

Einteilung von AP4:

- Entwicklung der für die Dienstleistungen notwendigen Umgebungssoftware
- Gemeinsame Ausarbeitung des Betreibermodells (siehe auch AP3)
- Entwicklung einer „top level“ Infrastruktur als Dienstleistung für alle IRON-Teilnehmer. Hier fließen sowohl die technischen Lösungen aus AP3 als auch das Marktmodell aus AP2 ein. Konkret wird es sich um ein Internetportal handeln, von dem aus der IRON-Betrieb gesteuert wird.

## AP5 – Vorstudie für einen Feldversuch

Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich im Wesentlichen mit den Möglichkeiten und Voraussetzungen, um das Forschungsprojekt IRON in der Praxis umsetzen zu können. In diesem Zusammenhang werden vor allem drei Themengebiete näher betrachtet:

Im Task „*Nutzervorbereitung*“ wurden die Auswirkungen der IRON-Box auf den Kunden betrachtet. Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Arbeitspaket 1 – Kunde/Nutzer wurden Ansprüche an den laufenden Betrieb aus Sicht des Kunden definiert, welche wesentliche Voraussetzungen für einen erfolgreichen Praxistest als auch einen darauf folgenden wirtschaftlichen *roll-out* darstellen.

Im Task „*Prototypische Testbeds*“ wurde die IRON-Box dem ersten Praxistest unterzogen. Angeschlossen an eine laufende Kläranlage in der Gemeinde Großschönau konnten die ersten IRON-Boxen Einfluss auf die Steuerung von Stromverbrauchern, im konkreten Fall Pumpen, nehmen. Hierbei wurden vor allem die Konnektivität der Box, die Robustheit ohne Wartung sowie das Funktionieren der Übertragung der Signale und deren Auswertung am Server getestet.

Im Task „*Feldversuchsvorbereitungs-Analyse*“ wurde schließlich die gesammelten Überlegungen zusammengefasst, wie die Erfolgsaussichten für eine wirtschaftliche Umsetzung der IRON-Idee in Österreich erkannt werden können und die IRON-Idee so weiterentwickelt werden kann, dass diese großflächig umgesetzt werden kann.

## AP6 – Öffentlichkeitsarbeit

Ziele des Arbeitspunkt 6 sind:

- Vermittlung der Innovationskraft des Projektes und der beteiligten Akteure
- Darstellung der Kompetenz der beteiligten Akteure, ermöglicht im Rahmen der Programmschiene „Energiesysteme der Zukunft“
- Aufklärung der möglichen Feldversuchsteilnehmer über die Vorteile von IRON
- Aufklärung von möglichen Produzenten über die Vorteile von IRON bei entsprechender vorherigem Schutz der Idee
- Nutzung der Programmschiene „Energiesysteme der Zukunft“ zur gegenseitigen Stärkung des positiven Images

Die Inhalte und Ideen aus dem IRON-Projekt sollen dabei einerseits an eine breitere (Fach-) Öffentlichkeit gebracht werden, um dadurch den Bekanntheitsgrad zu erhöhen, andererseits sollen auf diese Weise wertvolle Rückmeldungen gewonnen werden, die ins Projekt einfließen. Das IRON-Projekt ist anlässlich einer Reihe nationaler und internationaler Fachtagungen und Konferenzen präsentiert worden, und darüber hinaus auch potentiellen Nutzern im Zuge von Publikumsmessen und persönlichen Gesprächen vorgestellt worden.

---

## 1.9 Kunde/Nutzer (AP1)

Zu Beginn der Entwicklung einer konkreten Umsetzungsvariante wird der Markt genau betrachtet. Welche Kunden und damit künftige Nutzer des Systems gibt es? Wie können diese unterteilt werden, und welche unterschiedlichen Anforderungen stellen diese Nutzersegmente? Im Zuge einer Umfrage bei 86 potentiellen Nutzern aus allen Segmenten in ganz Österreich wurden auch die Einstellungen gegenüber elektronischen Hilfsmitteln zur Optimierung des eigenen Strombedarfs herausgefunden. Generell kann dabei gesagt werden, dass die Durchdringung des täglichen Lebens mit elektronischen Hilfsmitteln den Weg für eine IRON-Box geebnet hat. Die Akzeptanz ist höher, als zu Beginn des Projektes im Rahmen der IRON Study erwartet wurde.

### Kundensegmente

Bei der Entwicklung der Dienstleistung wird vom Kunden ausgegangen. In einem ersten Schritt mussten daher die verschiedenen Kunden in Segmente aufgeteilt werden. Für die Aufteilung wurden die möglichen Segmentierungsfaktoren bewertet, eine Marktmatrix erstellt und auf Basis der Erfahrungen der Projektpartner die Kundensegmentierung für den Gesamtmarkt vorgenommen.

#### Hintergrundwissen

Unter **Marktsegmentierung** versteht man die Aufteilung eines heterogenen Gesamtmarktes in homogene Teilmärkte, die Marktsegmente. Diese können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten (Faktoren) gebildet werden. Die Marktsegmente sollen so gebildet werden, dass sie möglichst gleichartige Reaktionen auf die Marketinginstrumente des Unternehmens und Verhaltensweisen aufweisen.

Gute Segmente sind ausreichend groß, langfristig und profitabel (substantial), messbar (measurable), erreichbar (accessible), reagieren unterschiedlich auf Marketingaktivitäten (differentiable) und lassen die Formulierung von Marketingprogrammen für das Segment zu (actionable).<sup>1</sup>

#### Anforderungen an die Segmentierungsfaktoren<sup>2</sup>

1. Kaufverhaltensrelevanz: Die Segmentierungskriterien müssen einen relevanten Bezug zum Kaufverhalten der Konsumenten aufzeigen.
2. Aussagefähigkeit für den Einsatz des absatzpolitischen Instrumentariums: Die Ausprägungen der Segmentierungskriterien sollten Ansatzpunkte für den gezielten Einsatz der absatzpolitischen Instrumente bieten (sog. marketingmix-bezogene Reaktionskoeffizienten).
3. Zugänglichkeit bzw. Erreichbarkeit: Die ausgewählten Segmentierungskriterien sollten eine gezielte Kommunikations- und Distributionspolitik der gewählten Segmente ermöglichen. Beispielsweise sollten sich durch die gewählten Segmentierungskriterien Zielgruppen mit gleichem Medien-Nutzungsverhalten ermitteln lassen.

---

<sup>1</sup> Webseite <http://www.wiwi-treff.de/home/mlexikon.php?mpage=beg/segm.htm>, zuletzt abgefragt am 08.04.2008

<sup>2</sup> Webseite <http://de.wikipedia.org/wiki/Marktsegmentierung>, zuletzt abgefragt am 08.04.2008

4. **Messbarkeit (Operationalität):** Die gewählten Segmentierungskriterien sollten eine Abgrenzung mit vorhandenen Marktforschungsmethoden erlauben. Leicht zugänglich und daher oft genutzt sind daher demographische Kriterien wie Einkommen, Alter, Geschlecht usw.
5. **Zeitliche Stabilität:** Die Segmentierungskriterien sollten eine gewisse zeitliche Stabilität aufweisen, so dass ein längerfristiger Einsatz der absatzpolitischen Instrumente möglich ist.
6. **Wirtschaftlichkeit:** Letztlich sollten die Segmentierungskriterien Segmente abgrenzen helfen, deren Bearbeitung lohnt.

#### **Arten von Segmentierungsfaktoren [4]**

**Demographische Faktoren** setzen an äußerlichen und daher leicht erfassbaren Merkmalen an. Es werden zwei Untergruppen demographischer Marktsegmentierungskriterien unterschieden:

1. Geographische Segmentierungsfaktoren
2. Sozioökonomische Segmentierungsfaktoren

**Psychographische Segmentierungsfaktoren** beziehen sich auf allgemeine Persönlichkeitsmerkmale der aktuellen und potenziellen Käufer sowie auf produktspezifische Merkmale. Dies können sein:

1. Persönlichkeitsmerkmale und
2. Produktspezifische Kriterien.

Das **beobachtbare Kaufverhalten** als Segmentierungskriterium umfasst

1. das **Preisverhalten** (Preislage, Sonderangebotsnutzung),
2. die **Mediennutzung** (Art und Zahl der Medien, Nutzungsintensität), die Einkaufsstättenwahl (Betriebsformen, Einkaufsstättentreue) und
3. die **Produktwahl** (Markenwahl, Kaufvolumen, Verbrauchsintensität). Es umfasst also Kriterien des Informations-, Kauf- und Verwendungsverhaltens (verhaltensbezogene Segmentierungskriterien).

### **Schritt 1: Bestimmung der Einflussfaktoren**

Als potentielle Faktoren für die Segmentierung des Marktes wurden folgende Möglichkeiten identifiziert:

- Verbrauchsmenge [kWh]
- Spitzenlast [kW]
- Verbraucherart [privat, gewerblich, öffentlich]
- Zeit der Nutzung [Tageszeit]

Für die Marktsegmentierung werden jene zwei Faktoren ausgewählt, welche die oben genannten Anforderungen an Segmentierungsfaktoren am besten erfüllen.

Dafür wurde folgende Bewertungstabelle erstellt:

	Verbrauchsmenge	Spitzenlast	Verbrauchsart	Zeit der Nutzung
Kaufverhaltensrelevanz	+++	++		
Aussagefähigkeit	+		++	
Erreichbarkeit	+	+	+	-
Messbarkeit	+++	+++		-
Stabilität			++	
Wirtschaftlichkeit	++	++		

Tabelle 1: Bewertungstabelle der Segmentierungsfaktoren

Aufgrund der obigen Bewertung wurden folgende zwei Faktoren für die Durchführung der Marktsegmentierung ausgewählt:

- Verbrauchsmenge
- Spitzenlast

Entsprechend große Segmente können nach Verbrauchsart weiter unterteilt werden. Der Faktor ‚Zeit der Nutzung‘ hat sich als wenig praktikabel herausgestellt.

## Schritt 2: Erstellung einer Marktmatrix

Im zweiten Schritt werden die beiden gewählten Faktoren in einzelne Kategorien unterteilt und in einer Matrix eingetragen, welche den Markt repräsentiert.

### Faktor 1: Verbrauchsmenge

Für die Verbrauchsmenge haben wir die Kategorisierung anhand des tatsächlichen Verbrauchs vorgenommen. Die Grenzen der Kategorien basieren auf den langjährigen Erfahrungen der Projektpartner und stellen durchwegs realitätsnahe Werte dar:

- Sehr gering: 0 – 10.000 kWh jährlich
- Gering: 10.000 – 50.000 kWh jährlich
- Mittel: 50.000 – 100.000 kWh jährlich
- Hoch: 100.000 – 1.000.000 kWh jährlich
- Sehr hoch: > 1.000.000 kWh jährlich

### Faktor 2: Spitzenlasten

Für die Kategorisierung des Faktors Spitzenlasten ist die Quantität in Form der Menge und der relativen Höhe der Spitzenlast ausschlaggebend. Aus der Praxis heraus lässt sich die Einteilung des Faktors jedoch besser anhand der Abrechnungswerte ableiten. Die Kategorisierung erfolgt daher anhand des prozentuellen Anteils des Leistungspreises am Gesamtpreis, den der jeweilige Kunde jährlich bezahlt:

- Sehr gering: 0 – 5 %
- Gering: 5 – 10 %
- Mittel: 10 – 20 %
- Hoch: 20 – 30 %
- Sehr hoch: 30 – 50 %

Aus diesen beiden Kategorien lässt sich folgende Marktmatrix erstellen:

Anteil Leistungspreis am Gesamtpreis [%]	sehr hoch					
	hoch					
	mittel					
	gering					
	sehr gering					
	Spitzenlasten Verbrauch	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		Verbrauchsmenge [kWh]				

Abbildung 1: Matrix möglicher Kundenkategorien

### Schritt 3: Abschätzung des Marktvolumens

Um konkrete Aussagen über mögliche relevante Marktsegmente treffen zu können, wurde das jeweilige Volumen der einzelnen Kategorien von uns abgeschätzt und in die Marktmatrix eingetragen. Daraus ergibt sich z. B. folgende Marktdarstellung, die für die anschließende Kundensegmentierung ausschlaggebend ist:

Anteil Leistungspreis am Gesamtpreis [%]	sehr hoch	0%	1%	2%	0,5%	0,2%
	hoch	1%	3%	2%	0,7%	0,2%
	mittel	3%	3%	2%	0,8%	0,2%
	gering	6%	4%	2%	1%	0,2%
	sehr gering	60%	4%	2%	1%	0,2%
	Spitzenlasten Verbrauch	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		Verbrauchsmenge [kWh]				

Abbildung 2: Marktvolumen der einzelnen Kundenkategorien

Auf der x-Achse wurde die Verbrauchsmenge gemäß den in Schritt 2 erstellten Kategorien aufgetragen, auf der y-Achse wurde der Anteil der Leistungspreis am Gesamtpreis gemäß den definierten Kategorien eingetragen. Die einzelnen Prozentzahlen im Inneren der Matrix zeigen die Größe der jeweiligen Kundengruppe gemäß den

Erfahrungen der Projektpartner. Daraus lässt sich im nächsten Schritt eine Kundensegmentierung erstellen.

#### Schritt 4: Erstellung der Kundensegmente

Auf Basis dieser Marktdarstellung können im vierten Schritt die einzelnen Felder in der Matrix zu Marktsegmenten zusammengefasst werden. Eine Darstellung könnte z. B. folgendermaßen aussehen.

Die in Schritt 3 erstellte Marktanalyse dient als Ausgangspunkt für die Segmentierung. Es wurde bereits bei der Auswahl der Faktoren darauf geachtet, dass diese möglichst einfach zu messen und zu erheben sind. Da im Bereich Strom eine fast vollständige Marktsättigung vorhanden ist, sind auch die Daten der Kunden den Betreibern bekannt und die einzelnen Kundensegmente überdurchschnittlich einfach zu erreichen. Die Segmente sind in sich möglichst homogen und grenzen sich zueinander möglichst ab. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen reagieren die Segmente unterschiedlich auf die durch IRON eröffneten Möglichkeiten und lassen damit eine Formulierung von unterschiedlichen Marketingstrategien zu.

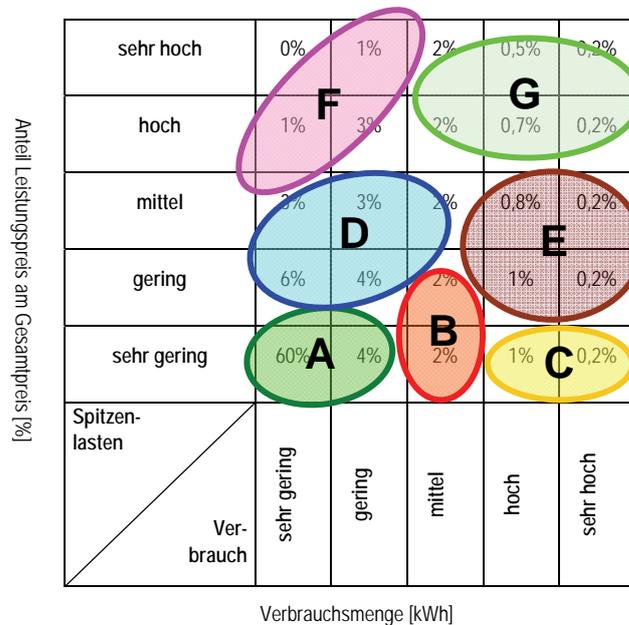


Abbildung 3: Einteilung in Kundensegmente

Zur besseren Abschätzung des Marktpotentials wurde im Anschluss noch der relative Anteil an der Gesamtverbrauchsmenge erhoben. Auf Basis der Erfahrungen der Projektpartner wurde eine Hochrechnung für ganz Österreich vorgenommen. 100% entsprechen daher etwa 70.000 GWh Stromverbrauch.

Anteil Leistungspreis am Gesamtpreis [%]	sehr hoch	1%	2%	1%	1%	2%
	hoch	2%	2%	1%	1%	3%
	mittel	3%	2%	1%	1%	5%
	gering	4%	2%	1%	1%	10%
	sehr gering	20%	2%	1%	1%	20%
Spitzenlasten	Verbrauch	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Verbrauchsmenge [kWh]						

Abbildung 4: Anteil der Kundenkategorien am Gesamtstromverbrauch

Auf der x-Achse wurde wiederum die Verbrauchsmenge gemäß den in Schritt 2 erstellten Kategorien aufgetragen, auf der y-Achse der Anteil des Leistungspreises am Gesamtpreis gemäß den definierten Kategorien. Die einzelnen Prozentzahlen im Inneren der Matrix zeigen nun den Anteil am Gesamtstromverbrauch in Österreich.

## Beschreibung der Kundensegmente

### Zwei Möglichkeiten zur Bedienung der Kunden:

#### 1.) Flexibilität

Derzeit sind am Markt relativ kostenintensive, komplexere on-site-Energiemanagementsysteme vorhanden. Diese haben den Vorteil, dass sie bereits etabliert sind und in vielen größeren Betrieben eingesetzt werden. Damit kann durch die jeweils passende Wahl des Gerätes sehr flexibel auf die vorhandene Infrastruktur des Kunden reagiert werden. Die Geräte laufen in der Regel 7 Tage die Woche 24 Stunden am Tag und liefern daher die konstanteste Datengrundlage. Nachteilig wirken sich einerseits die meist vorgegebene Programmierung des Gerätes und andererseits der nicht vorhandene Einfluss auf die tatsächliche Hardwareausstattung des Gerätes aus.

#### 2.) Kostenführerschaft

Um die hohen Investitionskosten in den Griff zu bekommen, wird im Zuge dieses Projektes ein eigenes Gerät mit dem Ziel entwickelt, weniger als € 100,00 Herstellungskosten zu erreichen. Der Vorteil liegt in der am Projekt orientierten Ausstattung des Gerätes. Auch die Programmierung ist in diesem Fall relativ einfach, da diese nur einmal durchgeführt werden muss und auf die anderen Geräte übertragen werden kann. Nachteilig wirken sich hier die Beschränkungen aus, die auf Grund des geringen Budgets bei der Hardware zwangsläufig ergeben werden. (siehe auch die Ergebnisse aus Arbeitspakete 3 – Technische Infrastruktur)

### **Segment A (66 % der Kunden, 22 % des Gesamtverbrauchs)**



Etwa zwei Drittel der gesamten Kunden haben sehr geringe Verbrauchswerte und kaum nennenswerte Spitzenlasten, die sich auf den Preis auswirken. Der typische Haushaltskunde ist in diesem Segment angelagert. Durch den niedrigen Verbrauch und das unelastische Preisgefüge sind im Segment A keine sehr hohen Einsparungen durch die IRON-Box zu erwarten. Diese können nur durch die große Anzahl der Kunden in Summe erreicht werden. Aufgrund der Größe dieses Segments und der erwarteten geringen Verbrauchsreduktion durch die IRON-Box wurden diese Kunden in der Untersuchung mit einer eigenen Markterschließungsstrategie (Kostenführerschaft) berücksichtigt.

### **Segment B (4 % der Kunden, 2 % des Gesamtverbrauchs)**



Mit mittlerem Stromverbrauch und geringem Leistungspreisanteil bildet dieses Segment die Grenze zwischen der Erschließungsstrategie für die Segmente A, tw. D (Kostenführerschaft) und den anderen Segmenten (Flexibilität). Da das Segment nicht punktgenau die Zielgruppe der beiden IRON-Box-Strategien darstellt, bleibt die Teilnahmebereitschaft am Pilotversuch abzuwarten und hängt wahrscheinlich stark von der intrinsischen Motivation der jeweiligen Entscheidungsträger ab.

### **Segment C (1,2 % der Kunden, 21 % des Gesamtverbrauchs)**



Im Segment C sind großteils Unternehmen zu finden, die trotz des hohen Verbrauchs keinen leistungsabhängigen Preisanteil zahlen. Dies kann beispielsweise aufgrund eines sehr konstanten Stromverbrauchs oder aufgrund eines fehlenden Managements des Strompreises der Fall sein. Aufgrund des hohen Verbrauchs sind diese Kunden für die IRON-Box sehr interessant, jedoch gilt abzuklären, ob Energiemanagement in diesem Segment bereits sehr gut oder umgekehrt nicht aktiv umgesetzt wird. Ein Einsatz der IRON-Box wird dementsprechend unterschiedlich hohe Auswirkungen auf die Stromaufwendungen für die einzelnen Kunden haben.

### **Segment D (16 % der Kunden, 11 % des Gesamtverbrauchs)**



Im zweitgrößten Kundensegment sind vor allem Privatpersonen und KMU's vertreten, die durch einen geringen bis mittleren Leistungspreisanteil die Auswirkungen von verringerten Spitzenlasten schon relativ deutlich in der Stromrechnung bemerken. Aufgrund des geringen Verbrauchs wird der Einsatz der Strategie Kostenführerschaft erfolgreicher sein als der Einsatz der teureren, flexibel auf den Kunden reagierenden Geräte. Kunden aus diesem Segment werden voraussichtlich bereits ein relativ hohes Interesse an der Teilnahme am IRON-Netzwerk haben.

### **Segment E (2,2 % der Kunden, 18 % des Gesamtverbrauchs)**



In diesem Segment spüren die Unternehmen aufgrund des großen bis sehr großen Stromverbrauchs und des bereits geringen bis mittleren Leistungspreisanteils eine Änderung in der Lastkurve zur Reduktion von Lastspitzen deutlich. Der Einsatz von flexiblen, an bestehende Systeme anschließbare IRON-Box ist in diesem Segment sinnvoll, da sich die etwas höheren Investitionskosten durch die besseren Ergebnisse bei der Lastverteilung bereits in kurzer Zeit hereinspielen und eine Doppelgleisigkeit von eventuell vorhandenen on-site-Energiemanagementsystemen vermieden wird. Kunden in diesem Segment werden voraussichtlich ein relativ starkes Interesse an der Teilnahme haben.

### **Segment F (5 % der Kunden, 7 % des Gesamtverbrauchs)**

Etwa 5 % der Kunden weisen einen überaus hohen Anteil des Leistungspreises im Vergleich zum Gesamtpreis in Verbindung mit der tatsächlich verbrauchten Strommenge aus. Dies deutet darauf hin, dass sich diese Kunden bewusst mit dem Strombezug und der Zusammensetzung der jeweiligen Energierechnung beschäftigen. Hier ergibt sich eine ähnliche Situation wie bei Segment B. Beide Marktstrategien treffen dieses Segment nicht optimal, da diese Kunden einerseits relativ kleine Verbrauchsmengen haben und sich daher die teureren Geräte erst nach einer längeren Zeit rechnen und andererseits der relativ hohen Leistungsanteil beim Gesamtpreis ein Indiz dafür ist, dass die Möglichkeiten der selbst entwickelten IRON-Box die Erwartungen der Kunden nicht erfüllen können. Die Kunden in diesem Segment werden tendenziell zum neu entwickelten Gerät tendieren, die Teilnahmebereitschaft wird höher eingeschätzt als bei Segment B.



### **Segment G (5,6 % der Kunden, 9 % des Gesamtverbrauchs)**

Dieses Segment bietet die besten Voraussetzungen für eine hohe Bereitschaft, am IRON-Netzwerk teilzunehmen. Ein hoher Leistungspreisanteil lässt darauf schließen, dass sich diese Unternehmen bereits intensiv mit dem Thema Lastoptimierung auseinandersetzen, vor allem in Kombination mit dem hohen bis sehr hohen Energieverbrauch, der Einsparungen durch Lastspitzenvermeidung relativ deutlich in die Energierechnung überträgt. Flexible Geräte, die auf bestehenden on-site-Energiemanagementsystemen aufbauen, werden für die Bedienung dieser Gruppe notwendig sein. Die Bereitschaft, bereits am Feldversuch für das IRON-Netzwerk teilzunehmen wird als sehr stark eingeschätzt.



## **Auswahl der Testkunden**

Nachdem wir auf Basis der Faktoren 1 und 2 die Kundengruppen unterteilt und grundsätzlich analysiert haben, werden spezifischere Zuordnungen getroffen, um das Zielpublikum für den tatsächlichen Testversuch enger einzugrenzen. Grundsätzlich muss die Auswahl zwei Ansprüchen gerecht werden:

1. Auswahl der Testkunden, so dass die Menge möglichst repräsentativ für einen IRON-Großeinsatz ist
2. Auswahl der Testkunden, so dass die Teilnahmebereitschaft am Testversuch möglichst hoch ist

Die beiden Ansprüche konkurrieren teilweise, da die Kundensegmentierung ergeben hat, dass die einzelnen Kundengruppen durch die unterschiedlichen Anforderungen und Ausgangslagen eine durchaus unterschiedliche Teilnahmebereitschaft aufweisen werden.

### **1.) Auswahl repräsentativer Testkunden**

Um dem ersten Anspruch gerecht zu werden, sollte die prozentuelle Aufteilung der Testkunden nach den einzelnen Kundensegmenten möglichst jener prozentuellen Aufteilung entsprechen, welche die Analyse des Gesamtmarktes in der Kundensegmentierung ergeben hat.

### **2.) Auswahl von Testkunden mit hoher erwarteter Teilnahmebereitschaft**

Um dem zweiten Anspruch gerecht zu werden, wurden drei weitere Faktoren definiert, welche Aussagekraft über die erwartete Teilnahmebereitschaft haben:

### **Faktor a.) Preissensibilität – Tarifwahl**

Bereits die Wahl der Tarife lässt bei der einzugrenzenden Kundengruppe auf eine dementsprechende Preissensibilität schließen. Eine Zuordnung könnte am Beispiel der LINZ STROM GmbH wie folgt aussehen:

- Hoch            Optima Mega +2, Vario
- Mittel           Optima Regional, Mega +1, Giga
- Niedrig         Optima Klassik, Mega free

### **Faktor b.) Wechselkunden**

Bereits aufgeschlossene Kundengruppen richten sich nach dem Angebot und wechseln oft den Anbieter. Diese so genannten Wechselkunden werden nach der Häufigkeit der Wechsel (Wechselrate) eingeteilt.

### **Faktor c.) Umweltsensible Kunden**

Durch die aktuelle Entwicklung und durch die Bewusstseinsbildung bei der Bevölkerung entschließen sich immer mehr Kundengruppen auch bei der Wahl der Energieform auf Nachhaltigkeit zu achten. Eine Gliederung der "Umweltsensiblen Kunden" könnte daher wie folgt aussehen:

- Hoch    Photovoltaikanlagen, Naturstromkunden, Biomasse, Biogas, ....
- Mittel    Wärmepumpen, Nachtstromkunden, Unterbrechbare Lieferung
- Niedrig   Regionalstromkunden

Für die tatsächliche Wahl der Testkunden werden gemäß Anspruch 1 Ziele für die gewünschte Kundenzahl in den einzelnen Segmenten definiert. Im Anschluss werden jene Kunden der einzelnen Segmente herausgefiltert, welche nach Faktor a.) über eine möglichst hohe Preissensibilität verfügen, laut Faktor b.) kaum wechseln (damit während der Testphase viele Anbieterwechsel vermieden werden) und laut Faktor c.) möglichst umweltbewusst handeln. Gemäß der sich ergebenden Listung der Wunschkunden werden diese persönlich angesprochen und zur Teilnahme am Testversuch eingeladen.

## **Anreizmodell**

Die Ausgangslage für eine Einführung des IRON-Netzwerkes wurde aus Sicht des Kunden auch im liberalisierten Strommarkt kaum verbessert. Eine vom Meinungsforschungsinstitut „market“ im Mai 2006 durchgeführte Umfrage [MeNe06] ergibt, dass sich die Österreicher kaum über die Angebote ihres Stromanbieters informieren. 6% sehr gut informierten stehen 21 % überhaupt nicht informierte gegenüber. Der Großteil der Bevölkerung fühlt sich eher schlecht als eher gut informiert. Relativ schlecht schneiden im Schnitt jene Menschen ab, die in ländlichen Regionen leben. Erstaunlicherweise hat die Schulbildung kaum einen Einfluss auf das Informationsniveau.

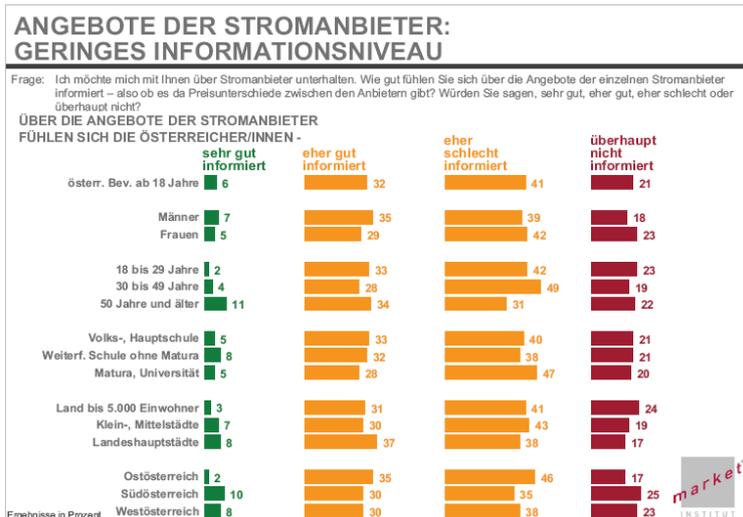


Abbildung 5: Informationsniveau der Stromkunden [Mar06]

Vor dem Hintergrund des relativ schlechten Informationsstandes des Kunden ist es kaum verwunderlich, dass die Hürde, um den Stromanbieter zu wechseln, relativ hoch ist. Bei der market-Umfrage wurde versucht, diese Hürde eindimensional in Geld auszudrücken und zwischen Kunden, die bereits einmal den Stromanbieter gewechselt haben und Stammkunden unterschieden. Die Hürde liegt im Schnitt bei 15 % Differenz zum aktuellen Anbieter. Erstaunlicherweise erhöht ein höheres Informationsniveau auch die Wechselhürde. Dies kann durch die empfundene höhere Sicherheit aufgrund des besseren Informationsstandes erklärt werden. Je besser der Kunde ausgebildet ist, desto geringer ist die Wechselhürde. Ebenfalls niedriger ist die Barriere bei jenen Personen, die schon einmal den Stromanbieter gewechselt haben.

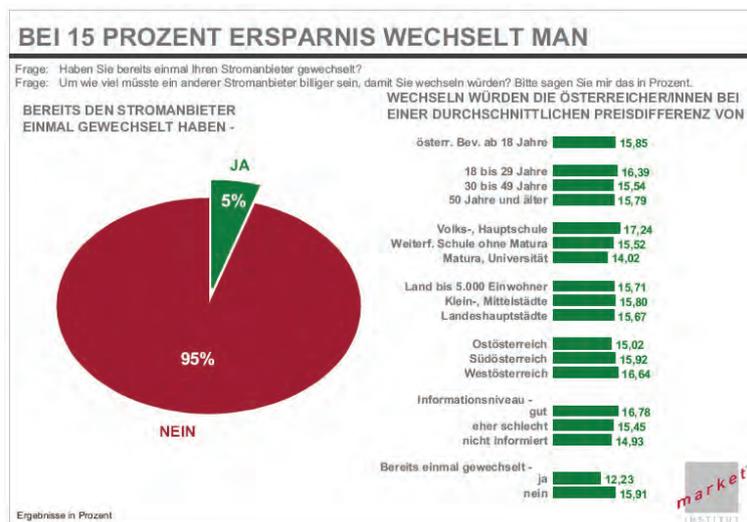


Abbildung 6: Hürde für einen Anbieterwechsel [Mar06]

Legt man diese Ergebnisse auf das Projekt IRON um, so wird ersichtlich, dass Elektrizität bei Privatpersonen ein sehr inelastisches Gut ist. Es müssen etwa 15% Preisunterschied vorhanden sein, um den Anbieter zu wechseln, obwohl dieser Wechsel kaum Auswirkungen auf den eigenen Alltag hat. Dementsprechend hoch ist die Hürde einzuschätzen, um Veränderungen im eigenen Alltag, zum Beispiel durch die Installa-

tion der IRON-Box, vorzunehmen. Das Anreizmodell kann demnach vor allem zu Beginn nicht ausschließlich auf finanziellen Maßnahmen basieren.

extrinsische Motivation		intrinsische Motivation	
materielle Anreize	immaterielle Anreize		
<b>finanzielle Anreize</b> (= direkte & indirekte Entlohnung)	<b>soziale Anreize</b> (= Kommunikation & Unternehmensstruktur)	<b>Anreize des organisatorischen Umfeldes</b> (= internes & externes Umfeld)	<b>Anreize der Arbeit selbst</b> (= Inhalte & Organisation)

Abbildung 7: Anreizsystematik zur IRON-Einführung [Berg04]

Für die Einführung der IRON-Box sollten neben den materiellen Anreizen, die nur zu extrinsischer, also von außen gesteuerter, Motivation führen, auch immaterielle Anreize bei den Kunden vorhanden sein. Ideal sind demnach Kunden, die sich bereits jetzt in einem ähnlich gelagertem Themengebiet bewegen und daher Freude an der Einführung der IRON-Box an sich haben, da sie für das eigene Fachgebiet und die eigenen Aufgaben neues Wissen erhalten.

Für die Kommunikation des Projektes ergeben sich somit folgende wesentliche Anforderungen:

- Transparenz bei den erwarteten wirtschaftlichen Effekten und offene Aufklärung über den derzeitigen finanziellen Nutzen im Vorfeld
- Vermittlung des ökologischen Zusatznutzens „Wir helfen der Umwelt“
- Vermittlung des Just-in-time-Gefühls „Wir müssen etwas tun“
- Vermittlung der technologischen Vorreiterrolle „Die beste Möglichkeit zur Energieeinsparung, der derzeit erhältlich ist“
- Vermittlung einer virtuellen Knappheit „Vorerst nur für wenige Testkunden“

Durch Beachtung dieser Punkte wird erreicht, dass jene Kunden, die nur aufgrund finanzieller Anreize an dem Projekt teilnehmen würden, gleich zu Beginn ihre Kosten-Nutzen-Überlegungen durchführen können und im schlimmsten Fall in der jetzigen Entwicklungsphase nicht am Projekt teilnehmen. Andererseits werden jene Kunden, denen auch immaterielle Anreize wichtig sind, korrekt angesprochen und über die positiven Nebenaspekte des Projektes informiert.

## Befragung potentieller Systemnutzer

Um die Zielkunden von IRON und ihre Anforderungen und Wünsche besser abschätzen zu können, wurde zusätzlich zu den obigen Untersuchungen eine Umfrage unter 86 potentiellen Nutzern durchgeführt. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich die Nutzer sehr gerne bei der Optimierung des Stromverbrauchs helfen lassen

möchten, solange dies ohne ihr zutun geschieht. Bei der Auswahl der Befragten wurde darauf geachtet, einen repräsentativen Querschnitt zu erhalten. Es sind alle Ausbildungsniveaus, alle Altersgruppen, die Regionen Österreichs sowie die Geschlechter gleichmäßig vertreten.

### 1.) Aktuelles Verbrauchsverhalten

28% der Befragten kennen die Höhe ihrer Stromrechnung nicht, weitere 34% nur in etwa auf +/- 100 Euro genau. In kWh sind es sogar 41% der Befragten, die den eigenen Verbrauch nicht kennen. Der eigene Stromverbrauch ist somit oft nicht bekannt.

83% der Befragten geben an, die größten Stromfresser zu kennen, jedoch wissen weit weniger, nur 56% der Befragten, zu welchen Zeiten diese Verbraucher aktiv sind.

### 2.) Reaktionen zum Einsatz eines elektronischen Helfers

Die Befragten sind überraschend positiv gegenüber elektronischen Helfern eingestellt. 52% können sich den Einsatz eines elektronischen Helfers zur Optimierung des Stromverbrauchs vorstellen, weiter 40% können sich dies eventuell vorstellen. Nur 8% lehnen ein solches Hilfsmittel ab.

Die überwiegende Mehrheit, 84% der Befragten, stellt die Anforderung, dass sich der Helfer binnen 3 Jahren amortisiert.

### 3.) Anforderungen an die IRON-Box

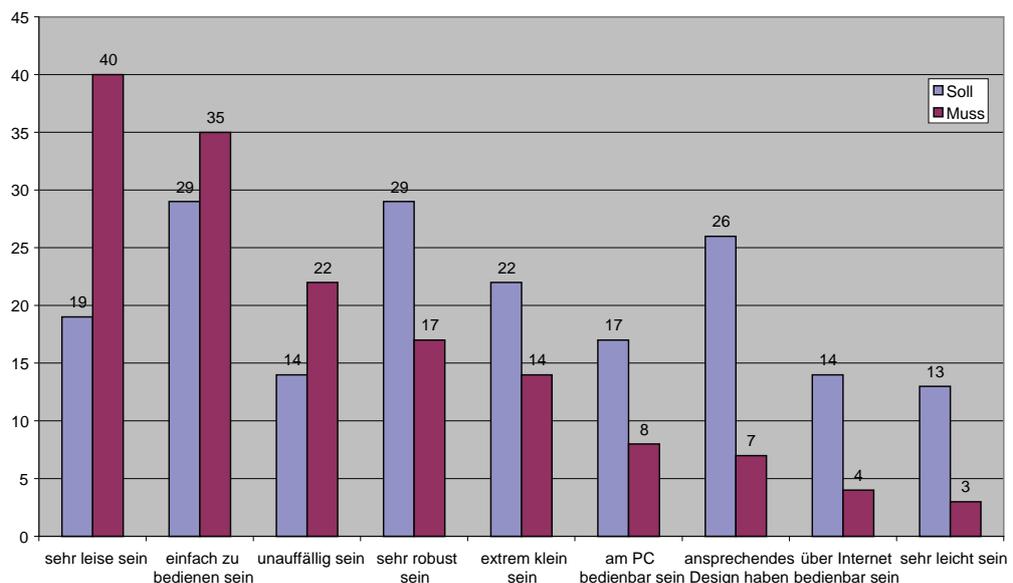


Abbildung 8: Umfrageergebnis zu Anforderungen an die IRON-Box

Um für den Kunden interessant zu sein, muss die IRON-Box vor allem leise, einfach zu bedienen, unauffällig und robust sein. Ein ansprechendes Design ist ebenfalls interessant, aber nicht unbedingt eine Voraussetzung.

#### 4.) Maximale Kosten der IRON-Box

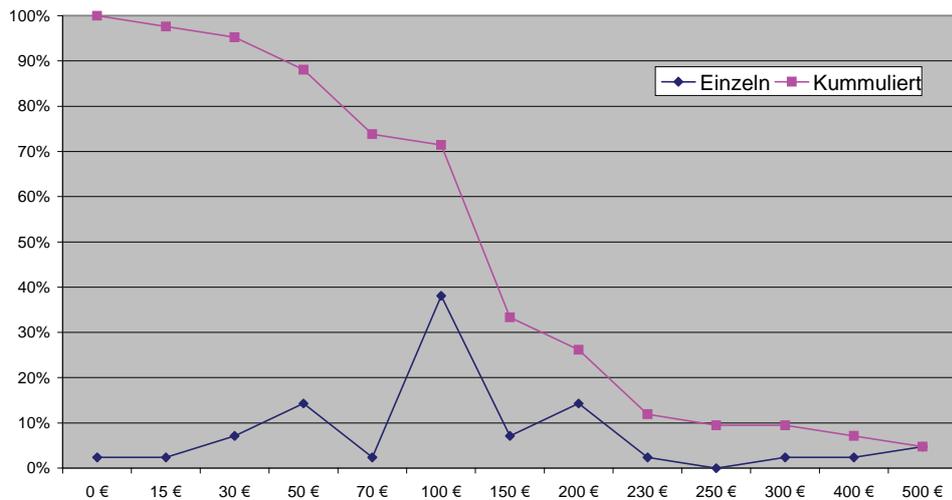


Abbildung 9: Umfrageergebnis zu maximalen Kosten der IRON-Box

Über 70% der Befragten würden 100 € oder mehr für den Erwerb eines elektronischen Helfers zur Optimierung des Strombedarfs zahlen. Dies scheint der psychologisch optimale Kostenpunkt zu sein.

#### 5.) Anwendungsgebiete der IRON-Box

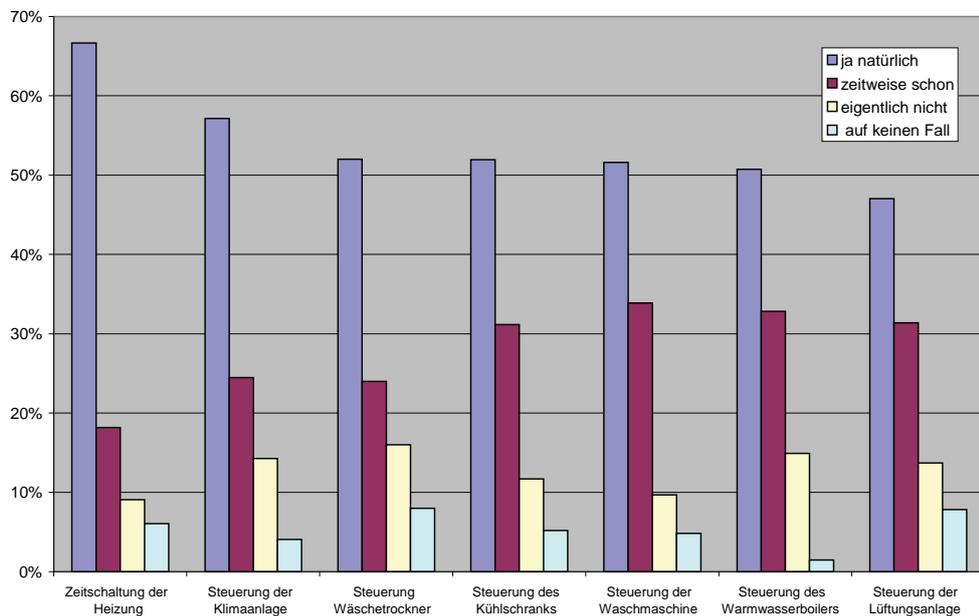


Abbildung 10: Umfrageergebnis zu Anwendungsgebieten der IRON-Box

Auch bei der Anwendung scheinen die Nutzer sehr offen zu sein. Bei der Fragestellung, in welche Prozesse der elektronische Helfer eingreifen dürfe, ist jeweils die Mehrheit der Befragten sofort mit dem Eingriff einverstanden, oder zumindest zeitweise mit der Übernahme der Steuerung durch den Helfer einverstanden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Mehrheit der Nutzer dem Einsatz eines elektronischen Helfers wie der IRON-Box positiv gegenüber steht. Alle Abläufe, welche bereits jetzt im Hintergrund in einer Wohnung ablaufen, könnten durch den Helfer ohne Bedenken der Nutzer gesteuert werden. Wichtig ist, dass die IRON-Box unauffällig ist, und dass der Nutzer nach 1 bis 3 Jahren für sich selbst feststellen kann, dass sich die Investition in dieses Gerät bezahlt gemacht hat.

---

## 1.10 Markt (AP2)

Ausgehend von den Rahmenbedingungen und Handlungsoptionen eines Netzbetreibers im liberalisierten Markt wurden Marktmodelle zur Erhöhung der Effizienz in elektrischen Energiesystemen und zur Unterstützung der Erreichung der Klimaziele entwickelt und auf rechtliche, technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu überprüfen. Dies wird untenstehend dargestellt, untergliedert in die Unterpunkte:

**Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Umsetzung** – Durch die Liberalisierung des Strommarktes sind bei der Konzeption und Umsetzung von Marktmodellen, neben den allgemeinen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen, die Regeln des freien Strommarktes und dabei insbesondere die Vorschriften der Entflechtung von Netz und Energie zu beachten.

**Marktmodell „Variabler Strompreis“** – In diesem Marktmodell soll durch Einführung eines sehr kurzfristig, variablen Strompreises ein Anreiz für Kunden geschaffen werden, den Strombezug von Zeitspannen mit hoher Nachfrage in Zeiträume mit geringerer Nachfrage zu verschieben und damit die Effizienz des Gesamtsystems zu erhöhen.

**Marktmodell „Transportkostenoptimierung“** – Die Grundidee dieses Konzeptes ist es Erzeugung und Verbrauch so aufeinander abzustimmen, dass die Netzkapazität optimiert und der wirtschaftliche Vorteil daraus den Kunden entgolten wird. Das derzeit geltende Tarifsystem schränkt eine Umsetzung dieser Marktidee sehr stark ein.

**Marktmodell „Regelenergie“** – Regelenergie wird in elektrischen Energiesystemen eingesetzt, wenn das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch gestört ist. In konventionellen Energiesystemen wird Regelenergie von Kraftwerken aufgebracht. Im IRON-Marktmodell wird Regelenergie durch Verbrauchseinrichtungen der Kunden bereitgestellt.

**Rechtliche Umsetzung** – Bei der rechtlichen Umsetzung der einzelnen Marktmodelle sind die erforderlichen Leistungsbeziehungen durch geeignete Verträge abzubilden. Im Rahmen des Projektes wurden die für die Abwicklung der IRON-Marktmodelle zusätzlich erforderlichen Vertragsbeziehungen analysiert.

**Produkte** – Zur systematischen Darstellung der Anforderungen des freien Strommarktes wurde zwischen Lieferanten- (Energie-) Produkt und Netzbetreiber- (Netz-) Produkt unterschieden. Auf Grund des derzeit sehr starren Netztarifschemas ist eine Bereitstellung eines Netzbetreiberproduktes derzeit nur eingeschränkt möglich.

### Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Umsetzung

Die Umsetzung eines Projektes (Pilotprojektes) im Bereich Stromlieferung hat die gesetzlichen Anforderungen des liberalisierten Marktes zu berücksichtigen. Die zu berücksichtigenden Regeln stehen auf der Grundlage einschlägiger EU-Richtlinien bzw. Verordnungen und sind in Bundes- (EiWOG) oder Landesgesetzen (Landes- EiWOG), darauf basierenden Verordnungen oder in besonderen oder sonstigen Marktregeln der Regulierungsbehörde niedergelegt.

Insbesondere die verbindlichen Regeln zur Entflechtung von Netz und Energiebereich machen es erforderlich diese beiden Bereiche getrennt zu betrachten und die besonderen Bedingungen des freien Marktes zu berücksichtigen. Im nachfolgenden Ab-

schnitt wird deshalb getrennt für Netz und Energie, der Istzustand der vorliegenden Rahmenbedingungen und die daraus gegebenen Handlungsoptionen dargestellt, soweit diese für das vorliegende Forschungsprojekt von Relevanz sein können.

### **Rahmenbedingungen am Markt für Netzbetreiber**

Netzbetreiber sind unabhängig von Energielieferanten und haben jeden Marktpartner (Lieferanten, Netzbewerber) diskriminierungsfrei zu behandeln. Unabhängig vom Energieliefervertrag hat ein Netzbewerber jedenfalls einen Netzanschluss- (Bereitstellung und Anschlusserrichtung) und einen Netznutzungsvertrag (Netznutzungs- und Verlustverrechnung) mit dem Netzbetreiber abzuschließen.

Für die Abgeltung der Dienstleistungen des Netzbetreibers sind entweder Tarife oder eindeutige Festlegungen über die Ermittlung der Höhe der Entgelte in den Verordnungen geregelt.

Die Entgelte für den Netzanschluss umfassen einerseits den unmittelbaren Aufwand für die Errichtung des Anschlusses und sind entweder pauschaliert oder nach Aufwand zu verrechnen und andererseits das Bereitstellungsentgelt welches gemessen am Umfang der Netzbeanspruchung (Leistung), für Investitionen im vorgelagerten Netz verrechnet wird.

Jeder Netzanschluss wird vom Netzbetreiber im Rahmen seiner Zuständigkeit einer Netzebene zugeordnet und wobei die Zuordnung entsprechend dem Optimum für alle Netzbetreiber vorzunehmen ist. Vorteile für individuelle Netzbewerber dürfen nur dann berücksichtigt werden, wenn das Gesamtoptimum nicht eingeschränkt wird.

Die Erlöse für Netznutzung ersetzen die anerkannten Kosten des Netzbetreibers, soweit diese nicht schon von den Erlösen für Netzanschlüsse abgedeckt sind. Sie setzen sich im Allgemeinen zusammen aus einer Leistungskomponente und einer Energiekomponente. Es wurden reduzierte Tarife für abschaltbare Anwendungen und erhöhte Tarife für befristete Anwendungen in der Systemnutzungstarif-Verordnung (SNT-Verordnung) festgelegt. Der Netzbetreiber ist verpflichtet die festgelegten Tarife als Fixpreise diskriminierungsfrei zu verrechnen.

Netzbetreiber haben darüber hinaus folgende weitere Tarife zu verrechnen:

- Verlustpreis bestehend aus einer Energiekomponente und
- Systemdienstleistung bestehend aus einer Energiekomponente

### **Handlungsoptionen Netz**

Das Forschungsprojekt IRON verfolgt die Zielsetzung Handlungsoptionen im Markt aufzuzeigen, mit welchen Mitteln und welchen wirtschaftlichen Auswirkungen eine Optimierung mit Hilfe des Einsatzes der verbesserten Kommunikation zwischen den Marktteilnehmern ermöglicht werden kann. Für die einzelnen Optionen welche eine Veränderung der Kosten für den Marktteilnehmer ergeben können, wurde eine Abschätzung der Potentiale versucht, um eine Prioritätenreihung für die detaillierte Analyse vorzunehmen. Die Abschätzung der Höhe des Potentials wurde auf Grundlage der bekannten Geschäftsprozesse vorgenommen. Im laufenden Projekt werden Marktmodelle entwickelt in denen eine detaillierte Analyse des Potentials durchgeführt wird.

Weiters wird betrachtet ob die gewählte Option durch eine verbesserte Kommunikation zwischen den Marktteilnehmern unterstützt werden kann. Das wesentliche Kriterium bei dieser Betrachtung bildet die Fähigkeit der Kommunikationseinrichtungen einen ökonomischen Beitrag im betrachteten Geschäftsprozess bereitzustellen.

Benennung der Option Kostenveränderung für Marktteilnehmer	Mögliches Potential	Unterstützung durch Verbesserung der Kommunikation mit dem Markt möglich
<b>Netzanschluss:</b>		
Ebenenzuordnung: Netzbetreiber entscheidet nach Optimum für alle Netzbenutzer	gering	Nein
Bereitstellungspreis: Umfang der Netzbeanspruchung (Leistung) ändern	moderat	Nein
Anschlusskosten Leistungsfähigkeit des Anschlusses	gering	Nein
<b>Netznutzung:</b>		
Maximalleistung reduzieren	groß	Nein
Energiebedarf reduzieren	groß	Nein
Energienachfrage verschieben	gering	Nein
Anwendung verbindlich unterbrechen (fixe Periode)	groß	Nein
Anwendung verbindlich unterbrechen (variable Periode)	groß	Nein
<b>Verlustpreis:</b>		
Energieanteil verändern	gering	Nein
<b>Netzdienstleistung:</b>		
Primärregelung	groß	Ja
Sekundärregelung	groß	Ja
Blindleistungsbereitstellung	gering	Nein

Tabelle 2: Potentialeinschätzung für die Handlungsoptionen Netz

Im Segment Stromnetz werden die kostenwirksamen Geschäftsprozesse einerseits der Netzanschluss und andererseits der Netzzugang gebildet.

Beim Netzanschluss ist der wirtschaftlich wirksamste Prozessabschnitt die Wahl des Anschlusspunktes für den Anschluss des Netzbenutzers im Netz. Damit ist sowohl die Zuordnung zur Netzebene, der Bereitstellungspreis und auch der Aufwand für den individuellen Anschluss festgelegt.

Unter der Voraussetzung dass der Netzbenutzer

- a) in der Lage ist den Betrieb seiner Anwendungen derart zu koordinieren dass die Leistungsfähigkeit seines Anschlusses optimiert wird und
- b) zu keinem Zeitpunkt eine Überschreitung dieser Leistungsanforderungen notwendig ist,

können alle ökonomisch wirksamen Aspekte abschließend berücksichtigt werden. Die Koordination der Anwendungen kann innerhalb der Anlage des Netzbenutzers und ohne zusätzlich Information erfolgen. Die Einführung einer zusätzlichen Kommunikationsmöglichkeit mit dem Markt ergibt keinen zusätzlichen wirtschaftlichen Anreiz, weil mit der einmaligen Festlegung des Anschlusses auch die Kosten fest stehen.

Der Prozess der Netznutzung bietet dagegen erheblich mehr Möglichkeiten der Einflussnahme. Dies insbesondere deshalb, weil kurzfristige Veränderungen der Bezugssituation ökonomische Auswirkung zur Folge haben. Die davon ableitbaren Maßnahmen können aber auch ohne zusätzliche Information vom Markt vom Kunden selbständig umgesetzt werden.

Durch eine Kommunikation mit dem Markt kann für folgende beispielhaft angeführte Handlungsoptionen der Netznutzung und des Netzanschlusses kein Optimierungspotential erkannt werden:

- „Energiebedarf oder Leistung reduzieren“, weil dies durch den Netzbenutzer unabhängig von Marktinformationen vorgenommen werden kann. Die Tarife für die Netznutzung sind in einer Verordnung kurzfristig unveränderbar und für bestimmte Zeiten als Festpreise festgelegt.
- „Anwendung verbindlich unterbrechen“ weil dies schon derzeit ohne Informationen vom Markt möglich ist
- „Blindleistungsbereitstellung“ weil nur wenige Marktteilnehmer in der Lage sind Blindleistung bereitzustellen.

Unter o.a. Voraussetzungen können aus dem Segment Stromnetz die in Tabelle 2 aufgeführten Optionen isoliert werden.

### **Rahmenbedingungen am Markt für Energie**

Am Strommarkt, der innerhalb einer Regelzone keinen Lieferbeschränkungen unterliegt, können mehrere Bilanzgruppen und innerhalb dieser, wieder verschiedene Lieferanten tätig sein. Diese Bilanzgruppen und Lieferanten erstrecken Ihre Tätigkeiten über verschiedene Netzbereiche hinweg.

Jeder Netznutzer hat mit einem Lieferanten einen Liefervertrag abzuschließen um Strom über das Netz beziehen zu können.

Einschränkungen im Hinblick auf die Anforderungen des IRON-Projektes bestehen derzeit jedoch zumindest bei der Bereitstellung der Messtechnik. Netzbetreiber haben für die Netzbenutzer die Messeinrichtungen entsprechend fest vorgegebenen Regeln bereitzustellen oder von diesen beistellen zu lassen. Wenn für ein IRON-Projekt davon abweichende Messeinrichtungen erforderlich sind müssen diese im Rahmen des Projektes bereitgestellt werden.

Pilotprojekt:

Für ein Pilotprojekt im Rahmen des IRON-Forschungsprojektes ist zu unterscheiden ob ein bestehender Lieferant nur für seine Kunden, ein Lieferant für alle Kunden oder ein unabhängiger Provider ein Pilotprojekt anbietet.

Ökonomischer *roll-out*.

Bei einer späteren ökonomischen Umsetzung der Ergebnisse des IRON-Forschungsprojektes werden Lieferanten ihren Kunden entsprechend entwickelte Dienstleistungen anbieten. Die Erfahrungen aus den IRON-Pilotprojekten werden in die technischen, ökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen einfließen.

**Variante 1:** Pilotprojekt IRON wird zwischen einem Lieferanten und seinen eigenen Kunden vereinbart

Jeder Stromkunde verfügt über einen bestehenden Stromliefervertrag mit dem Lieferanten

Die beiden Vertragspartner können jederzeit eine Vertragsänderung vereinbaren. Ein in den Marktregeln vorgesehener Wechselprozess ist nicht erforderlich.

Messtechnik:

Der Lieferant muss entweder die erforderliche Messtechnik selbst installieren lassen oder diese beim zuständigen Netzbetreiber bestellen, sofern die gemäß Marktregeln vorgesehenen Messeinrichtung (und auch die Datenbereitstellung) den Anforderungen des IRON-Pilotprojektes nicht genügt.

Abwicklung des Pilotprojektes:

Für die Abwicklung des IRON-Pilotprojektes ist ein Zusatzvertrag zum bestehenden Vertrag abzuschließen, um die Abwicklung der Lieferungen und Zahlungen eindeutig zu regeln. In diesem Vertrag ist auch die Anreizfunktion für den Kunden darzustellen.

**Variante 2:** Pilotprojekt IRON wird zwischen einem Lieferanten und allen Kunden vereinbart

Für den Anbieter des IRON-Pilotprojektes, sind abweichend zu Variante 1 folgende Optionen gegeben:

- a) Der Anbieter des IRON –Pilotprojektes gewinnt den Projektteilnehmer als eigenen Kunden im Rahmen des in den Marktregeln vorgesehenen Wechselprozesses
- b) Sofern der ursprüngliche Lieferant zustimmt übernimmt der IRON-Pilotpartner den bestehenden Stromliefervertrag und leitet Strom im Rahmen der Pilotvereinbarung an den Teilnehmer des IRON-Pilotprojektes weiter.

**Variante 3:** Pilotprojekt IRON soll von einer unabhängigen Projektgesellschaft durchgeführt werden.

Gemäß den geltenden Marktregeln muss sich die Projektgesellschaft als Lieferant anmelden. Die detaillierten Anforderungen dazu sind den Marktregeln zu entnehmen. Dann kann das Projekt mit dem neuen Anbieter gemäß Variante 1 oder 2 durchgeführt werden.

### **Handlungsoptionen Energie**

Das Forschungsprojekt IRON verfolgt die Zielsetzung, die Optionen im Markt aufzuzeigen, mit welchen Mitteln und welchen wirtschaftlichen Auswirkungen eine Optimierung mit Hilfe des Einsatzes der verbesserten Kommunikation zwischen den Marktteilnehmern ermöglicht werden kann. Unter o.a. Voraussetzungen können aus dem Marktsegment elektrische Energie nachfolgend angeführte Optionen isoliert werden. Für die einzelnen Optionen wurde eine Abschätzung der Potentiale versucht um eine Prioritätenreihung für die detaillierte Analyse vorzunehmen.

Im Segment Energie (Strom) bildet den kostenwirksamen Geschäftsprozess die Energiebereitstellung. Die zu betrachtenden Optionen stellen auf eine Veränderung des Geschäftsprozesses unter Nutzung von Informationen des Marktes ab.

Zusätzlich zu den energiespezifischen Prozessen können noch weitere wertschöpfende Dienstleistungen wie z. B.: SMART-Home Anwendungen eine Rolle spielen.

<b>Benennung der Option</b> <b>Kostenveränderung für Marktteilnehmer</b>	<b>Mögliches Potential</b>	<b>Unterstützung durch Verbesserung der Kommunikation möglich</b>
<b>Veränderung Energiebezug:</b>		
Maximalleistung reduzieren	moderat	Nein
Energiebedarf verschieben	moderat	Ja
Energienachfrage reduzieren	groß	Nein
<b>Veränderung Preismodell:</b>		
Übergang von Fixpreis auf variablen Preis (Börsenpreis, anderes Marktmodell)	moderat	Ja
<b>Veränderung Bezugsquelle:</b>		
Energieangebot (regionale Erzeugung, Erzeugung aus Öko-Erzeugung)	gering	Ja
<b>Umstellung des Energieträgers:</b>		
Umstellung der thermischen Anwendung (z. B.: Heizung auf Wärmepumpe)	groß	Ja
Einsatz neuer Technologien und Zugriff durch Serviceprovider (z. B.: Mikrogasturbine, Brennstoffzelle)	groß	Ja
<b>Nichtenergiedienstleistungen:</b>		
SMART-Home	groß	Ja

Tabelle 3: Potentialeinschätzung für die Handlungsoptionen Energie

Keine Unterstützung durch eine Kommunikation mit dem Markt kann für folgende Optionen erkannt werden:

- „Maximalleistung reduzieren“ weil dies durch den Netzbenutzer unabhängig von zusätzlichen Marktinformationen vorgenommen werden kann
- „Energienachfrage reduzieren“ weil dies durch den Netzbenutzer unabhängig vorgenommen werden kann
- „Blindleistungsbereitstellung“ weil nur wenige Marktteilnehmer in der Lage sind Blindleistung bereitzustellen.

Unter o.a. Voraussetzungen können aus dem Segment Stromnetz die in Tabelle 3 aufgeführten Optionen isoliert werden. Eine detaillierte Analyse von möglichen Marktmodellen wird in den Abschnitten 0 bis 0 vorgenommen.

### Grundsätzliche Konzeption von IRON-Prozessen

Das Ergebnis einer Analyse der Handlungsoptionen im Netz- bzw. Energiebereich des liberalisierten Strommarktes kann grundsätzlich wie folgt zusammengefasst werden:

Im Rahmen eines IRON-Projektes werden nur solche energiewirtschaftlichen Prozesse betrachtet, welche einen Mehrwert für einen der Marktteilnehmer erbringen können wobei die Umsetzung dieses Mehrwertes eine Information von einem dritten Partner erfordert.

Davon abzugrenzen sind andere energiewirtschaftliche Prozesse, welche ein Marktteilnehmer für sich allein, ohne externe Informationen, selbständig umsetzen kann. Das wesentliche Merkmal eines IRON-Prozesses besteht also darin, dass energiewirtschaftliche Prozesse bei einem Marktteilnehmer beeinflusst werden, der in einem Informationsnetzwerk mit anderen Marktteilnehmern verknüpft ist.

Diese Festlegung berücksichtigend wurden in den Abschnitten 3.3.2 bis 3.3.5 die Marktmodelle „Variabler Strompreis“, Transportkostenoptimierung, Regelernergie und ÖKO-Strom analysiert, weil für diese Umsetzungschancen erwartet wurden. Auf Grund der Analyse der Handlungsoptionen Energie existieren jedoch weitere Möglichkeiten für die Erarbeitung von Marktmodellen. Für den Fall dass in einem künftigen Netz sehr viele kleine thermische Kraftwerke (Mikrogasturbinen) verfügbar wären, könnten diese in einem Marktmodell zu einem virtuellen Kraftwerk vernetzt werden. Dieses Modell wurde wegen des Fehlens dieser Voraussetzung – die Verfügbarkeit vieler kleiner thermischer Kraftwerke – nicht entwickelt.

## Marktmodell „Variabler Strompreis“

Mit der Liberalisierung des Strommarktes im Jahre 2001 hat ein Kunde, neben dem Entgelt für die Netznutzung, für die bezogene Energie einen Preis laut jeweiligem Preisblatt an seinen Stromlieferanten zu bezahlen. Dieser Preis wird durch den jeweiligen, vom Kunden ausgewählten Stromlieferanten als Durchschnittspreis über die erwarteten Börsenpreise zuzüglich einer Dienstleistungsfee gebildet und kann neben einer Arbeitskomponente auch einen Grundpreis umfassen. Dieser Preis ist jedenfalls *unabhängig vom Zeitpunkt des Strombezuges*.

Der Stromlieferant hingegen bezahlt für seinen (oder für einen Teil dessen) Bezug bei seinem Händler oder an der Spot-Strom-Börse (EXAA-Energy Exchange Austria, EEX European Energy Exchange,...) für jede Stunde einen Preis der von Angebot und Nachfrage abhängig ist. In Abbildung 11 ist der typische Spotpreisverlauf an der Börse dargestellt. Demnach ist die Energie in Zeiten geringen Bedarfes (in der Nacht und den Morgenstunden) preiswerter, zu Zeiten hohen Bedarfes (zu Mittag und am Abend) teurer.

Die Grundidee dieses Modells besteht nun darin, dem Kunden Anreize zu bieten, sein Verbrauchsverhalten so zu ändern, dass der Bezug zu Hochpreiszeiten eingeschränkt und zu Niedrigpreiszeiten nachgeholt wird. Im Rahmen des Pilotprojektes IRON ist nun die Aufgabe zu lösen, dem Kunden eine (Markt)-Plattform bereitzustellen, welche eine Veränderung seines Verbrauchsverhaltens unterstützt. Gelingt es also den Bezug soweit zu verschieben, dass er nicht mehr in der Hochpreiszeit, sondern in der Niederpreiszeit stattfindet, ist ein wirtschaftlicher Vorteil für den Stromlieferanten gegeben den dieser an seine Kunden weitergeben kann.

Wenn die Nutzungsgewohnheiten von elektrischem Strom eines Kunden nicht unzumutbar beeinflusst werden sollen, ist die erforderliche Lastverschiebung nur über Anwendungen und energetische Prozesse möglich, welche über ausreichendes Speichervermögen verfügen. Diese Eigenschaft liegt vorwiegend bei thermischen Anwendungen vor.

Im Rahmen des Pilotprojektes IRON ist vorgesehen, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, das zur Zeit angewandte Strompreis-System – nach dem der Kunde für

Energie über einen längeren Zeitraum einen konstanten Strompreis bezahlt – durch ein Preismodell zu ersetzen, welches dem Kunden einen Anreiz bietet, sein Bezugsverhalten zu verändern. Dieses neue Preissystem soll vom Spot-Preis der Börse abhängig sein und die Aufwendungen des Händlers anteilig berücksichtigen. Durch diese Abänderung im Preissystem ist nun für den Kunden ein Anreiz geschaffen, sein Energie-Bezugsverhalten beeinflussen.

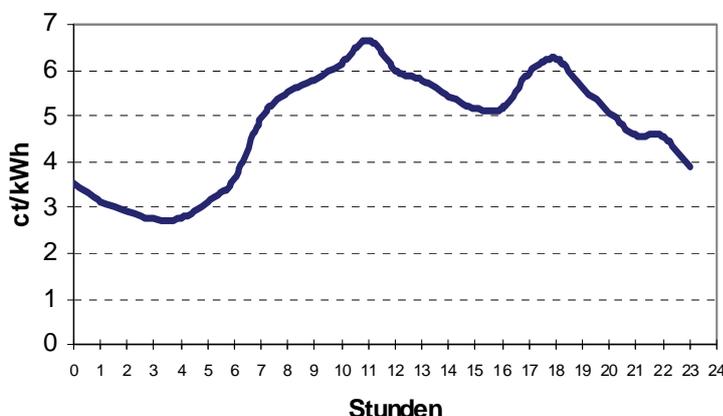


Abbildung 11: Durchschnittlicher EEX-Spotpreismarktverlauf 2005<sup>3</sup>

Das finanzielle Einspar-Potential, welches sich durch die Beeinflussung des Bezugsverhalten ergibt, wird nun anhand eines typischen Haushaltes beispielhaft erläutert:

In Österreich benötigt ein durchschnittlicher 3 Personen-Haushalt im Laufe eines Jahres ca. 5000 kWh elektrischer Energie inklusive Warmwasserbereitung und ohne Raumwärme. Davon beansprucht ein Kühlschrank ca. 6%, ein Gefriergerät ca. 7% und für die Warmwasserbereitung werden ca. 30% benötigt<sup>4</sup>. Dies ergibt insgesamt ein Energie-Potential von ca. 43% welches aufgrund der thermischen Trägheit der Stromverbrauchseinrichtungen zu einem späteren oder auch zu einem früheren Zeitpunkt bezogen werden kann. Da diese Anwendungen nicht durchgehend in Betrieb sind, ist dieser Wert mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor abzumindern. Unter der Annahme eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,5 ergibt sich ein Lastverschiebungspotential von ca. 20% des Verbrauches eines Haushaltskunden.

Das durchschnittliche Lastverhalten eines Haushaltskunden unter Berücksichtigung einer sehr großen Kundenanzahl ist in Abbildung 12 dargestellt<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> EXAA Daily Spotlight – Marktanalyse, <http://www.exaa.at/marktdaten/DSHistory2005.xls> , am 11.12.2005

<sup>4</sup> VEÖ – Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs: Jahresstrom – Verbrauchstabelle <http://www.veoe.at/70.html>, am 05.05.2006

<sup>5</sup> Synthetische Lastprofile der APCS Power Clearing and Settlement AG <http://content.apcs.at/mmedia/24.09.2004/1096028448.zip>, am 10.12.2005

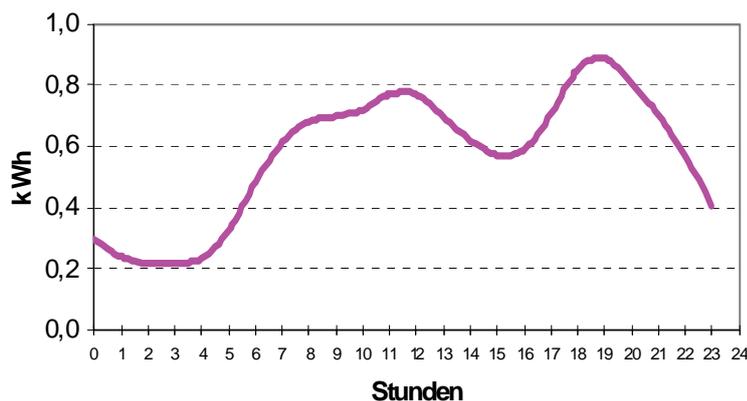


Abbildung 12: Lastprofil eines durchschnittlichen Haushaltskunden mit einer Jahresbezugsleistung von 5000kWh

Das tatsächliche Lastverhalten eines Haushaltskunden weicht jedoch erheblich von diesem Durchschnittslastverlauf ab, sodass energiewirtschaftliche Analysen und davon abgeleitete ökonomische Auswirkungen eine große Streubreite aufweisen werden.

Beispielhaft soll nun am durchschnittlichen Lastverlauf eines Haushaltskunden das Marktmodell „Variabler Strompreis“ erläutert werden. Die einzelnen Schritte sind in Abbildung 13 dargestellt.

In einer Markt-Plattform wird für alle beteiligte Kunden der aktuelle zeitabhängige Energiepreis bereitgestellt. Die Kunden können nun ein Preisniveau wählen, über dem die von Ihnen freigegebenen Einrichtungen automatisch abgeschaltet werden. Fällt der Strompreis unter diese Schaltschwelle wieder zurück, werden über die IRON-Markt-Plattform die Verbraucher wieder freigeschaltet. Die bis dahin nichtbezogene Energie kann dann, soweit notwendig, nachbezogen werden. Die Festlegung der Schaltschwellen kann auch automatisch über die Markt-Plattform erfolgen, indem z. B.: für den folgenden Tag immer als Schaltschwelle der tagesdurchschnittliche Tagesmarktpreis definiert wird. In Abbildung 13 ist dieser Funktionszusammenhang für den 23. März 2005 und für das durchschnittliche Lastprofil dargestellt. Es ist erkennbar, dass der Energiebezug reduziert wird, solange der Spotmarktpreis über der definierten Schaltschwelle liegt. Diese nicht bezogene Energie wird nach Unterschreiten der Preisschwelle nachgeholt bis der erforderliche Energiebedarf gedeckt ist.

In der bereitzustellenden Markt-Plattform sind weitere Randbedingungen wie z. B.: die Bereitstellung des Gesamtbedarfs, Vermeidung unzulässiger Betriebs- oder Prozesszustände, etc. zu berücksichtigen.

Ein kleiner Teil der Berechnung des Einsparpotentials bei einer Lastverschiebung von 20 Prozent ist in Tabelle 3 beispielhaft abgebildet. Für unser Beispiel mit den dargestellten Rahmenbedingungen (Haushalt: Jahresbezugsleistung 5000 kWh, Lastverschiebungspotential 20%, Schaltschwelle Tagesdurchschnitt des Spotmarktpreises) kann eine jährliche **Kostenreduktion von ca. 6,3%** erreicht werden.

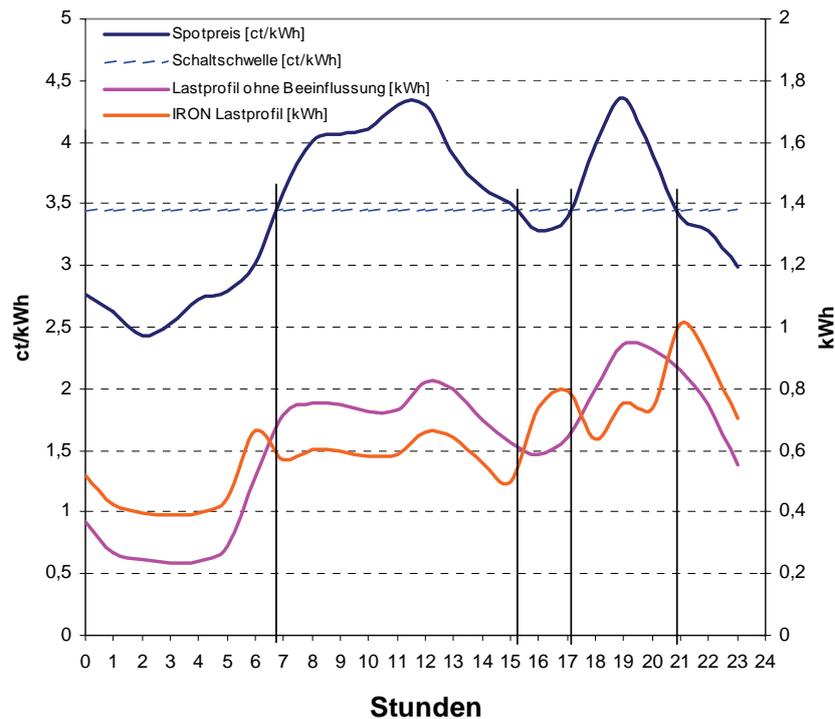


Abbildung 13: Spotmarktpreise und Lastprofile für den 23.11.2005

Datum	Stunde	Spotpreis [ct/kWh]	Verbrauch [kWh]	IRON - Leistung [kWh]	Erlös [ct]
...	...	...	...	...	...
23/03/2005	0	2,680	0,3666	0,5214	-0,4151
23/03/2005	1	2,539	0,2707	0,4255	-0,3933
23/03/2005	2	2,351	0,2437	0,3986	-0,3642
23/03/2005	3	2,437	0,2372	0,3921	-0,3775
23/03/2005	4	2,632	0,2425	0,3973	-0,4077
23/03/2005	5	2,700	0,2897	0,4445	-0,4182
23/03/2005	6	2,920	0,5115	0,6663	-0,4523
23/03/2005	7	3,500	0,7140	0,5712	0,4998
23/03/2005	8	3,914	0,7566	0,6053	0,5923
23/03/2005	9	3,959	0,7482	0,5986	0,5924
23/03/2005	10	4,010	0,7268	0,5814	0,5829
23/03/2005	11	4,200	0,7334	0,5867	0,6160
23/03/2005	12	4,200	0,8234	0,6587	0,6916
23/03/2005	13	3,800	0,8017	0,6413	0,6093
23/03/2005	14	3,542	0,6977	0,5581	0,4942
23/03/2005	15	3,416	0,6242	0,4993	0,4264
23/03/2005	16	3,190	0,5843	0,7391	-0,4941
23/03/2005	17	3,300	0,6402	0,7950	-0,5112
23/03/2005	18	3,879	0,7972	0,6378	0,6185
23/03/2005	19	4,260	0,9462	0,7570	0,8062
23/03/2005	20	3,800	0,9249	0,7399	0,7029
23/03/2005	21	3,300	0,8583	1,0132	-0,5112
23/03/2005	22	3,196	0,7469	0,9017	-0,4951
23/03/2005	23	2,903	0,5518	0,7066	-0,4497
...	...	...	...	...	...

Tabelle 3: Berechnung des Erlöses bei 20%iger IRON Lastverschiebung anhand realer Spotmarktpreise

## Ökonomische Bewertung

**Haushalt** – Wie schon am obigen Beispiel erläutert, liegt der Stromverbrauch eines durchschnittlichen 3 Personen Haushaltes bei ca. 5000 kWh inklusive der Warmwasserbereitung und ohne Raumwärme. Die Energiekosten an der Österreichischen Strombörse betragen für diese Jahresverbrauchsmenge im Jahre 2005 ca. 256 Euro. Unter der getätigten Abschätzung dass ein Lastverschiebungspotential von 20 Prozent in einem Haushalt ständig verfügbar ist und dieses bei Über- und Unterschreiten des Tagesdurchschnittspreises durch die IRON-Plattform folgerichtig geschaltet wird, ergibt sich bei Berücksichtigung der Spotpreise des Jahres 2005 ein Einsparpotential von ca. 16 Euro. Diese Einsparung entspricht etwa 6,3% der Energiekosten eines Haushaltskunden. Diese, eher als gering einzustufende Ersparnis, würde sich bei einer absehbaren zukünftigen Erhöhung des Strompreises durch Steigerung des Preises für Primärenergieträger (Gas, Öl,...), durch die Kosten der CO<sub>2</sub>-Zertifikate u.a.m. vergrößern.

**Gewerbe und Landwirtschaft** – Bei diesen Kundensparten ist der Energiebedarf aufgrund der größeren Anzahl und der leistungsstärkeren elektrischer Verbraucher größer und somit ist das wirtschaftliche Potential höher einzustufen als bei Haushaltskunden. Untersuchungen des Fachverbandes für Energiemarketing und –Anwendung beim VDEW ergeben einen durchschnittlichen Energiebedarf für Landwirtschaft und Gewerbe von ca. 10.500kWh für ein Jahr [4]. Es ist anzunehmen das größtenteils Anwendungen, welche elektrische in mechanische Energie umwandeln zum Einsatz kommen. Diese Verfahren besitzen kein Speichervermögen, welches zur Realisierung des IRON-Marktmodells nutzbar wäre. Dadurch ist das Lastverschiebungspotential und damit auch das Einsparungspotential sehr stark von der jeweiligen Branche abhängig. Eine individuelle Untersuchung (Beratung) der Unternehmen ist vor Einsatz des IRON-Marktsystems erforderlich.

**Industrie** – Aufgrund der jetzigen Tarifsituation, die Strompreise beinhalten neben einer Arbeits- auch eine Leistungskomponente, setzen Industriekunden mit hohen Strombezugsmengen Maximumwächter ein. Das heißt dass Verbrauchseinrichtungen abgeschaltet werden, wenn das vertraglich festgelegte Leistungsniveau überschritten wird. Diese Einrichtungen werden erst nach Freigabe des Maximumwächters wieder eingeschaltet. Dieses Lastmanagement richtet sich allein nach dem Lastspitzenwert, beinhaltet aber nicht den aktuellen Börsenpreis für die Energie.

Als Alternative kann das IRON-Börsenpreismodell eingesetzt werden oder mit dem vorhandenen Lastmanagement kombiniert werden. Verfügt der Industriekunde über ausreichendes Lastverschiebungspotential, also thermische Prozesse, ist aufgrund der schon erwähnten hohen Strombezugsmengen ein erhebliches Einsparpotential zu erwarten.

## Marktmodell Transportkostenoptimierung

Mit der Liberalisierung des Strommarktes wurde eine Trennung des Energiebereichs vom Netzbereich durchgeführt. Diese Trennung wird im deutschen Sprachgebrauch „Entflechtung“ genannt. Im englischen Sprachgebrauch wird dieser Vorgang unter dem Begriff „Unbundling“ geführt.

Für die Ermittlung des Netzentgeltes wurde in den einzelnen Mitgliedsstaaten der EU und so auch in Österreich eine Regulierungsbehörde für zuständig erklärt, welche ein besonderes Verfahren für die Ermittlung der Netztarife entwickelt hat. Dieses Verfahren sieht vor, dass für einzelne Netzebenen (Spannungsebenen) die Kosten ermittelt und so weit relevant, anerkannt werden. Die Netztarife werden dann ermittelt indem

die anerkannten Kosten auf die aus den Ebenen abgegebenen Energiemengen bzw. Leistungen umgeschlagen werden.

		Einheit	Wälzung aus vorgelagerter Ebene	Kosten der Ebene	Einspeisung in die Ebene	Wälzung in nachgelagerte Ebene	Wälzung aus Ebene
Ebene n-1	Tarif Ebene n-2	Ct/kWh	0,7				
	Menge	GWh	3000		2000	1000	4000
	Einsp. In Ebnene n	GWh					
	Kosten	€	21.000.000	60.000.000			
	Gesamtkosten	€		81.000.000			
	Tarif der Ebene n-1	Ct/kWh	1,620				
Ebene n	Tarif der Ebene n-1	Ct/kWh	1,620				
	Menge	GWh	1000		200	700	500
	Einsp. In Ebnene n	GWh			0		
	Kosten	€	16.200.000	30.000.000			
	Gesamtkosten	€		46.200.000			
	Tarif der Ebene n	Ct/kWh	3,850				
Ebene n+1	Tarif der Ebene n	Ct/kWh	3,850				
	Menge	GWh	700		100	500	300
	Einsp. In Ebnene n	GWh					
	Kosten	€	26.950.000	40.000.000			
	Gesamtkosten	€		66.950.000			
	Tarif der Ebene n+1	Ct/kWh	8,369				

Tabelle 4: Tarifiermittlung mittels Wälzungsverfahren ohne IRON Beeinflussung

		Einheit	Wälzung aus vorgelagerter Ebene	Kosten der Ebene	Einspeisung in die Ebene	Wälzung in nachgelagerte Ebene	Wälzung aus Ebene
Ebene n-1	Tarif Ebene n-2	Ct/kWh	0,7				
	Menge	GWh	2900		2000	900	4000
	Einsp. In Ebnene n	GWh					
	Kosten	€	20.300.000	60.000.000			
	Gesamtkosten	€		80.300.000			
	Tarif der Ebene n-1	Ct/kWh	1,639				
Ebene n	Tarif der Ebene n-1	Ct/kWh	1,639				
	Menge	GWh	900		300	700	500
	Einsp. In Ebnene n	GWh			100		
	Kosten	€	14.748.980	30.000.000			
	Gesamtkosten	€		44.748.980			
	Tarif der Ebene n	Ct/kWh	3,729				
Ebene n+1	Tarif der Ebene n	Ct/kWh	3,729				
	Menge	GWh	700		100	500	300
	Einsp. In Ebnene n	GWh					
	Kosten	€	26.103.571	40.000.000			
	Gesamtkosten	€		66.103.571			
	Tarif der Ebene n+1	Ct/kWh	8,263				

Tabelle 5: Tarifiermittlung mittels Wälzungsverfahren mit IRON Beeinflussung

Es ergibt sich somit ein Wälzungsverfahren, welches Kosten von den oberen Spannungsebenen zu den unteren Spannungsebenen wälzt. Indem die Kosten der einzelnen Netzebenen durch Mengen (Energiemengen und Leistungen) gewälzt werden, kann ein ökonomischer Anreiz über die Kostenfunktion nur durch Veränderung der Kosten einerseits oder der Änderung der transportierten Mengen bereitgestellt werden.

Eine Beeinflussung der Kosten in einer Netzebene ist mit Hilfe der Erzeugungsanlagen (ÖKO-Strom oder konventionelle dezentrale Erzeugungsanlagen) nur dann mög-

lich, wenn diese Erzeugungsanlagen Speiseaufgaben übernehmen, welche ansonsten über die Netze getätigt werden müssen.

Diese Funktion kann von diesen Kraftwerksanlagen jedoch nur dann übernommen werden, wenn die Bereitstellung der erforderlichen Leistung nachhaltig d.h. dauerhaft gesichert ist. Die tarifrelevanten Kosten können in diesem Wälzungsmodell über die eingespeiste Energie und die eingespeiste Leistung verändert werden.

In diesem Prozess der Tarifbestimmung werden aber die veränderten Netzkosten auf die gesamte Netzebene angerechnet.

Die so in einer Netzebene z. B.: eingesparten Netzkosten werden von einem Netzteil in einen anderen transportiert, damit werden Vorteile für Netzkunden in einem Netzteil zu Mehrkosten für Kunden in einem anderen Netzteil führen.

Die Wirkungsweise der Kostenverschiebung im derzeit verordneten Kostenmodell wird am nachfolgenden Beispielnetz (Tabelle 4 und 5) mit realistischen, aber willkürlichen Zahlen dargestellt.

In Tabelle 4 wird die Tarifiermittlung auf Basis eines Grund Szenarios dargestellt. In Tabelle 5 wird in der Ebene n eine zusätzliche Einspeisung von 100 GWh (etwa 8,3% der Abgabe aus der Ebene) eingeführt. Diese Veränderung führt auf der vorgelagerten Ebene zu höheren Tarifen und auf der Ebene in der die Änderung auftritt und allen nachgelagerten Ebenen zu niedrigeren Tarifen. Somit sind von der geänderten Einspeisung alle Kunden im Netz betroffen; ein individueller Anreiz für einen einzelnen Kunden ist im österreichischen Tarifs system derzeit nicht umsetzbar.

Anhand dieses Beispiels ist erkennbar, dass eine regionale Einspeisung auch dann, wenn sie einen nachhaltigen Beitrag zur Netzentlastung liefert, aufgrund des globalen Wälzungsmodells nur eine Gesamtauswirkung auf eine oder mehrere Netzebenen hat, und der Anreiz für die regionale Kraftwerksanlage nur sehr vermindert wirken kann. Der wesentlich Grund für dieses Verhalten ist liegt darin, dass Einsparungen immer allen Kunden einer Netzebene zugute kommen.

Damit ist in diesem Modell ein Anreiz für einen einzelnen oder mehrere Kunden in einem regionalen Netzteil nur abgeschwächt realisierbar.

Im derzeit bestehenden Netztarifmodell ist daher kein wirtschaftlicher Anreiz zur Transportkostenoptimierung umsetzbar. Einerseits kann infolge der verordneten, durch Ereignisse oder Informationen des Marktes kurzfristig nicht veränderbare Fixpreise kein Verhaltensanreiz geboten werden. Andererseits ist durch die Besonderheit des Wälzungsmodells, in dem Kostenveränderungen nicht einzelnen individuellen Kunden, sondern einer ganzen Netzebene zugerechnet werden, auch ein längerfristiger Vorteil für einzelne Marktteilnehmer nur im geringen Ausmaß darstellbar.

### **Anforderungen an ein Netztarifmodell welches lokale bzw. regionale Anreize zulässt**

In den nachfolgenden Ausführungen wird diskutierte welche Eigenschaften ein Tarifsystem haben müsste, damit die dezentralen Erzeugungsanlagen einen nachhaltigen Anreiz für die Netzentlastung liefern können soll.

Eine nachhaltige Bereithaltung oder Entlastung der Netzkapazität ist dann gegeben, wenn dauerhaft eine bestimmte Versorgungsleistung von den dezentralen Anlagen übernommen wird.

Beispielhaft kann eine nachhaltige Bereitstellung der Netzentlastung von Photovoltaikanlagen nur insofern bereitgehalten werden, wenn Verbraucher nur dann eingeschaltet werden, wenn diese Photovoltaikanlagen Energie ins Netz einspeisen. Nach

den derzeit üblichen Kriterien für eine sichere Stromversorgung ist daher eine nachhaltige Bereithaltung von elektrischer Leistung nur von solchen dezentralen Anlagen erwartbar, welche gesichert über einen längeren Zeitraum laufen können und für welche bei deren Abschaltung für Revisionen oder Störungen entsprechende Ersatzspeisungen verfügbar sind.

Durch den Einsatz von Erzeugungsanlagen mit diesen Eigenschaften können regionale Einsparungen der Netzbetreiber langfristig dargestellt werden. Damit ist gemeint, dass bestehende Netzanlagen entweder nicht erweitert werden müssen oder neue Anlagen nicht errichtet werden müssen. Diese Kosteneinsparungen können nur bei Wahl eines geeigneten Tarifsystems an die Kunden weitergegeben werden welche die Kostenreduktion verursacht haben.

Einen Anreiz für einen regionalen Einspeiser oder einen regionalen Verbraucher kann in einem ausreichenden Maße nur dann bereit gestellt werden, wenn die Netztarife nicht wie derzeit an Netzebenen, sondern sehr kleinräumig an Trafostationen oder an Anschlusspunkten orientiert werden.

Eine derartige Tarifstruktur hätte allerdings sehr unterschiedliche Tarife in einem Netzbereich, abhängig davon ob der Kunde sehr nahe an einer Einspeisestelle oder sehr weit weg von einer Einspeisestelle liegt, zur Folge.

Ein derartiges Tarifsystem wurde im Zuge der Diskussion, welches Tarifsystem im Rahmen der Realisierung der Liberalisierung des Strommarktes umzusetzen wären, erörtert. Aus politischen Gründen (sehr unterschiedliche Tarife der Kunden) und auch wegen einer sehr aufwändigen Administration, ausgehend von der Ermittlung bis hin zur Abrechnung, ist dieses Modell verworfen worden.

Ob im Zuge künftiger Energieengpässe oder Energiepreissteigerungen ein derartiges Modell in Diskussion kommen könnte, ist derzeit nicht festlegbar. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Einführung eines solchen Tarifsystems erst nach sehr erheblichen Störungen des derzeitigen Stromversorgungssystems überlegt wird und es ist unsicher, ob es dann auch politische Unterstützung finden könnte.

## Marktmodell Regelenergie

Technische und organisatorische Rahmenbedingungen für die Bereitstellung von Regelenergie

In einem Stromversorgungsnetz ist zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit jederzeit das Gleichgewicht zwischen eingespeister und entnommener elektrischer Energie aufrechtzuerhalten. Störungen dieses Gleichgewichts führen sehr rasch zu einer Änderung der Netzfrequenz. Insbesondere Stromerzeugungsanlagen reagieren sehr empfindlich auf Frequenzänderungen, sodass strikte internationale Regeln [UCTE04] für die Einhaltung des zulässigen Frequenzbandes vereinbart wurden. Entsprechend diesen Regeln sind nur geringe Abweichungen von der Nennnetzfrequenz von 50 Hertz zulässig. Im ungestörten Netz ist eine maximale Frequenzabweichung von +/-20 mHz einzuhalten. Bei einer Überschreitung dieser Grenze werden Regemaßnahmen vorgenommen, sodass eine maximale quasistationäre Abweichung im gestörten Netzbetrieb von +/- 180 mHz (eine dynamisch Frequenzabweichung von +/- 800 mHz) im Regelfall nicht überschritten wird.

Bewirken Ereignisse im Netz größere Frequenzabweichungen, werden im Netz Schaltmaßnahmen (Abschaltung von Erzeugungsanlagen oder Verbrauchslasten, Inbetriebnahme von Kraftwerken, Teilnetzbildung) vorgenommen, um Teile des internationalen Verbundnetzes funktionsfähig zu erhalten.

Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen betreffen ausschließlich den Frequenzbereich 50 +/-0,18 Hz.

Damit den Kunden der Betrieb der Verbrauchseinrichtungen ohne Einschränkung des mit ihren Netzbetreiber und Stromlieferanten vertraglich vereinbarten Rahmen möglich ist, wird zurzeit das Leistungsgleichgewicht durch Regelung der Erzeugung hergestellt. Dies geschieht derzeit ausschließlich in Regelkraftwerken, welche für die Bereitstellung von Regel (-leistung) -energie geeignet sind (Pumpspeicherkraftwerke, Laufkraftwerke). Die Bereitstellung von Regel (-leistung) –energie in thermischen Kraftwerken ist derzeit nicht üblich, weil dabei im Allgemeinen eine angedrosselte Betriebsweise erforderlich ist. Dies hat eine Verschlechterung des Wirkungsgrades zur Folge wodurch sich diese Betriebsweise als sehr unwirtschaftlich darstellt.

Regel (-leistung) -energie wird, abhängig von der zeitlich gestaffelten Einsatzweise in grundsätzlich drei Kategorien mit unterschiedlichen Aufgaben und Anforderungen unterteilt.

- **Primärregelung** kommt sehr rasch nach Eintritt einer Störung des Energiegleichgewichtes im Netz (Frequenzabweichung) in allen Regelzonen des Verbundnetzes zum Einsatz
- **Sekundärregelung** hat die Aufgabe, die Primärregelung abzulösen und die Behebung des Energieungleichgewichtes auf die verursachende Regelzone zu konzentrieren
- **Minutenreserve** hat die Aufgabe, die Sekundärregelung abzulösen

### **Primärregelung**

Tritt eine Störung des Gleichgewichts zwischen eingespeister und abgenommener Energie auf, verursacht diese eine Frequenzabweichung von der Grundfrequenz von 50 Hz. Beträgt diese Frequenzabweichung mehr als +/- 20 mHz wird die Primärregelung aktiviert.

Derzeit sollte in Österreich in ausgewählten Kraftwerken (Engpassleistung >1 MW) durch den Primärregler eine an die Frequenzänderung angepasste Leistungsänderung durchgeführt werden. Dabei wird je nach Bedarf die Leistung des Kraftwerkes vergrößert oder verkleinert, mit dem Ziel die Frequenzabweichung zu reduzieren.

Eine gleichartige Wirkung könnte auch durch eine folgerichtige Steuerung von Verbraucherlasten erzielt werden.

Der Regelzonenführer (RZF) ist die zentral verantwortliche Stelle für die Durchführung der Primärregelung in seiner Regelzone. Für die Erfüllung der Aufgaben und Ziele der Primärregelung entsprechend den geltenden nationalen und internationalen Regeln, muss der RZF ein ausreichend großes Primärregelband (Regelzone Ost etwa 70 MW) vorhalten.

### **Sekundärregelung**

Im Verbundnetz bestehen nach dem Ausregeln einer plötzlichen Abweichung der eingespeisten und bezogenen Leistung durch die Primärregelung quasistationäre Abweichungen (in Bezug auf die Sollwerte) sowohl der Frequenz als auch der Übergabeleistungen zwischen den einzelnen Regelzonen.

Die Sekundärregelung erfüllt in diesem Zusammenhang zwei Funktionen:

- Bei geringen Frequenzabweichungen gewährleistet die Sekundärregelung die Aufrechterhaltung der vereinbarten Übergabeleistungen, die am Regler der entsprechenden Regelzone eingestellt sind.
- Bei größeren Frequenzabweichungen (insbesondere nach dem Ausfall mehrerer großer Erzeugungseinheiten oder Netzteile) gewährleistet die Sekundärregelung, dass die Beteiligung an der Primärregelung der verschiedenen Regelzonen aufrechterhalten wird, bis die von dem Erzeugungs- oder Netzausfall betroffene Regelzone die fehlende Leistung durch Einsatz von Minutenreserve wieder ausgeglichen hat.

Zielsetzung der Sekundärregelung ist es, die Frequenz auf ihren Sollwert und die Übergabeleistungen zwischen den Regelzonen auf die vereinbarten Werte zurückzuführen und damit die gesamte aktivierte Primärregelleistung wieder als Reserve zu Verfügung zu haben.

Der Eingriff der Sekundärregelung, vom automatischen Erkennen bis hin zur Ausregelung einer Abweichung, dauert einige Minuten und ist somit zeitlich von der Primärregelung entkoppelt.

Der Regelzonenführer (RZF) ist die zentral verantwortliche Stelle für die Durchführung der Sekundärregelung in seiner Regelzone. Für die Erfüllung der Aufgaben und Ziele der Sekundärregelung entsprechend den geltenden nationalen und internationalen Regeln, muss der RZF ein ausreichend großes Sekundärregelband (Regelzone Ost etwa 170 MW) vorhalten.

Um den dynamischen Anforderungen an die Sekundärregelung entsprechen zu können, hat der RZF darauf zu achten das die gesamte Sekundärregelleistung des Anbieters in maximal 5 Minuten zur Verfügung steht. Dies stellt eine Rahmenbedingung für die Vergabe und den tatsächlichen Einsatz von Sekundärregelleistung dar.

Die von den einzelnen RZF benötigte Sekundärregelleistung wird von Kraftwerksbetreibern innerhalb der Regelzone vertraglich sichergestellt. Kraftwerksbetreiber müssen die technisch/betrieblichen, informationstechnischen und organisatorischen Voraussetzungen erfüllen und an die Sollwertvorgabe des Sekundärreglers des RZF angeschlossen sein.

Derzeit beteiligen sich in Österreich ausgewählte Kraftwerke (Engpassleistung >5MW) an der Bereitstellung der Sekundärenergie.

### **Tertiärregelung (Minutenreserve)**

Zur zeitlichen Ablöse der Sekundärregelleistung wird von den RZF Minutenreserveleistung benötigt. Die Wiederherstellung des Sekundärregelbandes, sollte entsprechend der internationalen Regel innerhalb von 15 Minuten erfolgen. Auch bei der Minutenreserve wird zwischen negativer und positiver Regelenergie unterschieden. Die Minutenreserve wird durch Leitungserhöhung oder Leistungsreduktion in im Betrieb befindlichen Kraftwerken bereitgestellt.

Grundsätzlich wäre es auch möglich, Verbrauchseinrichtung ein- oder auszuschalten, wenn dies vorher vereinbart worden ist.

### **Markt für Regelenergie**

Die Aufbringung der Regelenergie kann durch Marktteilnehmer erfolgen, die im Wettbewerb zueinander stehen und ihre Angebote dem jeweiligen Regelzonenführer unterbreiten. Um am Regelenergiemarkt teilnehmen zu können, müssen die Anbieter die erforderlichen Voraussetzungen erfüllen. In Österreich hat sich seit dem Jahr 2001 ein

Markt für Minutenreserve entwickelt. Ein Markt für Primärregelleistung kann in Österreich auf der Grundlage des Versorgungssicherheitsgesetzes 2006 entstehen. In Deutschland existiert ein Markt für Sekundärregelenergie für Anbieter, welche die nötigen technischen Anforderungen in einem Präqualifikationsverfahren [TrCo03] nachgewiesen haben.

Für die Koordinierung des Einsatzes der Regelenergie ist der Regelzonenführer verantwortlich.

Eine Regelzone ist die kleinste Einheit des Europäischen Verbundsystems UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity), die mit einer Frequenz-Leistungsregelung ausgerüstet und betrieben wird. Österreich ist in drei Regelzonen mit zugehörigen Regelzonenführern unterteilt:

- Regelzone Ost (APG)
- Regelzone Tirol
- Regelzone Vorarlberg

Ist in einer Regelzone nicht genügend Regelenergie vorhanden, wird diese im Bedarfsfall von den benachbarten Regelzonen im Rahmen des ungewollten Austausches bezogen. Der daraus resultierende Austausch an Energie über die Regelzonen hinweg (Delta der Regelzone) muss vom Regelzonenführer so rasch wie möglich wieder auf den Sollwert zurückgeführt werden.

Die Lieferung von Regelenergie von einer Regelzone in eine andere ist derzeit nicht Standard, aber technisch möglich. Ein Anbieter von Regelenergie aus einer anderen Regelzone hat entsprechend den technischen und organisatorischen Regeln der UCTE, dafür Sorge zu tragen, dass der regelzonenüberschreitende Energieaustausch regelkonform abgewickelt wird und die Zustimmung der beteiligten Regelzonenführer vorliegt.

Der Grundgedanke des IRON-Regelenergiemodells besteht nun darin, Regelenergie durch Veränderung der Last beim Verbraucher dem Regelzonenführer zum Einsatz anzubieten. Die Umsetzung dieses Modells erfolgt durch Vorhaltung schaltbarer Lasten. Bei Anforderung von Regelenergie durch den Regelzonenführer muss das IRON-System in der Lage sein, jederzeit nach Bedarf Lasten/Verbraucher zu- oder abzuschalten. Dies setzt einerseits eine Freigabe des Gerätes durch den Kunden voraus, und gleichzeitig muss das IRON-Marktsystem Kenntnis über den Betriebszustand des Gerätes besitzen, um daraus ableiten zu können, ob es zur Regelenergiebereitstellung herangezogen werden kann oder nicht. Andererseits ist es erforderlich, dass das IRON-Marktsystem die Information erhält, dass Regel(-leistung)-energie aktuell bereitgestellt werden muss.

Der wirtschaftliche Anreiz für den Kunden besteht in der Abgeltung für die bereitgestellte Regelleistung.

### **Auswirkungen auf die Kunden**

Für die oben beschriebenen Kategorien der bereitzustellenden Regel (-leistung) -energie ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen für die Kunden:

#### **Primärregelleistung**

Die Bereitstellung von Primärregelleistung erfolgt sehr rasch, dauert aber nicht lange, weil die eingesetzte Primärregelleistung innerhalb einiger Minuten von der Sekundär-

regelung abgelöst wird. Das Benutzerverhalten von Kunden wird dabei nur geringfügig beeinträchtigt sodass eine hohe Akzeptanz der Kunden erwartet werden kann.

Die Information, ob Primärregelleistung eingesetzt werden muss, kann durch eine Frequenzmessung der Netzspannung gewonnen werden, sodass keine informationstechnischen Anforderungen zum Regelzonenführer auftreten werden. Schlüsselpunkt wird die Entwicklung billiger und genauer Frequenzmeseinrichtung sein.

### **Sekundärregelleistung**

Die Bereitstellung von Sekundärregelleistung dauert jedenfalls länger als die Bereitstellung der Primärregelleistung (15 min) und ist aus der Sicht der Kunden ebenfalls als akzeptabel einzustufen. Der Abruf von Sekundärregelung erfolgt derzeit aber direkt über den Sekundärregler des Regelzonenführers, sodass eine rasche Informationsübertragung zwischen Sekundärregler (Messeinrichtung des Austausches über die Regelzone), IRON-Zentrale und zu schaltenden Verbrauchseinrichtungen bereitgestellt werden müsste.

### **Bereitstellung von Minutenreserve**

Die Bereitstellung von Minutenreserve dauert erheblich länger als die Bereitstellung der Sekundärregelleistung (15 min) und ist aus der Sicht der Kunden eher nicht akzeptabel. Informationstechnisch sind keine Probleme zu erwarten, weil der Abruf auch telefonisch erfolgen kann.

### **Ökonomische Bewertung**

Die Bereitstellung von Regelleistung (-energie) erfolgt derzeit ausschließlich aus Kraftwerken. Deshalb ist der Preis für Regelleistung (-energie) an den Produktionskosten zu messen. Entsprechend den typischen Investitionskosten für Kraftwerke und unter Berücksichtigung der Betriebs-, Instandhaltungs- und Primärenergiekosten ergeben sich Kosten für die Bereitstellung der Regelleistung in der Größenordnung von 100 – 300 Euro/kW pro Jahr, wenn kein Arbeitspreis berücksichtigt wird. Diese Kostenstruktur bildet die Grundlage für die Bildung eines Marktpreises für Regelenergie.

**Primärregelung** – Durch Einführung eines Regelenergiemarktes in Österreich im Zuge der Umsetzung des Versorgungssicherheitsgesetzes 2006 wird sich das Preisniveau für die Regelenergie erst zeigen, nachdem durch das IRON-Regelenergie-Marktmodell die Kosten für die Erzeugung in Kraftwerken in der oben dargestellten Größenordnung ergeben. Entsprechend den UCTE-Richtlinien muss Europa insgesamt 3000 MW Primärregelenergie laufend bereithalten. Hiervon entfallen auf die Regelzone in Ostösterreich etwa 70 MW. Anteile dieser von Ostösterreich bereitzuhaltenden Regelleistung könnten durch schaltbare Lasten im Rahmen der IRON-Marktplattform bereitgestellt werden.

**Sekundärregelung** – Für Sekundärregelenergie ist derzeit in Österreich noch kein unmittelbarer Markt vorgesehen. Es existiert jedoch ein mittelbarer Markt für Sekundärregelenergie. Auf diesem Markt wird jene Energie gehandelt welche der RZF im Naturalaustausch an seine Vertragspartner rückliefern muss.

Der Regelzonenführer ruft in Österreich die erforderliche Sekundärregelenergie von seinen Vertragspartnern ab. Dieser Abruf erfolgt auf der Grundlage von Verträgen in denen festgelegt ist, dass die abgerufenen Energie bewertet wird und entsprechend

der Bewertung im Naturalaustausch rückgeliefert wird. Dieser Markt bietet einen Anhaltspunkt für das Preisniveau von Regelernergie.

Für die entsprechend dem Ausschreibungsfahrplan vorgegebene Energie erhält der Anbieter, welchem der Zuschlag erteilt wurde, das angebotene Entgelt. Ein Richtwert für den Marktpreis, ist in Abbildung 14 als Vergleich zwischen der günstigsten angebotenen Regelernergie M1 und dem EXAA Peak Preis dargestellt. Dieser Vergleich ist zulässig, da beide „Energie-Produkte“ für den gleichen Zeitraum (von 8:00 bis 20:00) angeboten werden. Aus dieser Abbildung lässt sich ableiten, dass der Preis für Sekundärregelenergie dem Peak Preis auf der Österreichischen Strombörse ähnelt und der Durchschnittspreis ca. 80 – 90 € pro gelieferte MWh beträgt.



Abbildung 14: Vergleich Preise für Sekundärregelenergie Block M1 mit EXAA Peak<sup>6</sup>

In Deutschland erfolgt die Vergütung von Sekundärregel-Energie mittels Leistungs- und Arbeitspreis. Wie aus einer Studie von E-Bridge [12] hervorgeht, kann der Leistungspreis (Durchschnittspreis der 4 Regelzonenführer in Deutschland) für die Bereitstellung der Regelleistung pro Tag mit ca. 250€ pro MW beziffert werden, Tendenz weiter steigend. Der durchschnittliche Arbeitspreis beträgt wie in Österreich ebenfalls ca. 80-90€ für die angeforderte Megawattstunde. In einer weiteren Studie vom Büro für Energiewirtschaft und technische Planung [Mar06] werden die Marktpreisniveaus für die Bereitstellung von Regelernergie in ähnlicher Höhe ausgewiesen.

<sup>6</sup> Webseite der APCS Power Clearing and Settlement AG  
[http://content.apcs.at/netautor/napro4/appl/na\\_professional/parse.php?npf\\_cache=yes&mlay\\_id=118000&mdoc\\_id=1000151&npf\\_set\\_pos\[hits\]=#popup](http://content.apcs.at/netautor/napro4/appl/na_professional/parse.php?npf_cache=yes&mlay_id=118000&mdoc_id=1000151&npf_set_pos[hits]=#popup), zuletzt abgefragt am 23.6.2006

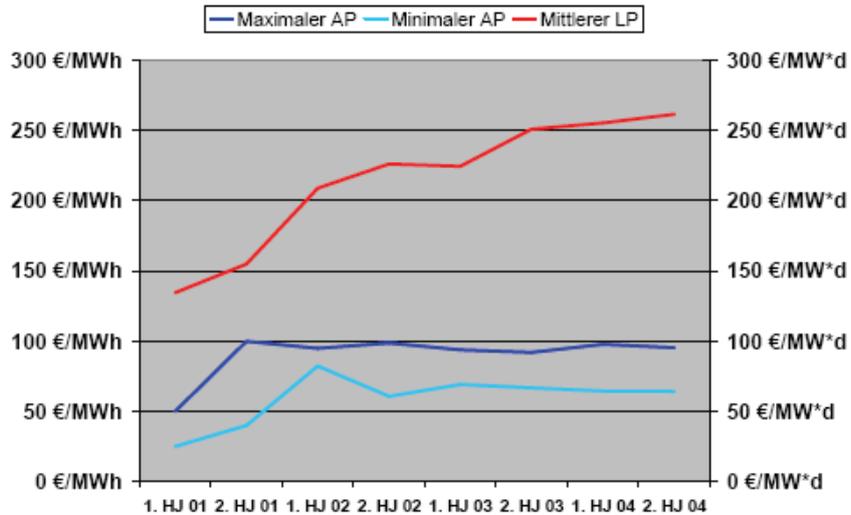


Abbildung 15: Durchschnittlicher Leistungs- und Arbeitspreis für Sekundärregelenergie der 4 Regelzonen in Deutschland<sup>7</sup>

**Minutenreserve** – Angebote für Minutenreserve sind bis spätestens 16:00 Uhr für den Folgetag zu legen und werden getrennt nach Aufbringung und Abnahme entsprechend den angegebenen Preisen in der Merit Order List gereiht. Bei preislich gleichen Angeboten geht das mengenmäßig größere vor. Die Preise sind abhängig von der Jahreszeit und liegen im Jahresdurchschnitt bei ca. 110€ pro gelieferter Megawattstunde.

In Deutschland ist Tertiärregelenergie, gemittelt über die Preise der vier deutschen Regelzonenführern, erheblich teurer als die vergleichbare Energie an der deutschen Strom Börse (EEX: Peak Spot). Der Leistungspreis beträgt laut Abbildung 16 ca. 200€ pro bereitgestelltem Megawatt und Tag und der durchschnittliche Arbeitspreis liegt bei ca. 130€ für die gelieferte Megawattstunde.

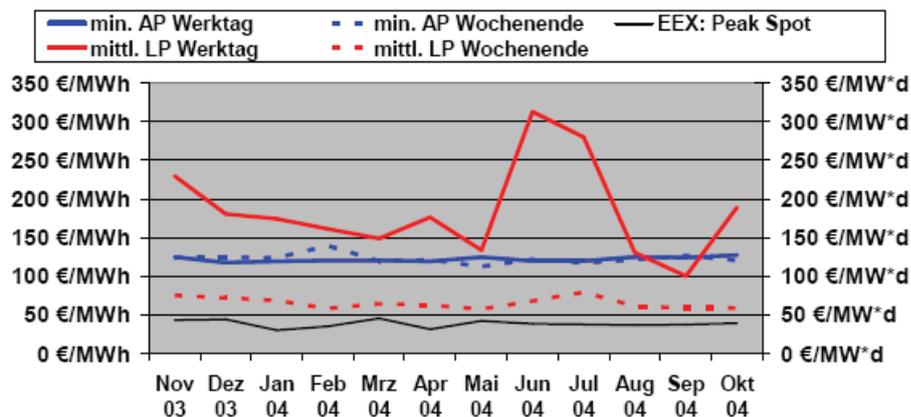


Abbildung 16: Arbeits- und Leistungspreise für Tertiärregelenergie in Deutschland [12]

<sup>7</sup> Webseite <http://www.e-bridge.de>, zuletzt abgefragt am 23.6.2006

### **Zusammenfassende ökonomische Beurteilung:**

Die Abschätzung der Kostensituation für die Bereitstellung von Regelenergie und das derzeit bestehende Preisniveau für Regelenergie zeigt, dass die Bereitstellung von Regelleistung im Rahmen des IRON-Marktsystems einen nicht unerheblichen Anreiz bietet. Eine Umsetzung dieses Marktmodells bietet sich insbesondere im Rahmen der Entwicklung des Marktes für Primärregelleistung an, welcher derzeit in Österreich entsteht.

Die Entwicklung eines Marktes für Sekundärregelenergie erfordert noch die notwendigen rechtlichen Grundlagen.

Ein Markt für die Bereitstellung von Minutenreserve besteht bereits. Wenn sich Kunden bereit erklären, die Einschränkungen der Energiebereitstellung zu akzeptieren, könnten grundsätzlich Angebote erstellt werden.

Ein weiteres Hindernis für die Bereitstellung von Regelenergie besteht im Mindestumfang an Energie, welcher dem Regelzonenführer angeboten werden muss. Diese Hürde sollte reduziert werden, da andernfalls die Einstiegsaufwendungen für einen Investor zu hoch werden.

Das Konzept sollte in einem Pilotprojekt in Absprache mit einem RZF getestet werden.

## **Marktmodell Ökostrom**

Die Möglichkeit eines Kunden Strom von Öko-Strom-Anlagenbetreibern als Lieferanten zu beziehen ist in den Marktregeln vorgesehen. Der Anreiz dieses Modell zu wählen besteht einerseits darin nachhaltig erzeugte saubere Energie zu beziehen und andererseits darin die regionale Energieerzeugung gezielt zu fördern. Ein ökonomischer Anreiz über die Preise für Öko-Energie ist derzeit kaum lukrierbar, weil der Marktpreis für Stromlieferungen im Allgemeinen erheblich unter den Förderpreisen für Ökostrom liegt. Damit liegt weder ein Anreiz für Erzeuger von Ökoenergie diesen direkt an Kunden zu verkaufen, noch einer für Kunden Ökoenergie von Erzeugern zu kaufen vor. Aus diesem Grund wird diese mögliche wirtschaftliche Beziehung im vorliegenden Projekt nicht weiter vertieft.

Die Grundidee des ÖKO-Strom-Modells besteht darin, die ökonomischen Vorteile zu nutzen, welche dann entstehen, wenn Verbrauch und Erzeugung regional aufeinander abgestimmt werden. Vor einer ökonomischen Beurteilung der Grundidee sind die technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu erarbeiten.

### **Anforderungen an ein modernes elektrisches Versorgungssystem**

In einem modernen Versorgungssystem muss die Bereitstellung von elektrischer Energie exakt in dem Augenblick erfolgen, wenn Verbraucher einen Bedarf durch Einschalten von Geräten abrufen. Es muss daher in einem elektrischen Erzeugungssystem jederzeit das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch hergestellt werden. Für den Fall, dass eine ÖKO-Strom-Anlage plötzlich Energie in das Netz einspeist, muss eine konventionell betriebene Kraftwerksanlage in gleichem Ausmaß zurückgefahren werden bzw. bei Rückgang der Erzeugung aus der ÖKO-Strom-Anlage muss die konventionell betriebene Kraftwerksanlage die entstehende Lücke wieder ersetzen. Damit ist für eine ÖKO-Strom-Anlage, deren konstante Energieerzeugung nicht gesichert ist, eine äquivalente Kapazität eines konventionell betriebenen Kraftwerkes bereit zu stellen. Als gesichert gilt eine Erzeugungsleistung eines Kraftwerkes (Kraftwerksparks) dann bzw. ist in dem Umfang anzusehen, indem die (ein Teil der) Erzeugungsleistung jederzeit verfügbar ist.

Damit besteht in einem elektrischen Versorgungssystem mit Erzeugungseinheiten, deren Produktionskapazität nicht gesichert sind, das Erfordernis, Ersatzkapazitäten bereitzuhalten, sowohl kurzfristig für die Regelleistungsbereitstellung als auch langfristig für die Bereitstellung der nachgefragten Energiemenge. Damit sind Mehrkosten in einem elektrischen Energiebereitstellungssystem verbunden.

Von einer IRON-Marktplattform könnte nun der Ersatz der nachhaltigen Kapazität für ÖKO-STROM-Erzeugungsanlagen, anstatt der parallelen Existenz eines konventionellen Kraftwerks, durch Zu- und Abschalten von Verbrauchern bereitgestellt werden.

Im IRON-Marktsystem sind deshalb die Informationen über die jeweils eingespeiste Energie (Leistung) aus ÖKO-Strom-Anlagen zu sammeln, bereit zu halten und bei Bedarf die entsprechende Verbraucherleistung zu- oder abzuschalten. Die Anforderung für die Schaltung von Verbrauchereinrichtungen kann von verschiedenen Zuständen abgeleitet werden.

Für die Umsetzung dieser Marktidee sind daher folgende grundsätzlich unterschiedliche ökonomische Pfade zu überprüfen:

#### **a) Ersatz von konventioneller Kraftwerkskapazität**

Der offensichtlich ökonomisch wesentlichste Anreiz für die Zu- oder Abschaltung von Verbraucheranlagen im Rahmen der IRON-Marktmodells liegt dann vor, wenn die Investitionskosten und Betriebskosten (ohne Energieeinsatz) für ein konventionelles Kraftwerk eingespart werden können. Im liberalisierten Markt könnte diese Marktidee prinzipiell entweder innerhalb einer Bilanzgruppe, eines Lieferanten oder innerhalb einer Regelzone umgesetzt werden. Die Anforderung von Zu- oder Abschaltbefehlen ist von Messwerten von Kunden welche mit diesem Marktteilnehmer vertraglich verbunden sind abzuleiten.

Innerhalb einer Bilanzgruppe ist eine Ableitung von Schaltbefehlen derzeit nicht umsetzbar, weil die erforderlichen Onlinemessungen der Kunden nicht vorliegen. Es ist auch nicht abschätzbar ob ein derart aufwändiges Messsystem in der Zukunft wirtschaftlich darstellbar sein wird. Auch der ökonomische Anreiz ist in einer Bilanzgruppe geringer, weil nur die relativ geringen Kosten der regelzonenweit bereitgestellten Ausgleichsenergie für eine wirtschaftliche Bewertung herangezogen werden können.

Die Umsetzung des ÖKO-Strom-Modells innerhalb einer Regelzone ist alternativ dazu ökonomischer einzustufen, weil hier wesentlich teurere Regelenergie eingesetzt wird. Die Ableitung einer Schaltanforderung kann dabei am einfachsten vom Umfang und von der Richtung der Austauschleistung über die Regelzongrenzen erfolgen.

Im Unterschied zu dem unter 0 beschriebenen Modell Regelenergie für Primär- oder Sekundärregelung, bei dem relativ kurze Dauern der Ein- bzw. Auszeiten der Verbrauchereinrichtungen umzusetzen sind, ist beim Modell ÖKO-Strom die Dauer der Schaltung auf den Zeitrahmen der Erzeugung von elektrischer Energie in der ÖKO-Strom-Anlage abzustimmen. Auf Grund der Eigenart der Erzeugung von elektrischer Energie in ÖKO-Strom-Anlagen können die erforderlichen Ein- bzw. Auszeiten ähnliche Dauern erreichen wie beim Tertiär-Regelenergiemodell.

Aufgrund der längeren Schaltzeiten greift dieses Modell jedoch wesentlich stärker in die dem Kunden bereitgestellte Dienstleistungsqualität ein. Damit wird die Akzeptanz durch die Kunden geringer einzuschätzen sein als beim Regelenergiemodell für Primär- oder Sekundärregelung. Eine Entschärfung dieser Eigenschaft kann durch die Bereithaltung eines wesentlich größeren Potentials an schaltbaren Verbrauchereinrichtungen erfolgen, welche dann nacheinander ein- bzw. ausgeschaltet werden. Da-

durch ist aber eine Einbeziehung einer größeren Anzahl von Kunden in das IRON-Marktkonzept erforderlich.

### **b) Einsparung von Netzkapazität**

Deim ÖKO-Strom-Modell könnte noch der ökonomische Anreiz auf eventuell eingesparte Netzkosten überprüft werden.

Dieser Ansatz wird im Abschnitt 0 Transportkostenoptimierung für dezentrale Erzeugung diskutiert.

### **Ökonomische Bewertung**

Das wirtschaftlich Potential des ÖKO-Strom-Modells kann an den durchschnittlichen Leistungskosten für ein Standardkraftwerk abgeschätzt werden. Für ein modernes Gasturbinenkraftwerk, mit den nachstehend angeführten Rahmenbedingungen, ergeben sich in Abhängigkeit vom Marktpreis für elektrische Energie Substitutionsersparnisse in der Höhe von 80 –100 Euro/kW und Jahr

#### **Gasturbinenkraftwerk**

Nennleistung:	100 MW
Jährliche Energieerzeugung:	600 GWh
Errichtungskosten:	80 Mio. Euro
Abschreibungsdauer:	25 Jahre
Zinssatz:	5%

Für andere konventionelle Kraftwerke liegen diese in ähnlicher Höhe.

Mit dieser Abschätzung liegt der wirtschaftliche Anreiz bei ÖKO-Strom-Modell in der Größenordnung wie er für das Regelenenergiemodell auf Grund bestehender Märkte festgestellt wurde.

## **Rechtliche Umsetzung**

Die geltende Rechtslage und die geltenden Marktregeln sehen vor, dass die Rechte und Pflichten der Marktteilnehmer in einem wesentlichen Umfang durch Verträge geregelt werden. Das vertragliche Beziehungsgeflecht kann wie in Abbildung 17 grafisch dargestellt werden. Alle in Abbildung 17 dargestellten Pfeile stellen vertragliche Verpflichtungen der Marktteilnehmer untereinander dar. Eine detaillierte Beschreibung ist den „Sonstigen Marktregeln“, Teil 2 ([MeNe06], downloadbar von der Homepage der E-Control GmbH) zu entnehmen. Für das IRON-Forschungsprojekt sind jedenfalls die Verträge zwischen dem Kunden und dem Netzbetreiber bzw. dem Lieferanten von besonderer Relevanz. Weiters kann auch eine vertragliche Vereinbarung zwischen dem Netzbetreiber an dessen Netz der Kunde angeschlossen ist oder dem Regelzonenführer und dem Lieferanten (IRON-Projektpartner) im Rahmen des IRON-Projektes erforderlich werden.

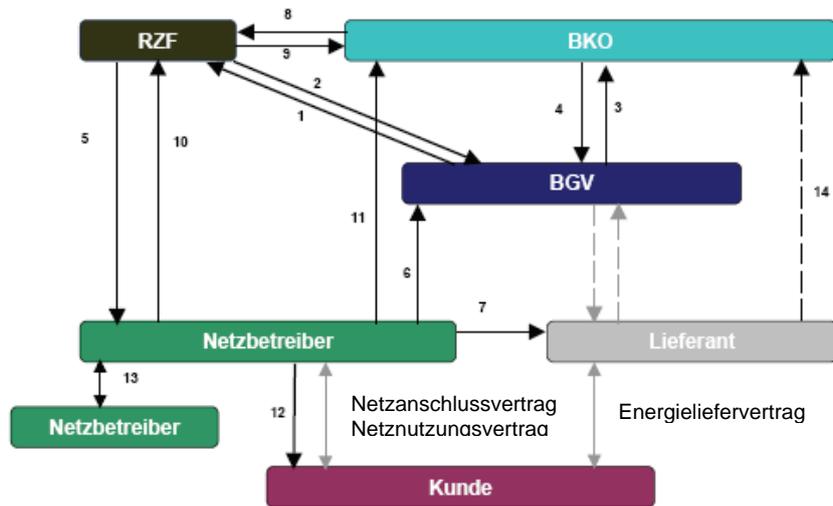
Konkrete Vertragsentwürfe sind in Anhang H angefügt.

### **Vertrags- und Leistungsbeziehungen in den IRON-Marktmodellen**

In Abbildung 18 sind die Akteure für ein IRON-Marktmodells dargestellt. Die Akteure sind im Wesentlichen:

- der IRON-Systemprovider (Dienstleister welcher die IRON-Infrastruktur bereitstellt)

- der Energielieferant
- Kunde



**Abkürzungen:**

RZF = Regelzonenführer, BKO = Bilanzgruppenkoordinator, BGV = Bilanzgruppenverantwortlicher

Abbildung 17: Beziehungsgeflecht zwischen den Marktteilnehmern

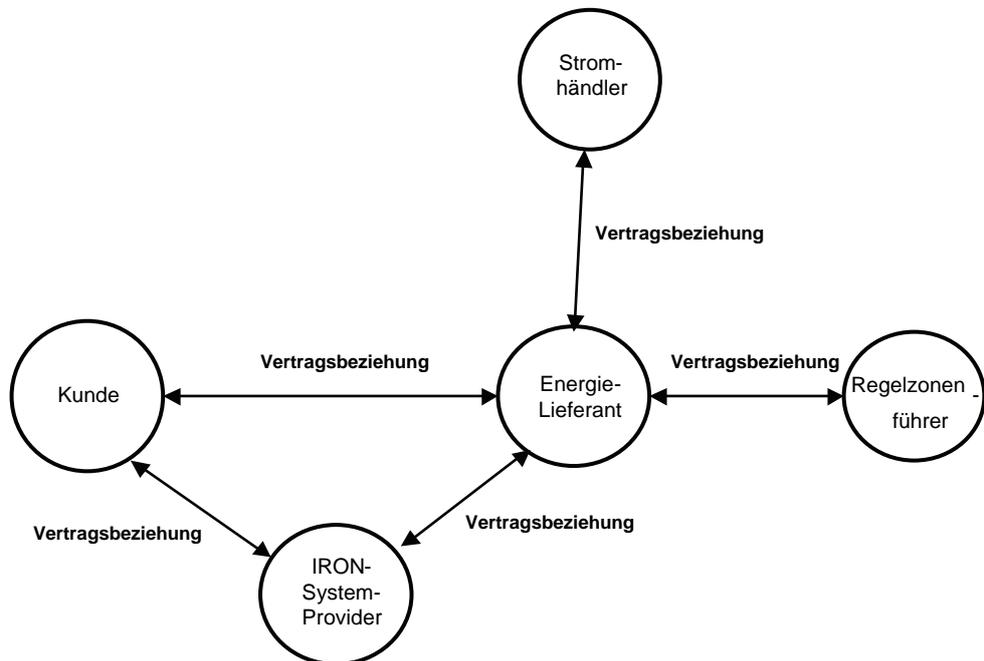


Abbildung 18: Akteure im IRON-Marktmodell Energieverschiebung

Mittelbar betroffen können Stromhändler und eventuell auch Regelzonenführer sein. Die Schlüsselposition in diesem Marktmodell hält der Energielieferant inne. Der Energielieferant wickelt sein Geschäft auf der Grundlage von Vertragsbeziehungen zu Stromhändlern, Kunden, Regelzonenführern (in Österreich vertreten von Bilanzgrup-

penkoordinatoren) und im IRON-Konzept über Vertragsbeziehungen zu diesen ab. Händler verfügen über Vertragsbeziehungen zur Strombörse und zu Erzeugern.

## Marktmodell Energieverschiebung

In Abbildung 19 sind die Akteure des IRON-Marktmodells Energieverschiebung dargestellt.

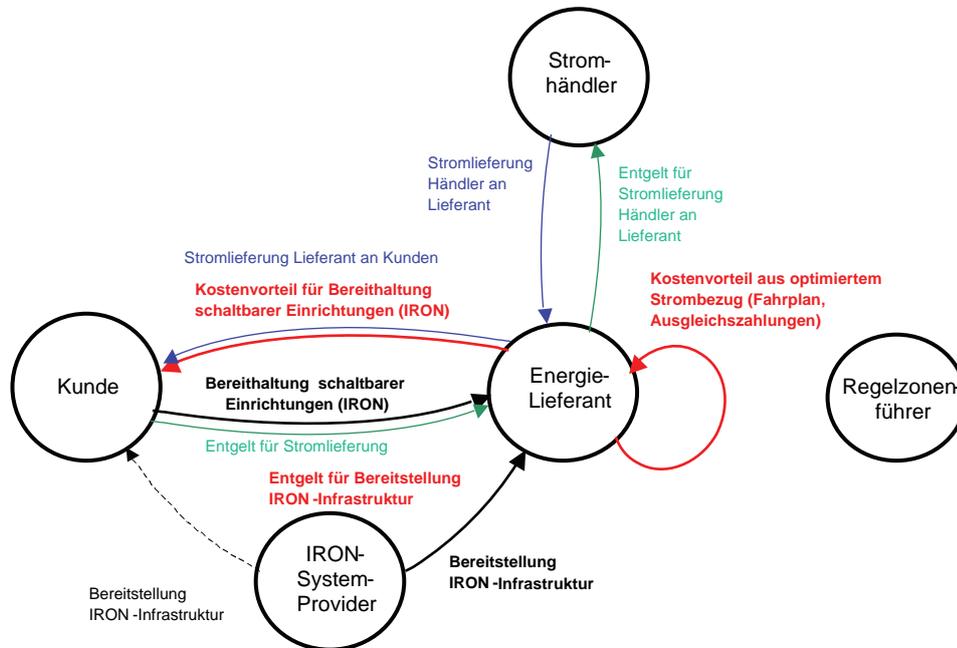


Abbildung 19: Vertragsbeziehungen im IRON-Marktmodell Energieverschiebung

Die Hauptakteure sind der Energielieferant, der Kunde und der IRON-Systemprovider, mittelbar betroffen ist auch der Stromhändler. Die Schlüsselposition in diesem Marktmodell hält der Energielieferant inne. Der Energielieferant bezieht elektrische Energie von Stromhändlern, welche den Strom wiederum von der Börse oder von Erzeugern einkaufen. Dafür leistet der Energielieferant ein Entgelt an den Händler. Im Interesse des Energielieferanten ist es nun seine Bezugskosten zu optimieren, wobei diese Bezugskosten aus Aufwendungen für Fahrplanlieferungen bzw. für Lieferung von Ausgleichsenergie zustande kommen.

Im IRON-Marktmodell Energieverschiebung wird von einem IRON-Systemprovider das System Umsetzung von Energieverschiebung von Zeiten höheren Preises zu Zeiten niedrigeren Preises bereit gestellt.

Der IRON-Systemprovider stellt die IRON-Infrastruktur dem Energielieferanten gegen Entgelt zur Verfügung, das IRON-System wird aber auch dem Kunden zur Verfügung gestellt, wobei der IRON-Systemprovider auf Grund der geltenden Marktregeln keine Leistungs- und Lieferbeziehung zum Kunden aufzubauen hat.

Der Energielieferant hat einerseits eine Stromlieferbeziehung zum Kunden, für welches der Kunde Entgelt leistet. Darüber hinaus wird in einem so genannten IRON-Vertrag vom Kunden die Bereithaltung schaltbarer Einrichtungen zugesichert, für diese Leistung wird vom Energielieferant der Kostenvorteil aus der Bereithaltung dieser schaltbaren Einrichtungen an den Kunden zumindest teilweise weitergegeben. Innerhalb der bestehenden Leistungsbeziehungen ist also das neue Business zu einem

positiven Ergebnis zu führen, dabei sind zwei wesentliche wirtschaftliche Aspekte abzudecken.

a) der IRON-Systemprovider wird das IRON-System nur dann erstellen und bereithalten, wenn die Chance auf Abdeckung der Kosten für dieses System zusätzlich zu einem angemessenen Gewinn besteht. Nachdem das IRON-System im wesentlichen aus EDV und Telekommunikationseinrichtungen besteht, welche innerhalb von vier bis fünf Jahren abgeschrieben werden, sollte der Break-even-point für das IRON-System in diesem Zeitbereich liegen.

Für den Fall, dass der Gesamtkostenvorteil Kosten des IRON-Systems in vier bis fünf Jahren nicht abdecken kann, ist dieses Geschäftsmodell nicht wirtschaftlich darstellbar.

Zusätzlich zu den Kosten und dem angemessenen Gewinn des IRON-Systemproviders ist dem Kunden ein angemessener Anreiz für die Bereithaltung schaltbarer Einrichtungen zu entgelten. Aus Umfragen und aus der allgemeinen Markterfahrung ist bekannt, dass kleine Kunden (Haushaltskunden, Gewerbebetriebe) einen Anreiz von jedenfalls 100 Euro/Jahr benötigen, um auf ein derartiges Geschäft einzusteigen. Insgesamt kann deshalb gesagt werden, dass das IRON-Marktmodell Energieverschiebung nur dann wirtschaftlich darstellbar ist, wenn einerseits die Kosten und der angemessene Gewinn des IRON-Systemproviders abgedeckt werden und die Anreize der am Marktmodell teilnehmenden Kunden in der o.a. Höhe abgedeckt werden können. Unter diesen Voraussetzungen bleibt beim Energielieferanten kein Gewinn.

Der Energielieferant hat in diesem Fall nur den Vorteil, dass die Kunden die an diesem Modell teilnehmen, an ihn gebunden sind.

Die Anreize für größere Kunden können nicht pauschal wie für kleinere Kunden dargestellt werden, für diese Kunden ist eine betriebswirtschaftliche Rechnung der eingesparten Energiekosten durchzuführen.

### **IRON-Marktmodell Regelenergie**

Das Marktmodell Regelenergie ist wie in Abbildung 20 dargestellt komplexer und jedenfalls um drei weitere Marktpartner zu erweitern. Zusätzlich zu den Marktpartnern, welche schon im Marktmodell Energieverschiebung (IRON-Provider – Lieferant – Kunde – Stromhändler) aktiv sind, sind folgende weitere Marktpartner einzubeziehen.

- Regelzonenführer
- Bilanzgruppenkoordinator
- Bilanzgruppenverantwortliche

Im Geschäftsmodell Regelenergie wird vom IRON-Systemprovider das IRON-System auch dem Regelzonenführer zur Verfügung gestellt. Die entgeltliche Leistungsbeziehung besteht aber nach wie vor nur zum Energielieferanten. Zusätzlich zum Marktmodell Energieverschiebung hat der Energielieferant eine Leistungsbeziehung mit dem Regelzonenführer abzuschließen. Diese Leistungsbeziehung beinhaltet die Bereithaltung von Regelleistung aus dem IRON-System wofür der Energielieferant ein Entgelt für die Bereithaltung dieser Regelenergie vom Regelzonenführer erhält.

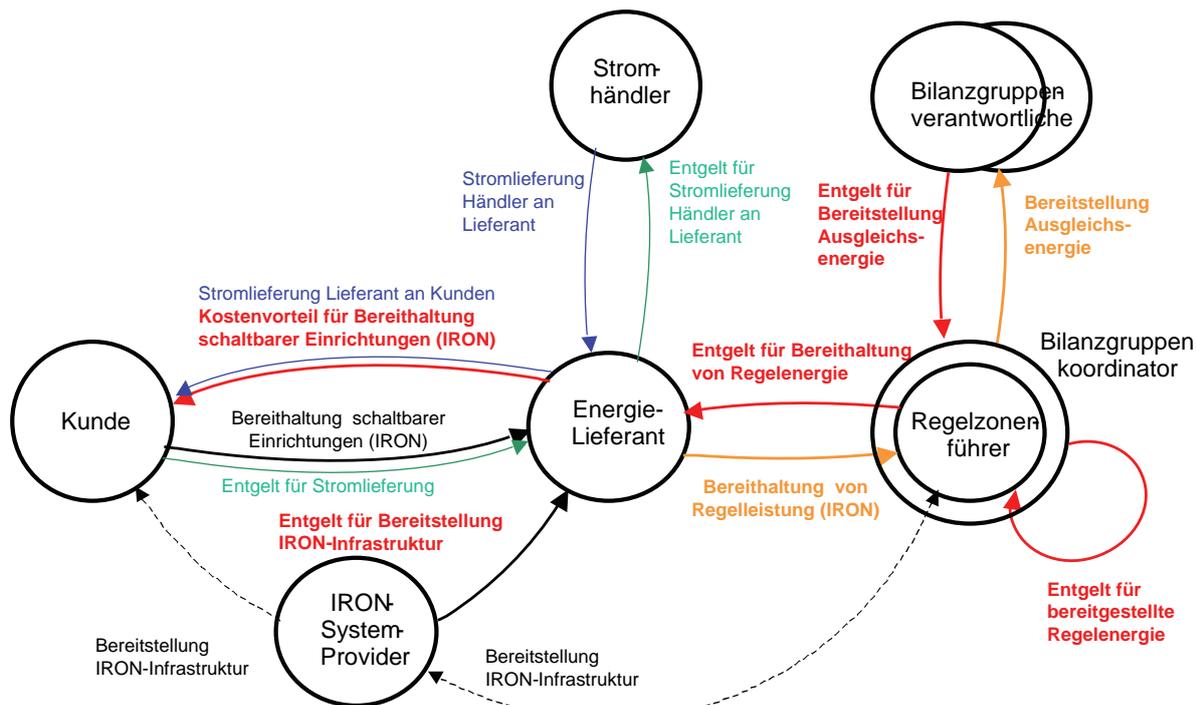


Abbildung 20: Vertragsbeziehungen im IRON-Marktmodell Regelenenergie

Im österreichischen Marktmodell ist vorgesehen, dass die Regelenenergie vom Regelzonenführer bereitgehalten wird und bereitgestellte Regelenenergie an den Bilanzgruppenkoordinator verrechnet wird. Der Bilanzgruppenkoordinator hat wiederum die Aufgabe, die gesamten Kosten der Ausgleichsenergiebereitstellung an die Bilanzgruppenverantwortlichen über die Verrechnung der Ausgleichsenergie und die Clearingfee zu verrechnen.

Die wirtschaftlichen Anforderungen im IRON-Marktmodell Regelenenergie sind ähnlich wie im Marktmodell Energieverschiebung, mit der Ausnahme, dass der Vorteil des Energielieferanten nicht aus einer Optimierung seiner Energiebezüge besteht, sondern im Entgelt für die Bereitstellung von Regelenenergie.

### Standardverträge für die Beziehung Netzbenutzer – Netzbetreiber

Entsprechend den Marktregeln sind zwischen dem Netzbenutzer und dem Netzbetreiber ein Netzanschlussvertrag und ein Netznutzungsvertrag (Netzzugangsvertrag) abzuschließen. Nachdem gemäß Abschnitt 3.3.1. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Umsetzung, der Prozess Netzanschluss im IRON-Projekt keine Relevanz hat, wird nachfolgend nur die rechtliche Beziehung aus dem Netznutzungsvertrag betrachtet.

Inhalte des Netznutzungsvertrages:

- Vertragsgegenstand: Festlegung des Lieferumfanges, Lieferung entweder
  - nach einem standardisierten Lastprofil für Kunden kleiner 50 kW, 100.000 kWh, wird vom Netzbetreiber zugeordnet, entspricht nicht dem tatsächlichen Verbrauchsprofil

- nach einem gemessenen Lastprofil = tatsächliches Verbrauchsprofil für Kunden größer oder gleich 50 kW, 100.000 kWh
- Festlegung von Lieferunterbrechungen, Dauer der Lieferung (Kurzzeit)
- Entgelte sind festgelegt in der jeweiligen Fassung der Systemnutzungstarife-Verordnung
- Vertrag Beginn und Ende

### **Standardverträge zwischen dem Energiekunden und dem Lieferanten**

Der Energiebereich befindet sich im Wettbewerb und ist deshalb derzeit nur hinsichtlich der Regeln des Konsumentenschutzes und sonstiger allgemeiner Schutznormen des Privatrechtes eingeschränkt. Eine Detaillierung der Anforderungen ist mit Inkraftsetzung der Versorgungssicherheitsgesetze 2006 zu erwarten.

Inhalte eines Energieliefervertrages:

- Vertragsgegenstand
- Festlegung des Lieferumfanges, Lieferung entweder
  - nach einem standardisierten Lastprofil für Kunden kleiner 50 kW, 100.000 kWh, wird vom Netzbetreiber zugeordnet, entspricht nicht dem tatsächlichen Verbrauchsprofil
  - oder nach einem gemessenen Lastprofil = tatsächliches Verbrauchsprofil für Kunden größer oder gleich 50 kW, 100.000 kWh
- Entgelte werden entsprechend der verbrauchten Energiemenge ermittelt
- Energiepreis, im Allgemeinen wird ein längerfristig geltender Durchschnittspreis vereinbart (Grundlage für die Bepreisung bildet das Lastprofil und die Base- und Peak- Anteile, welche nach Börsenpreisen bewertet werden)
- Lieferausschlüsse
- Vertrag Beginn und Ende

### **Erforderlicher Regelungsbedarf für Verträge zur Umsetzung des IRON-Projektes**

Der Regelungsbedarf in den IRON-Verträgen wird vor allem durch das Marktmodell bestimmt, welches im IRON-Projekt umgesetzt werden soll.

Grundsätzlich kann gesagt werden dass IRON-Marktmodelle, welche die Stromlieferung auf der Grundlage von gemessenen Lastprofilen vornehmen keine grundsätzlichen vertraglichen Probleme aufwerfen. Eine Belieferung von Kunden im Rahmen von standardisierten Lastprofilen wird in einem IRON-Projekt nicht aufrechterhalten werden können, sodass für Kunden mit diesen Lieferverträgen Anpassungen erforderlich werden.

Besonders wichtig ist das Hervorheben von Anreizfunktionen in die IRON-Zusatzverträge, um einen Umstieg von Standardvertrag zum IRON-Vertrag zu unterstützen.

### **Vertragliche Regelungserfordernisse für das Marktpreismodell (Variabler Strompreis)**

Im Marktmodell (Variabler Strompreis) wird dem Kunden anstatt eines Durchschnittspreises für den bezogenen Strom ein Preisprofil Marktpreismodell (abhängig vom Bör-

senpreis) mit Phasen niedrigem und Phasen hohem Preis während des Tagesablaufes zur Verfügung gestellt. Der wirtschaftliche Anreiz beim Marktmodell (Variabler Strompreis) besteht darin, den Bezug in der Hochpreiszeit zu reduzieren und in der Niederpreiszeit zu erhöhen.

Damit ist es erforderlich, die Ermittlung des Bezugsverhaltens des Kunden auf den Zeitraster des Preismodells zu detaillieren und das Preismodell für den Energiepreis an den gewählten Zeitraster anzupassen.

Bestehende Verträge, welche eine Energielieferung nach dem standardisierten Lastprofil zum Inhalt haben, sind deshalb durch eine geeignete Änderung anzupassen. Dies ist auch deshalb erforderlich, weil durch den Einfluss von IRON-Verträgen mit Kunden, welche nach dem standardisiertem Lastprofil versorgt werden, Auswirkungen auf den sogenannten Local Player, also den ursprünglichen Lieferant in einem Netzbereich, gegeben sind.

Für Kunden, deren Bezugsprofil gemessen wird, ist eine Übernahme der Messdaten für die Beurteilung der Auswirkungen von IRON auf andere Marktteilnehmer im Allgemeinen ausreichend.

Im IRON-Vertrag ist zusätzlich zu den gesetzlich aufzuzeichnenden Messwerten jedenfalls die Aufzeichnung aller Aktivitäten des IRON-Teilnehmers zu vereinbaren, über welche die für das vereinbarte Marktmodell wichtigen Teilnehmerparameter ermittelt werden können.

Eine gesonderte Vereinbarung für die Netznutzung ist nicht erforderlich, weil die Datenerfassung durch den Netzbetreiber ohnehin so detailliert zu erfolgen hat, wie dies die verordneten Netztarife erfordern.

### **Mögliche Vertragsmodelle für ein IRON-Pilotprojekt:**

#### **A) Modell Vertragsübernahme**

Vertragsgegenstand

Der IRON-Pilotprojekt-Partner übernimmt die Rechte und Verpflichtungen aus dem bestehenden Stromliefervertrag. Die Zustimmung des bisherigen Lieferanten ist eventuell erforderlich.

Der IRON-Projektpartner übernimmt die Lieferung des Stromes an den Kunden nach IRON-Marktmodell. Der Energiepreis wird auf Grundlage für des IRON-Modells ermittelt. Lieferunterbrechungen und –ausschlüsse werden wie in den Erstverträgen vereinbart.

Im IRON-Vertrag sind Beginn und Ende der Pilotphase zu vereinbaren.

#### **B) Modell Bonus/Malus-Zusatzvertrag**

Vertragsgegenstand

Der IRON-Pilotprojekt-Partner schließt mit dem IRON-Kunden einen Zusatzvertrag zum bestehenden Stromliefervertrag. Der IRON-Projektpartner vereinbart mit dem IRON-Kunden die Abgeltung der Dienstleistungen in Form von Bonus/Maluszahlungen. Die Zustimmung des bisherigen Lieferanten ist nicht erforderlich.

Der Energiepreis für des IRON-Modell wird auf Grundlage des angebotenen Preisprofils ermittelt. Lieferunterbrechungen und –ausschlüsse werden wie in den Erstverträgen vereinbart.

Im IRON-Vertrag sind Beginn und Ende der Pilotphase zu vereinbaren.

### **Vertragliche Regelungserfordernisse für das Modell auf Grundlage der Transportkostenoptimierung**

Der Einfluss des Verhaltens eines einzelnen Kunden auf die Höhe der Tarife ist äußerst gering (siehe Analyse 0). Diese Eigenschaft des Tarifierungsmodells resultiert daraus dass

1. Tarife auf Basis der Gesamtkosten im Netzbereich ermittelt werden
2. Investitionskosten nur einen geringen Anteil an den Gesamtkosten haben
3. Investitionen ins Netz immer für den Fall zu tätigen sind zu dem die höchste Last auftritt.

Auf Basis dieser Situation ist derzeit ein Anreizmodell mit Hilfe der Transportoptimierung nicht realistisch.

Darüber hinaus ist es dem Netzbetreiber derzeit nicht gestattet Netztarife auf Grundlage von Marktinformationen kurzfristig zu ändern.

Nur eine sehr kleinräumig strukturierte Tarifierung der Netznutzung würde zu ökonomischen Anreizen durch die Optimierung der Netznutzung führen können. Für eine solche Änderung der Tarifstruktur besteht derzeit jedoch keine wirtschaftliche und politische Unterstützung.

### **Vertragliche Erfordernisse für das Regelenergie- Modell**

Im Regelenergiemodell wird mit dem Kunden vereinbart dass Einrichtungen des Kunden jederzeit ein- bzw. ausgeschaltet werden können. Die Schaltung ist für die Zeit vorzunehmen, welche für die Qualität der bereitzustellenden Regelenergie erforderlich ist.

Die Anforderung für eine Schaltung wird von folgenden Ereignissen abgeleitet:

- Frequenz (Primärregelung)
- Ungewollter Austausch über die Regelzone und Frequenz (Sekundärregelung)
- Anforderung durch den Regelzonenführer

Die in einer Regelzone (einem Netzbereich) erforderliche Regelenergie (Regelleistung) muss zur Aufrechterhaltung eines stabilen Betriebes durch Kraftwerke bereitgestellt werden. Sofern nicht besonders dafür geeignete Kraftwerke dafür zur Verfügung stehen (Pumpspeicherkraftwerke) wird der Betrieb durch die Bereitstellung von Regelenergie sehr unwirtschaftlich. Der wirtschaftliche Anreiz beim Regelenergiemodell besteht darin den unwirtschaftlichen Bezug von Regelenergie aus Kraftwerken durch eine Veränderung der Last von Verbrauchern zu ersetzen.

Die vom Kunden im Rahmen der Vereinbarung bereitgestellte Energie (Leistung) muss geeignet erfasst werden. Damit ist es erforderlich die Ermittlung des Bezugsverhaltens des Kunden auf die Anforderungen des Preismodells anzupassen und entsprechend zu vereinbaren.

Die Bereitstellung eines Marktmodells für Regelenergie im Rahmen der Primärregelung ist derzeit im Energie-Versorgungssicherheitsgesetz 2006 vorgesehen. Die Umsetzung im Marktregeln, insbesondere die Festlegung der Anforderungen im Präqualifikationsverfahren wird in den nächsten Jahren erfolgen. Nach Vorliegen dieser Grundlagen kann ein detaillierter Vertragstext entworfen werden.

Bestehende Verträge, welche eine Energielieferung nach dem standardisierten Lastprofil zum Inhalt haben, sind deshalb durch eine geeignete Änderung anzupassen. Dies ist auch deshalb erforderlich, weil durch den Einfluss von IRON-Verträgen mit Kunden, welche nach dem standardisiertem Lastprofil versorgt werden, Auswirkungen auf den sog. Local Player (ursprünglicher Lieferant in einem Netzbereich) gegeben sind.

Für Kunden deren Bezugsprofil gemessen wird ist eine Übernahme der Messdaten für die Beurteilung der Auswirkungen von IRON auf andere Marktteilnehmer im allgemeinen ausreichend.

Im IRON-Vertrag ist zusätzlich zu den gesetzlich aufzuzeichnenden Messwerten, jedenfalls die Aufzeichnung aller Aktivitäten des IRON-Teilnehmers zu vereinbaren, über welche, die, für das vereinbarte Marktmodell wichtigen, Teilnehmerparameter ermittelt werden können.

Eine gesonderte Vereinbarung für die Netznutzung ist nicht erforderlich, weil die Datenerfassung durch den Netzbetreiber ohnehin so detailliert zu erfolgen hat wie dies die verordneten Netztarife erfordern.

### **Vertragliche Erfordernisse für das Öko-Strom- Modell**

Im Öko-Strom-Modell wird dem Kunden die Ein- bzw. Ausschaltung von Geräten oder Einrichtungen von Kunden abhängig von Verfügbarkeit von Ökostrom entsprechend dem im Abschnitt 3.3.5 beschriebenen Marktmodell ÖKO-Strom angeboten.

*Die Möglichkeit Strom von Öko-Strom-Anlagenbetreibern als Lieferanten zu beziehen bleibt grundsätzlich bestehen. Der Anreiz dieses Modell zu wählen besteht einerseits darin nachhaltig erzeugte saubere Energie zu beziehen und andererseits darin die regionale Energieerzeugung gezielt zu fördern. Ein ökonomischer Anreiz über die Preise für Öko-Energie ist derzeit kaum lukrierbar, weil der Marktpreis für Stromlieferungen im allgemeinen erheblich unter den Förderpreisen für Ökostrom liegt. Damit liegt weder ein Anreiz für Erzeuger von Ökoenergie diesen direkt an Kunden zu verkaufen, noch einer für Kunden Ökoenergie von Erzeugern zu kaufen vor. Eine Änderung dieser Situation ist erst dann erwartbar wenn entweder die Förderungen für Ökostrom auslaufen oder der Marktpreis für Strom erheblich ansteigen sollten.*

*Eine vertraglich Umsetzung des Ökostrombezugs ist auf Basis der geltenden Marktregeln, nur durch Trennung der Kundenanlage in zwei echte Zählpunkte möglich. Ein Zählpunkt wird über den Markt nicht unterbrechbar, der andere Zählpunkt mit Ökostrom dann, wenn dieser verfügbar ist versorgt. Flexibilität in der Anlage kann nur mit erheblichem Aufwand durch Umschaltung zwischen den Zählpunkten erreicht werden. Eine flexible Zuordnung der bezogenen Energie auf virtuelle Zählpunkte ohne interne Umschaltung ist derzeit in den Marktregel nicht vorgesehen.*

*Unter den derzeit gegebenen Voraussetzungen kann jeder Kunde einen Standard-Liefervertrag mit einer Öko-Bilanzgruppe zu Gunsten eines bestimmten Zählpunktes abschließen.*

*Ein Anreiz für ein Marktmodell in dem die Einspeisung von Ökostrom Anreize aus Sicht der Netznutzung bereitstellt ist derzeit nicht konstruierbar (siehe Modellbeschreibung 3.3.3).*

*Nur eine sehr kleinräumig strukturierte Tarifierung der Netznutzung würde zu ökonomischen Anreizen durch die Netznutzung führen können. Für eine solche Änderung der Tarifstruktur besteht derzeit jedoch keine wirtschaftliche und politische Unterstützung.*

Zur Umsetzung des ÖKO-Strom-Modells wird vereinbart dass über die Kommunikationseinrichtungen von IRON die Schaltung der Geräte des Kunden erfolgt. Liegt in der Öko-BG ein Energieüberschuss vor können Einrichtungen eingeschaltet, bei einem Energiemangel in der Öko-BG müssen Einrichtungen abgeschaltet werden. Soweit diese Bilanz nicht ausgeglichen wird, ist Ausgleichsenergie aus Nicht-Ökoquellen in der Öko-BG unvermeidbar, wodurch zusätzliche Kosten entstehen.

Die Ermittlung des Bezugsverhaltens des Kunden ist auf den vereinbarten Zeitraster des Preismodells für den Energiepreis abzustimmen. Bestehende Verträge, welche eine Energielieferung nach dem standardisierten Lastprofil zum Inhalt haben, sind deshalb durch eine geeignete Änderung anzupassen. Dies ist auch deshalb erforderlich, weil durch den Einfluss von IRON-Verträgen mit Kunden, welche nach dem standardisiertem Lastprofil versorgt werden, Auswirkungen auf den sog. Local Player (ursprünglicher Lieferant in einem Netzbereich) gegeben sind.

Für Kunden deren Bezugsprofil gemessen wird ist eine Übernahme der Messdaten für die Beurteilung der Auswirkungen von IRON auf andere Marktteilnehmer im allgemeinen ausreichend.

Im IRON-Vertrag ist zusätzlich zu den gesetzlich aufzuzeichnenden Messwerten, jedenfalls die Aufzeichnung aller Aktivitäten des IRON-Teilnehmers zu vereinbaren, über welche, die, für das vereinbarte Marktmodell wichtigen Teilnehmerparameter ermittelt werden können.

Eine gesonderte Vereinbarung für die Netznutzung ist nicht erforderlich, weil die Datenerfassung durch den Netzbetreiber ohnehin so detailliert zu erfolgen hat wie dies die verordneten Netztarife erfordern.

## Produkte

Die in den Abschnitten 3.3.2 bis 3.3.5 beschriebenen Marktmodelle gehen grundsätzlich davon aus, dass das IRON-Produkt von einem Provider bereitgestellt wird. Dieser Provider hat jedoch die jeweiligen Regeln des liberalisierten Strommarktes zu erfüllen. Nachdem der liberalisierte Strommarkt unterschiedliche Marktteilnehmer kennt, ist bei den einzelnen Produkten darzustellen, welcher Marktteilnehmer als Provider auftritt. Grundsätzlich besteht im liberalisierten Markt jeweils ein Vertragsverhältnis zwischen dem Kunden einerseits und dem Lieferanten und dem Netzbetreiber andererseits. Somit ist bei den einzelnen Produkten zu prüfen ob, der Provider als Netzbetreiber oder als Lieferant auftritt. Es wird also zwischen Lieferantenprodukt und Netzprodukt zu unterscheiden sein.

### Lieferantenprodukt

Ein Lieferant hat im liberalisierten Markt die Aufgabe, elektrische Energie über das bestehende Netz bereitzustellen und den Kunden entsprechend seinem Bedarf zu beliefern.

Ein Lieferantenprodukt ist daher ein Produkt welches nur auf die Bereitstellung der Energie abstellt. Das Netz wird dabei als vorhanden angesehen; dieses muss vom jeweiligen Netzbetreiber sicher und zuverlässig bereitgestellt werden.

Für die Marktmodelle „Variabler Strompreis“, Regelenergie und ÖKO-Strom können sogenannte Lieferantenprodukte beschrieben werden.

Allen diesen Produkten gemeinsam ist es, dass Betriebsmittel, Einrichtungen oder Anwendungen der Kunden ein- oder ausgeschaltet werden. Der Unterschied zwischen diesen einzelnen Produkten besteht einerseits darin, dass der Anlass für die Ein- oder Ausschaltung von unterschiedlichen externen Ereignissen oder Bedingungen abhängig gemacht wird. So ist die Ein- oder Ausschaltung beim Marktmodelle „Variabler Strompreis“ von der Höhe des Strompreises

(Energiepreises), beim Regelenergiemodell von der Netzfrequenz oder von der Netzfrequenz und einem externen Anforderungssignal und beim Ökostrommodell von der Verfügbarkeit von Ökostrom (Windenergie) abhängig.

Ein weiterer Unterschied zwischen diesen Produkten besteht im Grad der Beeinträchtigung der Dienstleistungsqualität des Kunden. Die Beeinträchtigung der Dienstleistungsqualität wird als um so gravierender angesehen, je länger ein Betriebsmittel ausgeschaltet (evtl. aus eingeschaltet) oder für die Bedürfnisse des Kunden nicht verfügbar ist.

Für jedes dieser Produkte kann zusätzlich zwischen Kunden und dem IRON-Provider eine weitere Differenzierung hinsichtlich der Service-Levels vereinbart werden. Diese so vereinbarenden Service-Levels haben z. B.: die maximale Dauer der Abschaltung, Vereinbarungen über Zeiträume in denen eine Einrichtung nicht im IRON-Programm benutzt werden darf, usw...zum Inhalt.

In der Praxis eines Lieferanten wird daher das Produktportfolio beispielhaft wie folgend dargestellt strukturiert sein:

#### A) Basisenergieprodukte

Lieferanten sind derzeit auf die Bereitstellung von Basisenergieprodukten ausgerichtet. Die Vermarktung von Contracting-Lösungen wird von einigen Unternehmen insbesondere in bestimmten Marktnischen forciert.

- Energielieferung (Strom) mit einer Differenzierung durch Bindungsdauer und Liefermengen, Bezugsleistung oder Bezugszeitraum
- Klassik (ohne Bindung)
- Optima (Haushaltslieferung mit 1 bzw. 2-Jahresbindung)
- Mega (Gewerbelieferung mit 1 bzw. 2-Jahresbindung)
- Giga (Gewerbelieferung mit Leistungsmessung)
- Vario (Individuelle Energielieferung für Grosskunden)
- Zusatztarife (Stromlieferung für Energiespeicher, Wärmepumpe, etc. mit vereinbarten Lieferzeiträumen)
- Contractingmodelle (Lieferung von Produkten welche mittels Energie hergestellt werden z. B.: Straßenbeleuchtung, Raumwärme, Prozesswärme, ...

#### B) Zusatzprodukte im Zusammenhang mit den Basisprodukten

- Lastoptimierungen (Spitzenleistungsabschaltung)
- Blindstromkompensation
- Betriebsführungen, Wartungen (Trafostationen)
- Contol It (Energieverbrauchsanalyse)
- Online Energiebuchhaltung
- Sicherpaket
- Betriebsführung von elektrischen Anlagen

- Energiesparbuch
- Zertifizierungen „Energieeffizienz“

#### C) Energetische Dienstleistungen im Rahmen des IRON-Konzeptes

Zusätzlich zu den bisher vermarkteten Produkten würde das IRON-Konzept eine Reihe von neuen Produkten ermöglichen. Die derzeit realistischsten Marktmodelle sind Gegenstand des Forschungsprojektes.

- Produkt „Variabler Strompreis“
- Produkt Regelleistung oder Regelenergie
- Produkt Ökostrombezug

#### D) Nicht energetische Dienstleistungen auf der technischen Grundlage des IRON-Systems

Die technischen Einrichtungen des IRON-Systems sind in der Lage neben der Übertragung von energierelevanten Daten und deren intelligenter Vernetzung wie in den IRON-Marktmodellen vorgeschlagen, in gleicher Weise andere Daten und Informationen zu verarbeiten und als Produkte darzustellen. Damit kann ein Mehrwert erzielt werden der die Rentabilität des Gesamtsystems erheblich verbessert. Anknüpfungspunkte für diese Produkte sind diejenigen Standorte an denen IRON als energetische Marktplattform installiert ist oder werden kann. Beispiele für solche Produkte sind:

- Überwachung des Anlagen- oder Gebäudezustandes,
- Überwachung von Systemzuständen (Aufzugsanlagen, Treppenanlagen, )
- Videoüberwachung bei ausreichender Bandbreite für die Übertragung
- Anlagenbetrieb oder -Steuerung
- Zutrittsüberwachung
- Meldesysteme zur Gewährleistung der Personensicherheit (z. B.: U-Bahnstationen, Strassenbahnhaltstellen, öffentliche Plätze)

Die Erarbeitung dieser Produkte erfolgt nicht im vorliegenden Forschungsprojekt.

#### **Netzbetreiberprodukt**

Ein Netzbetreiberprodukt würde dann beigestellt werden, wenn der IRON-Provider als Netzbetreiber auftritt. Aufgrund der durchgeführten Analysen (Marktmodell Transportkostenoptimierung) wurde aber festgestellt, dass der Netzbetreiber durch die rechtlichen Rahmenbedingungen so weit eingeschränkt ist, dass er nicht in der Lage ist ein Produkt auf der Grundlage des IRON-Konzeptes anzubieten.

Der Netzbetreiber ist verpflichtet den gesetzlich vorgegebenen Verpflichtungen zu erfüllen und kann dafür die per Verordnung festgelegte Netztarife (Fixpreise) verrechnen. Die Befolgung dieser Anordnung ist über eine Strafandrohung abgesichert. Damit ist der Netzbetreiber nicht in der Lage, entsprechend der Grundkonzeption der IRON-Prozesse (setzen von Anreizen abhängig von externen Ereignissen) den Netztarif abhängig von externen Ereignissen zu steuern und damit entsprechende Produkte oder Angebote für Kunden bereit zu stellen.

---

## 1.11 State-of-the-Art Technologien (AP7)

Ziel des Arbeitspakets 7 ist die Evaluation von aktuell zur Verfügung stehenden Kommunikationstechnologien für den Einsatz in einem *Integral Resource Optimisation Network*. Dabei soll die Tauglichkeit vorhandener Lösungen für die gegebene Anwendung, die damit verbundenen Kosten und Probleme festgestellt werden. Das Arbeitspaket 7 gliedert sich in drei Phasen, die untenstehend im Einzelnen erläutert werden.

**Recherche** – Eine repräsentative Bestandsaufnahme zu Produktlösungen aktuell verfügbaren Technologien für die Kommunikation mit bzw. innerhalb von geografisch verteilten „Feldgeräten“. Unter „Technologien“ werden hier Kommunikationstechnologien verstanden, die physikalisch durch Endgeräte (Modems, Server, Antennen, Prozessoren) repräsentiert werden, darüber hinaus aber auch (Software-)Konzepte wie Protokolle oder Programmierkonzepte umfassen.

**Evaluationskonzept** – Konzipierung der im Folgenden durchzuführenden Evaluation, d.h. Auswahl von Komponenten, die sich aufgrund Ihrer Eignung unter den gegebenen Beschränkungen in Budget und Zeit sinnvoll testen lassen, und darüber hinaus Festlegung der Fragestellungen, die im Zuge der Evaluation beantwortet werden sollen.

**Evaluation** – Durchführung der Evaluation, d.h. Implementierung der einzelnen in der Konzeptionsphase spezifizierten Testszenarien und Bewertung der Komponenten. Daraus ergeben sich die Antworten zu den spezifizierten Fragestellungen und darüber hinaus werden durch die Arbeit mit den Hardware- und Softwarekomponenten ein Erfahrungsschatz gesammelt, der bei der Einschätzung von während der Evaluation nicht präzise messbaren Parametern wie Zuverlässigkeit oder Handhabbarkeit hilft.

Zur abschließenden Präsentation sollen die evaluierten Internetzugangstechnologien übersichtlich auf einer Präsentationswand (oder alternativ in Präsentationskoffern) montiert werden.

### Recherche

#### Anforderungen

Als Ausgangspunkt für die Recherche dient eine kurze Zusammenfassung der Anforderungen an die IRON-Kommunikationsinfrastruktur, wie sie aus „IRON Study“ [Pal05] folgen.

**IRON-Anwendungsbereiche** – Insbesondere Demand Side Management, d.h. Verbraucherseitiges Energiemanagement, aber möglicherweise auch Organisation verteilter Erzeuger, sowie die Einbettung diverser Zusatzservices wie Fernauslesung von Zählern und andere „add-ons“.

**Topologie** – Hierarchie mit globaler und lokaler Vernetzungsebene, wobei erstere über existierende Infrastruktur (Internet) und letztere über noch auszuwählendes System erfolgt.

**Besondere Anforderungen** – einfache Skalierbarkeit, Wartungsfreiheit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Kompatibilität zu existierenden Einrichtungen

## IRON-Zielgruppen und Produktkategorien

Ein Ergebnis des vorausgehenden Projektes „IRON Study“ [Pal05] ist die Einteilung der IRON Zielgruppen in die Gruppen

- Privathaushalte
- Gebäudekomplexe
- Industrie
- einzelne Anlagen.

Hinsichtlich der Produktauswahl unterschieden sich diese Gruppen insbesondere durch die Anzahl der Kommunikationsknoten pro Anlage, die Komplexität der Steuerungsaufgaben und die Kostenrestriktionen. Auch ohne ein spezifisches Marktmodell festzulegen liegt es auf der Hand, dass im Privathaushalt deutlich preiswerte Lösungen gefordert werden als für eine Industrieanlage.

Als Globalmedium kommt zurzeit nur das Internet in Frage. Die Errichtung einer unabhängigen/eigenen Globalinfrastruktur ist kosten- und aufwandsmäßig nicht sinnvoll bzw. realisierbar. Erst in Zukunft werden offene Produkte verfügbar sein, welche die augenblicklich entstehenden Smart-Metering-Netze als Infrastruktur nutzen können. **Daher definiert sich die Menge potentiell einsetzbarer Produkte auf Geräte, die einerseits eine Internet-Zugangstechnologie realisieren und andererseits eine Möglichkeit zum Schalten von Lasten oder Messen von digitalen und analogen Größen bieten.**

Es existiert eine breite Palette von Produkte, welche diese Voraussetzung erfüllen. Eine Einteilung dieser Produktmenge kann nach Zugangstechnologie, „Vollständigkeit“ und Preis vorgenommen werden.

**Zugangstechnologien** – aktuell kommerziell verfügbare Internetzugangstechnologien sind Breitband-Zugang mit Ethernet-Anschluss oder WLAN, Modem DialUp und GPRS. Eine zukünftige Zugangstechnologie, die sich zurzeit in der Testphase befindet, ist Internet over Powerline.

„**Vollständigkeit**“ – darunter soll hier die direkte Einsetzbarkeit des Produktes verstanden werden. Ein „vollständiges“ Produkt ist z. B. ein Internetgateway für ein Gebäudeautomatisierungssystem, d.h. ein Gerät, das ohne weiteren Entwicklungsaufwand (am Gerät selbst) einsetzbar ist. Ein „unvollständiges“ Produkt ist z. B. ein GPRS-Zugangsmodule, welches für die Integration in vollständige Produkte vorgesehen ist und ohne zusätzlichen Entwicklungsaufwand nicht einsetzbar ist.

**Preis** – die Produktkosten sind differieren insbesondere mit der „Vollständigkeit“ der Produkte.

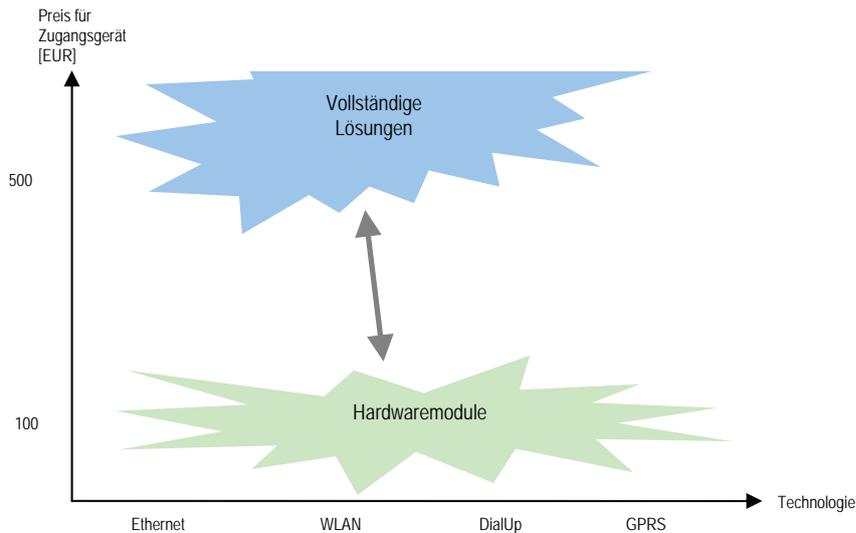


Abbildung 21: Preisdiskrepanz zwischen flexiblen aber nicht produktfertigen Lösungen und vollständigen Produkten

Wie Abbildung 21 zeigt, fallen die aufgrund der Recherche gefundenen Lösungen in zwei klar getrennte Gruppen. Die erste Gruppe enthält Lösungen, die insbesondere aus dem Bereich der Gebäude- und Industriearomatisierung stammen. In diesem Bereich ist die Ankopplung von Feldbusnetzen an Internettechnologien bereits seit längerem vollzogen, entsprechend viele Internetgateways für Feldbusysteme existieren auf dem Markt. Diese Geräte sind vom Leistungsumfang meist sehr umfangreich, jedoch auch sehr teuer (>500 EUR). (Hochkomplexe Systeme wie z. B. für die Kraftwerksteuerung wurden aufgrund Ihrer zu hohen Kosten hier nicht betrachtet.)

Die zweite Gruppe umfasst Systemkomponenten, die sich mit moderatem Entwicklungsaufwand so kombinieren lassen, dass Sie eine geeignete Lösung für die IRON Kommunikationsproblemstellung darstellen (siehe Abbildung 22).

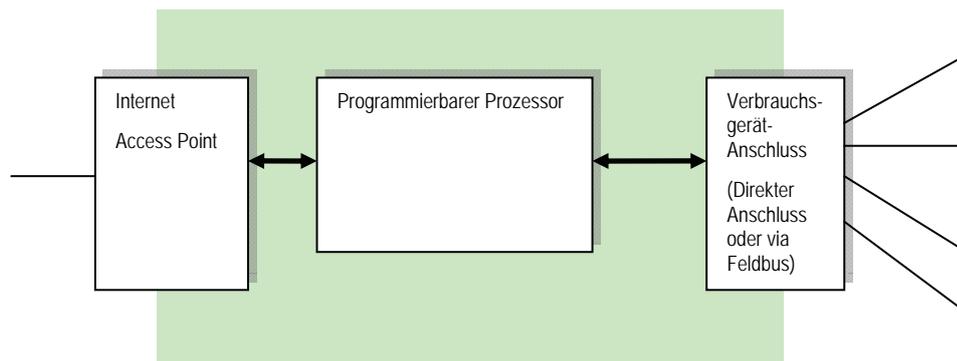


Abbildung 22: Kombinationen von Teillösungen aus Internetanbindung, Microcontroller und I/Os.

### Vollständige Lösungen für die Internetanbindung von Feldbussen

Wie oben erwähnt, bestehen in diesem Bereich bereits viele Komplettlösungen. Die meisten Lösungen fungieren als eingebettete Internetserver, welche die Zustandsvariablen und Aktionsmöglichkeiten des dahinter liegenden Feldbus-Netzwerks in Form von Internetseiten zugänglich machen. Darüber hinaus unterstützen diese Geräte zu-

meist mehr oder weniger komplexe Protokolle (z. B. XML/SOAP) zur direkten Ansteuerung/Auslesung von außen. Der Netzwerkanschluss ist entweder nur über einen Ethernetstecker oder auch durch Festnetztelefon- oder GSM/GPRS-Modem möglich.

Für die hier betrachtete Anwendung ist ein Ethernetanschluss nur bedingt sinnvoll. Eine direkte Ethernetanbindung macht nur dort Sinn, wo bereits eine entsprechende Infrastruktur (d.h. Netzwerk mit Internetzugang) vorhanden ist. Eine Wahlverbindung über die Telefonleitung ist insofern problematisch, als dass diese Verbindung nicht dauerhaft bestehen kann (primär aus Kostengründen). Darüber hinaus ist die Initiierung einer Verbindung ein Problem. Aufgrund der nicht gegebenen freien Programmierbarkeit der Geräte gibt es nur eine beschränkt sinnvolle Menge von Auslösern für eine Modem-Einwahl (z. B. nur, wenn das Gerät eine Warnmeldung absetzen will, weil ein bestimmter Wert eine gewisse Grenze überschritten hat). Die vorgegebenen „Trigger“ für einen Verbindungsaufbau sind meist nicht direkt für die hier vorgesehene Anwendung geeignet bzw. nicht flexibel genug.

Ein weiteres Problem ist die Konzeption als „Server“, die bei allen Feldbus-Internet-Anbindungen zu finden ist. Um auf Daten des Feldbusnetzes zurückgreifen zu können, muss von außen eine Verbindung initiiert werden. Dies würde bedeuten, dass ein zentraler „IRON-Server“ die Lage und Adressen von Feldgeräten kennt und diese regelmäßig abfragt. Dabei kann es jedoch zu Schwierigkeiten bei der Kommunikation durch Firewalls etc. kommen. Das Feldgerät sollte im Idealfall die Kommunikation initiieren, um dieses Problem zu umgehen.

### **Lösungen für GSM/GPRS Zugang**

Auf dem Markt existieren diverse GPRS-Modeme, d.h. Zugangsmodule in unterschiedlichen Ausführungen. Hier ist insbesondere der Preis ausschlaggebend, da der Funktionsumfang (Internetverbindung via GPRS ermöglichen) für alle gleich ist. Die Preisskala ist nach oben hin offen. Zusätzlich existieren auch vollständige Lösungen zur GSM Fernsteuerung von Lasten, d.h. Geräte, die ein GSM Modem mit entsprechenden Schaltrealais und analogen bzw. digitalen Inputs kombinieren. Hier ist leider nur eine Fernsteuerung per SMS möglich. Dies würde jedoch im IRON-Kontext zu hohen Kommunikationskosten führen. Außerdem ist dadurch eine Anbindung an das öffentliche IP-Netzwerk nicht gegeben. Zum Datenaustausch mit SMS-Endgeräten müssten dann eigene IRON Modembänke betrieben werden. Aus diesem Grunde wurde diese sonst sehr attraktive weil vollständige Lösung nicht weiter getestet.

### **Lösungen für WLAN Zugang**

Im Bereich WLAN lassen sich prinzipiell zwei Lösungsansätze unterscheiden: zum einen werden Ein-Prozessor-Systeme angeboten, bei denen der Prozessor für die Steuerung der WLAN Datenkommunikation programmierbar ist und dafür ausgelegt ist, noch weitere Applikationen auszuführen. Diese Systeme sind als Massenprodukt relativ preisgünstig, benötigen jedoch einen höheren Entwicklungsaufwand sowie teure Development-Umgebungen.

Zum anderen werden autonome Module angeboten, die in gewissen Grenzen konfigurierbar sind und für den Einsatz neben einem Applikationsprozessor konzipiert sind. Zwar bedeutet der zusätzliche Prozessor einen Hardwareoverhead, der für ein Massenprodukt nicht sinnvoll wäre, für Evaluationszwecke ist diese Lösung jedoch bei weitem einfacher zu realisieren bzw. zu testen, da keine Einarbeitung in eine besondere Entwicklungsumgebung vonnöten ist.

## Lösungen für Internet over Powerline Zugang

Da eine eigene Infrastruktur für IRON aufzubauen mit enormen Kosten verbunden wäre, wird angestrebt, vorhandene Systeme zu nutzen, um ein geeignetes Netzwerk bilden zu können. Bei verschiedenen Energieversorgungsunternehmen sind derzeit Systeme im Aufbau, welche für betriebliche Zwecke (Zählerfernablesung, Messwertübertragung etc.) konzipiert sind und mit moderatem Zusatzaufwand für die Anforderungen des IRON-Konzeptes adaptierbar sind. Ein derzeit im Testbetrieb befindliches System welches zur Realisierung des IRON-Konzeptes erweiterbar ist, wird in folgenden Abschnitten erläutert.

Die LINZ STROM GmbH beabsichtigt in den nächsten Monaten und Jahren den Aufbau einer technischen und organisatorischen Infrastruktur, die die Abwicklung sämtlicher Aktivitäten im Bereich des intelligenten Energiemanagements erlaubt. Hierzu gehören nicht nur das Automated Meter Reading (AMR) bzw. das Automated Meter Management (AMM) für die Bereiche Strom, Wärme, Wasser und Gas, sondern auch die Möglichkeit zur gezielten Laststeuerung, der Bereich Strassenbeleuchtung und auch Einbindung der EVU-Messtechnik. Speziell die Bereiche Messtechnik und Laststeuerung erfordern neuartige Konzepte, die weit über die bisher bekannten Ansätze hinausgehen.

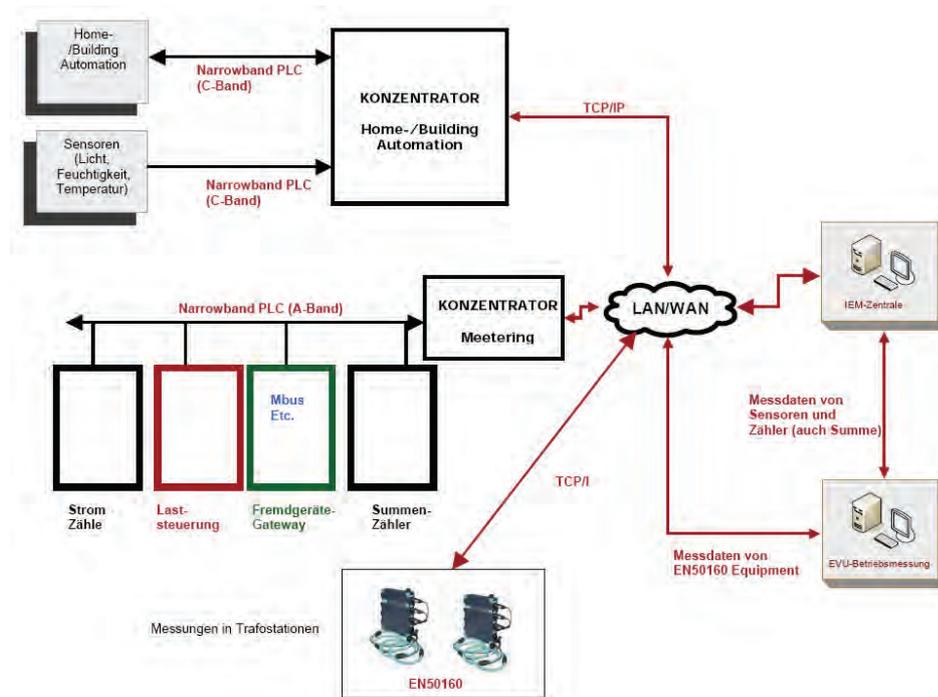


Abbildung 23: Infrastruktur für intelligentes Energiemanagement im Netz der LINZ STROM GmbH

Der prinzipielle Aufbau dieses Systems soll anhand Abbildung 23 kurz dargestellt werden. Stromzähler, die Komponenten zur Laststeuerung sowie die sogenannten Fremdgerätegateways werden über Narrowband Powerline (A-Band) an einen Konzentrator – dieser kann über verschiedenste WAN-Schnittstellen mit dem zentralen Server kommunizieren – angebunden. Der Konzentrator ist hierbei nicht nur für die Abwicklung und Koordination von Anfragen zuständig, sondern optimiert auch permanent die Kommunikation im Narrowband Powerline Netz.

Die oben angesprochenen Fremdgerätegateways können mit unterschiedlichen Schnittstellen ausgestattet werden, sodass z. B. das Einbinden von bereits vorhandenen Gewerbe-/Industriezählern aber auch von Wärme- und Wasserzählern, die über eine M-Bus Schnittstelle verfügen, jederzeit möglich ist. Dieses Fremdgerätegateway ist so konzipiert, dass auch andere Schnittstellen relativ einfach realisiert werden können. Eine Erweiterung bzw. Adaption der Funktionalität des Gesamtsystems ist somit jederzeit möglich.

Um auch abgesetzte Sensoren und Komponenten aus der klassischen Home- und Buildingautomation in das Gesamtsystem einbinden zu können, wird ein eigener Konzentrador – dieser erlaubt wiederum die Kommunikation über Narrowband Powerline, hier aber im CENELEC C-Band – eingesetzt. Die Visionen von der gesteuerten Steckdose oder vom Zugriff auf die Klimaanlage eines Kunden sind hiermit prinzipiell realisierbar.

Die offene und flexible Architektur des Systems sowie die umfassende Vernetzung der Komponenten bieten somit die besten Voraussetzungen für die Umsetzung eines Pilotprojekts im Bereich Lastmanagement. Durch die Einbindung von neuartigen SW-Modulen (Regelenergiemodell, Modell Variabler Strompreis) am zentralen IEM-Server können relevante Fragestellungen unmittelbar und ohne aufwendige Installationen im Feld untersucht werden.

## Evaluationskonzept

### Auswahl der zu evaluierenden Zugangstechnologien

Aus der Fülle möglicher Optionen werden die fünf im Folgenden vorgestellten Test-szenarien ausgewählt. Jedes Szenario wird realisiert und dabei die unter „Evaluationsziele“ genannten Parameter bestimmt. Darüber hinaus dient die Realisierung der einzelnen Szenarien der Erfahrungssammlung hinsichtlich der Auswahl einer Variante für einen ersten Feldversuch. Ein Vergleich der Eigenschaften der fünf Szenarien findet sich in Tabelle 6.

**GPRS** – Eine prototypische „IRON-Box“ wird um ein GSM/GPRS Modem herum aufgebaut. GSM/GPRS ist eine sehr attraktive Zugangstechnologie, da ohne Verdrahtungsaufwand eine ständige Internetverbindung aufgebaut werden kann. Nachteilig sind jedoch die (volumenabhängigen) Kosten der Verbindung. Festzustellen, in wie fern diese ins Gewicht fallen, ist u.a. Aufgabe der Evaluation.

Die Wahl fiel auf das Produkt „GR47“ von Sony Ericsson, da dieses Modul nicht nur die Modemfunktionalität anbietet sondern darüber hinaus noch programmierbar ist. Insbesondere ist dies das günstigste GSM Modem, das gefunden werden konnte.

**Modem DialUp** – Eine prototypische „IRON-Box“ wird um ein herkömmliches Datenmodem für die analoge Telefonleitung herum aufgebaut. Die Modem-Variante zeichnet sich durch breite Verfügbarkeit aus, und kommt insbesondere dort zum Tragen, wo kein GSM Empfang verfügbar ist. Nachteilig sind auch hier die relativ hohen, von der Verbindungsdauer abhängigen Kosten. „56k-Modems“ arbeiten durchgehend mit dem standardisierten AT-Befehlssatz und sind daher weitestgehend austauschbar. Hier wird ein preiswertes „unbranded“ Gerät verwendet.

**WLAN** – Eine prototypische „IRON-Box“ wird um WLAN Zugangsmodul herum aufgebaut. Die WLAN-Zugangstechnologie bietet sich vor allem dort an, wo bereits ein WLAN-Netz installiert ist. Der Grad der „WLAN Abdeckung“ nimmt stetig zu. Da keine laufenden Verbindungskosten anfallen, ist diese Alternative den vorstehenden Vorzuziehen, falls ein WLAN zur Verfügung steht.

Um den Entwicklungsaufwand gering zu halten und vorhandene Mikrocontroller-

Plattformen weiter nutzen zu können, fiel die Wahl auf das „WLAN Modul RS232“ der Firma Avisaro.

**i.Lon** – Aufgrund seiner Ausstattung mit Relais-Ausgängen und Messeingängen sowie Telefonmodem und Ethernetschnittstelle kann der „i.Lon 100“ als prototypische „IRON-Box“ fungieren. Über das Feldbus-Interface ist eine Ankopplung an ein Gebäude- oder Industrieautomationsnetz möglich. Das Gerät hat einen großen Funktionsumfang (und entsprechend hohe Anschaffungskosten), steht damit jedoch exemplarisch für die Gruppe der Feldbus-Internet-Anbindungen. In wie Fern das Gerät so konfiguriert werden kann, dass es den IRON Anforderungen genügt, muss im Rahmen des Tests bestimmt werden.

**VIDA 84** – Dieses Gerät wurde ausgewählt, weil es speziell für Energiemanagement-Zwecke entwickelt wurde. Die vorliegende Variante ist mit einem GSM/GPRS-Modem ausgestattet. Es ist in der Lage, Lasten direkt zu schalten und Messreihen auszunehmen und zu kommunizieren. In wie Fern das Gerät so konfiguriert werden kann, dass es den IRON Anforderungen genügt, muss im Rahmen des Tests bestimmt werden.

	GPRS	Modem DialUp	WLAN	i.Lon	VIDA
Zugangstechnologie	GSM/GPRS	Telefonmodem ITU-T V.90	IEEE 802.11	Telefonmodem V.92/Ethernet	GSM/GPRS/Ethernet
Vollständiges Produkt	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Hersteller	Sony Ericsson	Verschiedene	Avisaro	Echelon	Envidatec
Produktbezeichnung	GR47	unbranded	WLAN Modul RS232	i.Lon 100	VIDA 84
Zusätzlich benötigte Hardware	I/O Board	Controller + I/O Board	(Controller +) I/O Board	-	Schaltrelais

Tabelle 6: Für die Evaluation ausgewählte Szenarien

### Evaluationsziele

Die Evaluation verfolgt prinzipiell zwei Hauptziele. Zum einen sollen durch eine Realisierung der jeweiligen Szenarien Erfahrungen gesammelt werden, die einer Bewertung der Eignung für den Einsatz im IRON-Kontext zugrunde gelegt werden. Nicht alle der gesammelten Erfahrungswerte sind jedoch in Zahlen fassbar. Daher besteht das zweite Ziel aus der Sammlung von vergleichbaren Daten zu vorher festgelegten Fragestellungen für jedes Szenario.

Erfasst werden sollen Informationen zu den Parametern der Kommunikation (Technik, tatsächlich erreichte Bandbreite, Latenz etc.), zu den Kommunikationskosten (Tarifstruktur) und zum Installationsaufwand.

Die Kommunikationskosten können nur in der Form angegeben werden, wie sie sich für einen „Einzelkunden“ darstellen. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, dass für einen zukünftigen Großabnehmer „IRON“ günstigere Konditionen ausgehandelt werden können.

In Hinblick auf einen zukünftigen „Großeinsatz“ ist auch der Installationsaufwand zu sehen. Wenn eine große Anzahl von Engeräten bei verschiedenen Nutzern installiert werden muss, so spielt der Installations- und Konfigurationsaufwand eine große Rolle. Wünschenswert wäre hier, eine *plug and play* Lösung zu finden.

## Evaluation

Im Folgenden findet sich eine kurze Zusammenfassung der Implementierungsaspekte bei der Realisierung der einzelnen Zugangsvarianten.

### GSM/GPRS



Abbildung 24: Das GR47 GSM Modul auf dem dazugehörigen Development Board.

**Wahl des GSM Netzbetreibers** – Aus Abrechnungsgründen sollte eine Wertkarte eingesetzt werden. Wertkarten für den GPRS Datenservice werden von A1 und T-Mobile zu ähnlichen Konditionen angeboten. Beim gewählten T-Mobile-Tarif werden pro MByte 6€ berechnet, wobei in 50 KByte Paketen zu 30 Cent abgerechnet wird. Für Testzwecke hat sich dies als sehr teuer herausgestellt, da jeder Testlauf der Software ein 50 KByte-Paket in Anspruch nimmt (auch wenn tatsächlich nur einige Bytes übertragen werden). Im Laufenden Betrieb bleibt die Verbindung jedoch bestehen und dieses Problem tritt nicht mehr auf.

**GR47 Entwicklungsumgebung** – Das GR47 Modul von Sony Ericsson ist mit Hilfe einer mitgelieferten IDE und einer speziellen, C-ähnlichen Skriptsprache programmierbar. Die IDE ist unkomfortabel und neigt dazu, abzustürzen. Der Skript-Charakter der Programme und die fehlende Kompilierung machen die Fehlersuche sehr aufwändig. Die Dokumentation der Development-Plattform ist lückenhaft und hat zu Verzögerungen geführt. Das Modul selbst überzeugt jedoch durch Zuverlässigkeit und kleine Abmessungen.

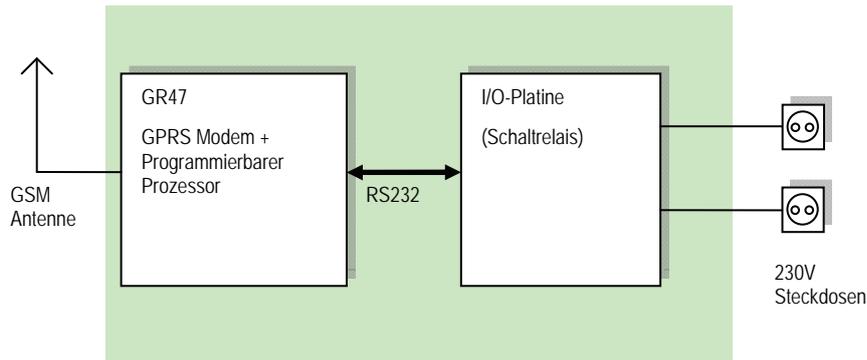


Abbildung 25: Aufbau des GPRS Testszenarios

### Modem DialUp

Bei Telefon-Modemen besteht die Problematik, dass diese nicht mit einem TCP/IP-Stack ausgestattet sind (d.h. das TCP/IP Protokoll nicht implementieren). Das Modem stellt eine Verbindung mit einem PPP-Server her und erlaubt dann den Austausch von Datenpaketen auf PPP-Ebene. Die Konfiguration der Verbindung und die Etablierung einer TCP/IP-Verbindung zu einem anderen Netzteilnehmer (z. B. IRON-Server) bleibt jedoch dem Prozessor überlassen, welcher das Modem über die serielle Schnittstelle ansteuert.

Zur Realisierung eines TCP/IP-Stacks wird im Allgemeinen mehr Rechenleistung benötigt, als ein preiswerter Standard-Microcontroller zur Verfügung stellt. Um den Evaluationsaufwand zu begrenzen, wurde auf die Implementierung des TCP/IP-Stacks verzichtet und stattdessen nur das deutlich einfachere UDP-Protokoll realisiert. Während bei TCP ein Datenstrom in mehrere Datenpakete unterteilt wird, und die richtige Reihenfolge der Pakete sowie die tatsächliche Übertragung auf Protokollebene sichergestellt wird, gibt es bei UDP keine sichergestellte Übertragung und keine Paketreihenfolge. Da die ausgetauschten Daten für das IRON-Testszenario (und voraussichtlich in bei zukünftigen IRON-Anwendungen) jeweils in ein einziges UDP-Paket hineinpassen, ist dies nicht weiter nachteilig. Die Übertragung kann (in Form von Bestätigungspaketen) auf höherer Ebene sichergestellt werden.

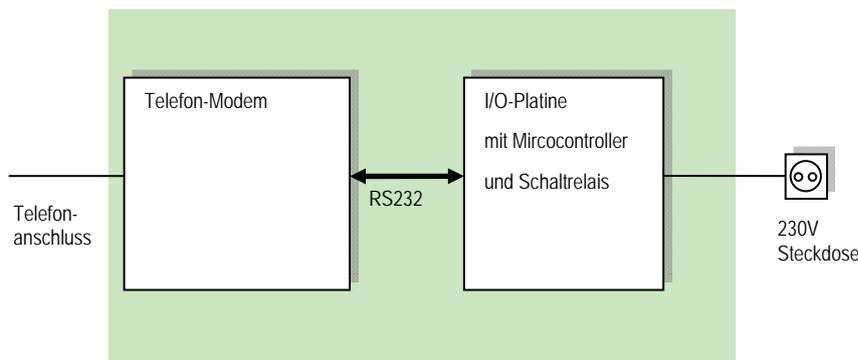


Abbildung 26: Aufbau des Modem Evaluationsszenarios

Durch die Verwendung des UDP-Protokolls kann nicht nur Entwicklungszeit reduziert werden, auch die Hardwarekosten reduzieren sich aufgrund der geringeren benötigten Speichergröße und Rechenleistung des ansteuernden Prozessors. Das entsprechen-

de Programm (3KByte) kann auf einem Atmel AVR ATmega8515 Microcontroller ausgeführt werden, der über die serielle Schnittstelle mit dem Modem verbunden ist. Während dieser Mikrocontroller in mittleren Stückzahlen etwa 4 Euro kostet, würde ein Mikrocontroller für die Implementierung eines TCP/IP-Stacks etwa 11 Euro kosten.

## WLAN

Das „Avisaro WLAN“ Modul wurde als weitere Alternative als IRON Kommunikationsgerät getestet. Es verbindet sich auf einer Seite drahtlos zu einem bereits existierenden WLAN, auf der anderen Seite bietet eine serielle Schnittstelle die Kommunikationsmöglichkeit zur Applikation. Das Modul kann entweder über die serielle Schnittstelle oder über einen integrierten Webserver konfiguriert werden. Während der Evaluation wurde die Webserver-Alternative genutzt, welcher übersichtlichen Zugriff auf alle Parameter ermöglicht. Die WLAN Verbindung wurde über einen entsprechenden WLAN Router hergestellt. Alternativ kann das Modul mit AT-Kommandos über die serielle Schnittstelle konfiguriert werden, was ebenfalls implementiert wurde.



Abbildung 27: Das Avisaro WLAN Modul auf einer Trägerplatine

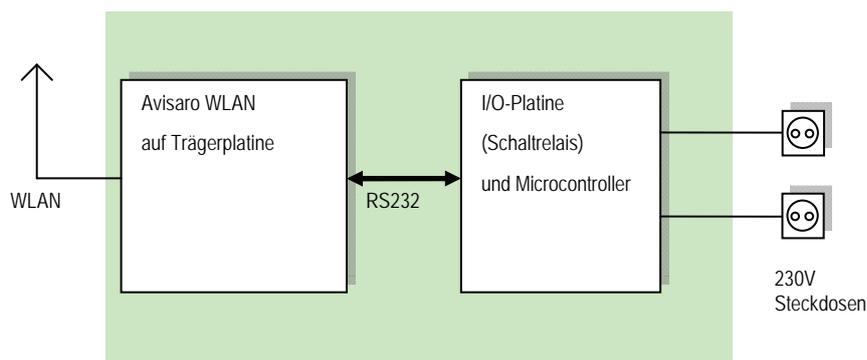


Abbildung 28: Evaluationszenario für das WLAN Modul.

Das Modul befindet sich immer in einem der zwei Modi *command mode* oder *data mode*. Im *command mode* werden alle Daten vom seriellen Port als Kommandos interpretiert. Im *data mode* hingegen werden alle Daten vom seriellen Port zur WLAN Verbindung weitergesendet und umgekehrt, sofern zuvor eine entsprechende TCP/IP-Verbindung zu einem entfernten Rechner aufgebaut wurde.

Erste Tests, bei denen versucht wurde, Daten auf den speziellen I/O-Pins des WLAN-Moduls auszugeben, scheiterten. Eine Lösung für dieses Problem konnte im gegebenen Zeitrahmen nicht gefunden werden. Da das WLAN Modul jedoch ohnehin zusammen mit einem externen Mikrokontroller eingesetzt werden soll, werden die on-board I/Os nicht unbedingt benötigt.

### i.Lon

Der i.Lon 100 ist ein eingebettetes System, d.h. es handelt sich um einen vollständigen Kleincomputer mit Dateisystem, Echtzeit-Betriebssystem etc. Ein erster Verbindungsaufbau zum i.Lon 100 geschieht über einen Web-Browser-Zugriff auf den i.Lon-Webserver. Dazu muss der i.Lon mit einem (Ethernet-)Netzwerk verbunden werden. Alternativ ist auch eine Terminal-Verbindung über die serielle Schnittstelle möglich. Zuerst muss der i.Lon so eingerichtet werden, dass er sich ins vorhandene Netzwerk einfügt (DHCP-Einstellungen bzw. feste IP-Adresse). Da ein Test der Einstellungen erst nach erneutem „Hochfahren“ des i.Lon Systems möglich ist, gestaltet sich diese Prozedur langwierig. Ebenfalls als negativ fällt auf, dass für den Zugriff auf die i.Lon Webseiten aufgrund der darin enthaltenen Zusatzfunktionen nur der Microsoft Internet Explorer benutzt werden kann.

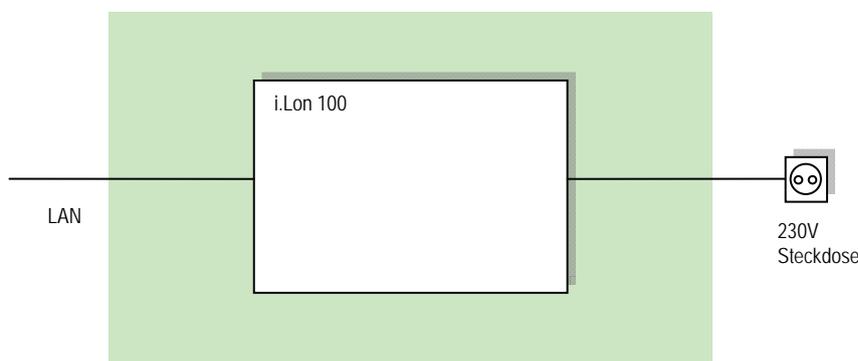


Abbildung 29: Testaufbau für das i.Lon Szenario

Über die Seiten des Webservers sind sodann alle Konfigurationen durchführbar und auch der schreibende bzw. lesende Zugriff auf die vom i.Lon verwalteten Ein- und Ausgänge möglich. Der i.Lon dient dabei primär als Gateway für ein nachgeschaltetes Feldbus-Netz in LON-Technologie. Es können jedoch auch die im Gerät enthaltenen Schaltrelais angesprochen werden, wie es im Rahmen der Evaluation durchgeführt wurde.

Die vorliegende Variante des i.Lon ist mit einem analogen Modem ausgestattet (alternativ könnte ein GSM Modem extern angeschlossen werden). Es ist jedoch nicht möglich, das Gerät so zu konfigurieren, dass ein regelmäßiger Verbindungsaufbau vom Gerät initiiert wird. Stattdessen muss das Modem von außen angerufen werden. Dieses Vorgehen lässt sich nur schwer mit der geplanten IRON-Netzwerkstruktur vereinbaren. Für ein gezieltes Anrufen von Analog- oder GSM-Modemen müssten entsprechende Modem-Bänke eingesetzt werden.

## VIDA

Von der Systemstruktur her ist die VIDA 84 vergleichbar mit dem i.Lon 100. Auch hier liegt ein eingebettetes System vor, es steht jedoch weniger die Gateway-Funktion für ein Feldbussystem im Vordergrund, sondern die Datensammlung und Fernauslesung von Energieverbrauchsdaten. Darüber hinaus können vier Digitalausgänge geschaltet werden. Auch die VIDA 84 wird über einen eigenen Webserver konfiguriert.

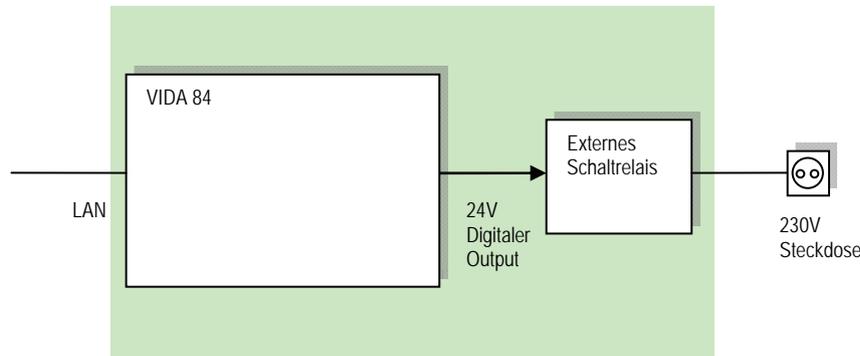


Abbildung 30: Aufbau des Testszenarios für VIDA 84.

In der vorliegenden Bestückungsvariante ist die VIDA 84 mit einem GSM-Modem ausgestattet. Leider können damit nur Alarm-Benachrichtigung und andere Daten per SMS versendet werden. Ein Internet-Zugang mittels GPRS ist nicht möglich. Somit muss für eine Internetanbindung der VIDA 84 ein Ethernet-Netzwerk vorhanden sein.

## Hardwarekosten

In der Literatur finden sich bereits in den neunziger Jahren Aussagen über die fallenden Preise von Kommunikationstechnik und die damit verbundene steigende Attraktivität von Kommunikationstechnik für den Einsatz im Bereich Energiemanagement (siehe z. B. [Smith94]). Eine der Thesen zu Beginn des IRON-Projekts war, dass die Kosten für Kommunikationstechnik inzwischen auf einem Niveau angelangt sind, welches den großflächigen Einsatz zum Zwecke der Energieverbrauchs-Koordination erlaubt.

**Das erste zentrale Ergebnis der „State of the Art“ Recherche ist, dass Kommunikationstechnik zum aktuellen Zeitpunkt und zum hier betrachteten Zweck zur Verfügung steht, ein akzeptabler Preis aber nur für ein Massenprodukt erreichbar ist.** Aktuell verfügbare Geräte/Systeme für Energiemanagement sind jedoch keine Massenprodukte und mit entsprechend hohen Kosten verbunden. Das generelle Preisniveau für Kommunikationstechnik ist also so weit abgesunken, dass Massenprodukte unter die kritische Preisschwelle fallen, spezialisierte Lösungen jedoch diese Schwelle (noch) nicht unterschreiten. Eine scharfe Angabe der kritischen Preisschwelle ist naturgemäß nicht möglich, Ergebnisse aus AP1 zeigen jedoch, dass diese sich im Bereich 100 Euro befindet.

Aktuell verfügbare Lösungen sind generell mit zu großem Funktionsumfang für den hier betrachteten Zweck ausgestattet und daher zu komplex, oder in eine andere als die hier benötigte Richtung hin spezialisiert. Eine detaillierte Untersuchung der benötigten Einzelkomponenten hat jedoch ergeben, dass eine „IRON-Box“ zu vertretbaren Kosten realisierbar ist. Diese Realisierung wird in Rahmen von Arbeitspaket 3 durchgeführt.

## Internet-Zugangstechnologien

Im Rahmen der Evaluation wurden drei unterschiedliche Internet-Zugangstechnologien auf Ihre Anwendbarkeit im IRON Kontext hin überprüft. **Das zweite zentrale Ergebnis der „State of the Art“ Recherche ist, dass keine eindeutig favorisierte Zugangstechnologie angegeben werden kann, sondern dass je nach Gegebenheiten am Einsatzort der „IRON-Box“ entschieden werden sollte, welche Variante genutzt werden soll.** Es gibt keine Zugangstechnologie, die unter allen Umständen immer problemlos funktioniert. Von den Hardware-kostenmäßig her alle drei Varianten auf ähnlichem Niveau.

**GSM/GPRS** – Diese Lösung zeichnet sich durch den höchsten Abdeckungsgrad aus. Es gibt jedoch bauliche Situationen, z. B. in tiefen Kellern oder nahe an Störquellen, bei denen kein GSM Empfang gegeben ist. Ein GSM Modem benötigt eine SIM-Karte. Dies ist einerseits zwar nachteilig im Sinne einer möglichst einfachen Lösung, erleichtert andererseits aber die Konfiguration des GSM/GPRS Zugangs durch einfaches Einstecken einer vorkonfigurierten SIM-Karte.

Das getestete Modul funktioniert zuverlässig und zeichnet sich durch eine geringe Größe aus. Nachteilig ist lediglich die spezielle, interpretierte Skriptsprache, welche zur Programmierung des Moduls verwendet wird, und die unkomfortable Software-Entwicklungsumgebung des Herstellers. Nachteilig sind auch die (volumenabhängigen) Kosten der Verbindung.

**WLAN** – Die Integration der IRON-Box in bestehende WLANs ist eine sehr attraktive Lösung, da keine zusätzlichen Kommunikationskosten anfallen. Auch die nachträgliche Etablierung neuer WLANs für IRON-Zwecke (die darüber hinaus sicherlich dann auch anderweitig genutzt werden) ist relativ unproblematisch möglich (Einrichten einer einzigen Breitbandverbindung für mehrere IRON-Clients; Aufstellen eines WLAN Access Points). Grundsätzlich ist jedoch der Bedarf an zusätzlicher Infrastruktur als nachteilig anzusehen.

Das getestete Modul erwies sich als unkompliziert zu bedienen und robust. Lediglich die relativ hohe Leistungsaufnahme (1W) im Vergleich zum GSM Modul fällt nachteilig auf. Hier zeigt sich, dass WLAN-Hardware im Gegensatz zu GSM nicht für eine Akkuvorsorgung optimiert ist. Ein externer Prozessor zur Steuerung des Datentransfers mit dem IRON-Server wird benötigt. Die Anforderungen bezüglich Speicher und Geschwindigkeit sind jedoch sehr gering, so dass keine hohen Zusatzkosten entstehen.

**Modem DialUp** – Die tatsächliche Verfügbarkeit von Telefon-Anschlüssen zur Modem-Einwahl ist gering. Zwar stehen Telefonanschlüsse weit verbreitet zur Verfügung, aber die tatsächliche Nutzbarkeit ist sehr unterschiedlich. Viele Anschlusspunkte sind Teil einer Nebenstellenanlage. Die Ziffernfolge für die Leitungsanforderung ist in jeder Telefonanlage anders. Dies setzt eine Konfigurierbarkeit der IRON-Box voraus. Oftmals sind Zugänge für Modeme auch gesperrt, um die Einwahl zu verhindern. Aus diesen Gründen ist die Modem-Variante problematisch. Weiters als nachteilig aufgefallen sind die (dauerabhängigen) Verbindungskosten und die zusätzlich benötigte TCP/IP-Protokoll-Implementierung.

Die Modemalternative wird höchstens dort zum Einsatz kommen, wo kein GSM-Empfang möglich ist, ein Telefonanschluss zur Verfügung steht aber es sich nicht lohnt, ein WLAN zu etablieren.

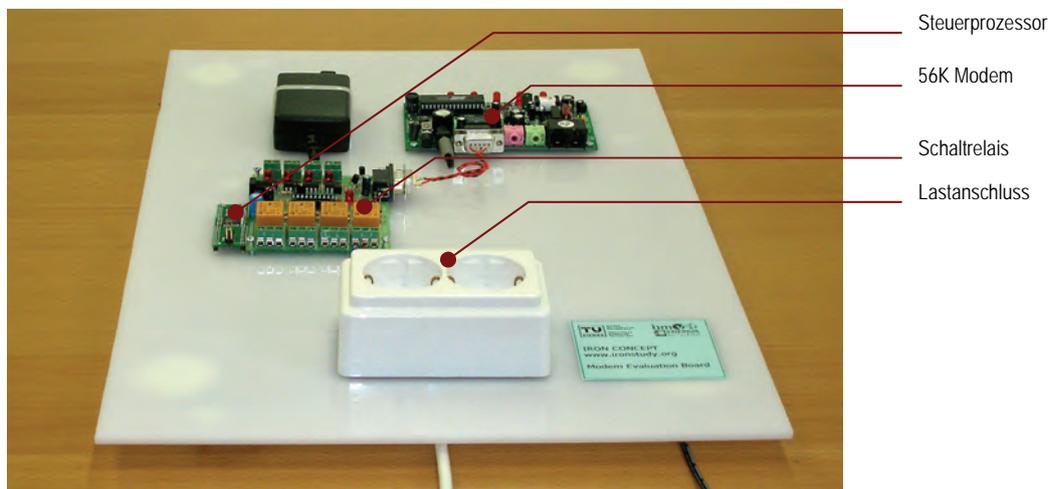
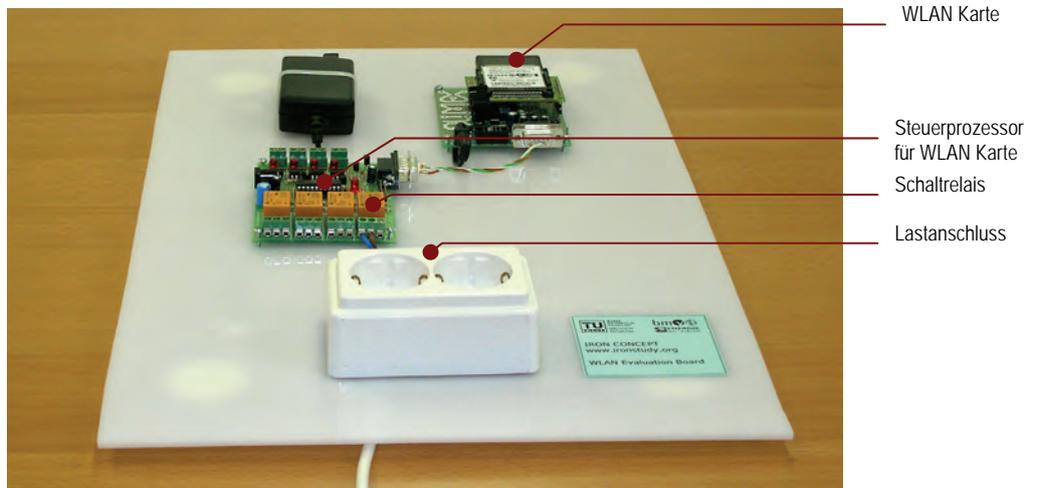
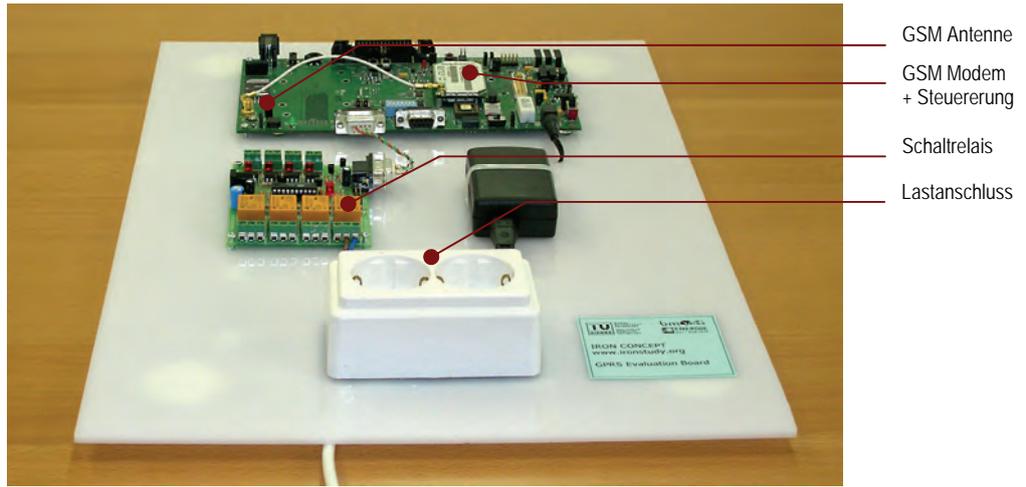


Abbildung 31: Die drei angefertigten Evaluations-Bords für Internetzugangstechnologien: (von oben nach unten) GPRS, WLAN und Analog-Modem.

## Vollständige Produktlösungen

Entgegen ursprünglicher Erwartungen konnten die beiden vollständigen Produkte i.Lon 100 (Echelon) und VIDA 84 (Envidatec) nicht ausreichend umkonfiguriert werden, um für IRON-Zwecke einsetzbar zu sein. Der Grund hierfür ist einerseits die Auslegung der Geräte als „Server“, und andererseits die fehlende Programmierbarkeit. Beide Produkte bieten einen Embedded Webserver. Auf diese Weise ist es möglich, sich von außen mit diesem Webserver zu verbinden und dann Daten auszulesen bzw. Schaltbefehle zu senden. Da die „IRON-Box“ jedoch in den meisten Fällen in Netzwerken eingesetzt werden wird, die durch Firewalls geschützt sind, sind nur Verbindungen möglich, die von innerhalb dieser Netzwerke initiiert werden. Es bestand jedoch bei beiden Produkten nicht die Möglichkeit, einen solchen Verbindungsaufbau z. B. in regelmäßigen Zeitabständen selbstständig durchzuführen. Beide Produkte verfügen zwar über die Möglichkeit, eine Warnmeldung im Falle der Störung eines überwachten Gerätes abzusetzen, jedoch hätte es zusätzlicher externer Hardware bedurft, eine solche „Störung“ in regelmäßigen Zeitintervallen zu simulieren, um das Gerät zum Verbindungsaufbau zu stimulieren.

Ohne eine Änderung der auf dem jeweiligen Produkt laufenden Software sind i.Lon und VIDA nicht für IRON geeignet. Darüber hinaus sind in beiden Fällen die Gerätekosten sehr hoch, da beide Produkte in ihrer Auslegung als Embedded System mit Echtzeitbetriebssystem etc. für die hier benötigte Funktionalität überdimensioniert sind.

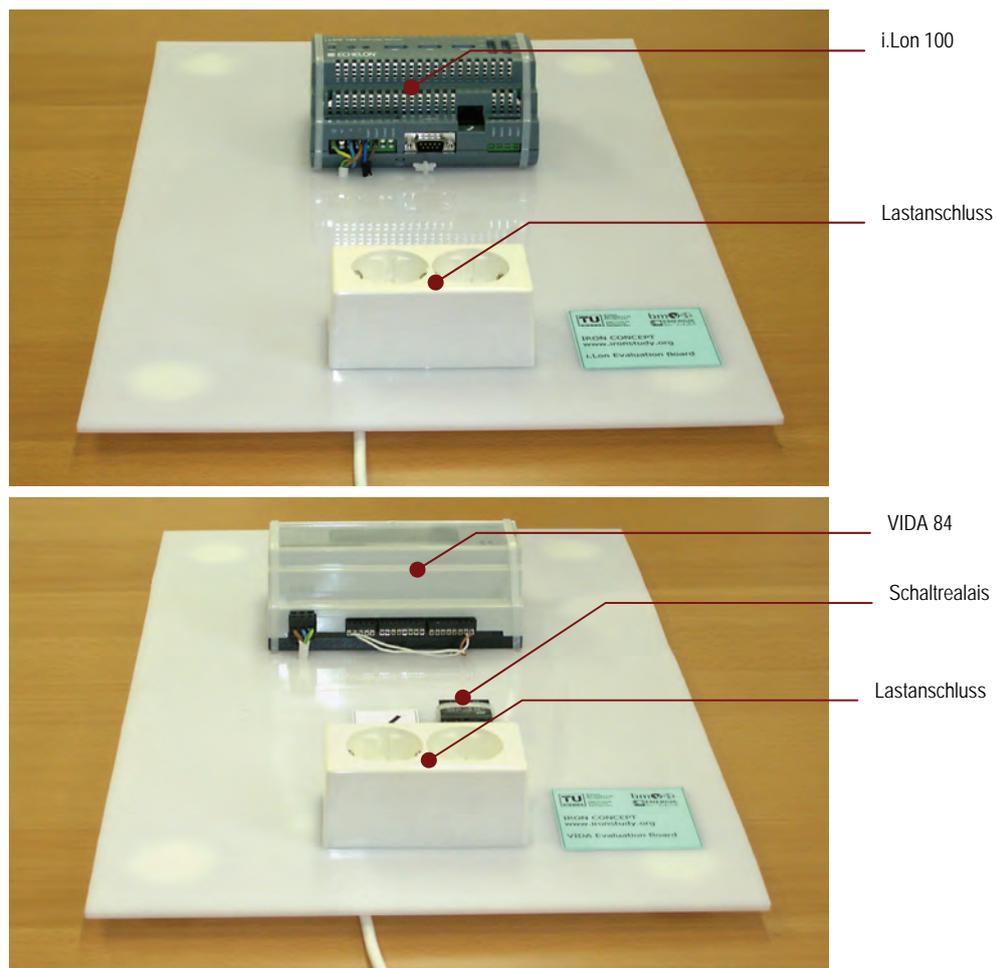


Abbildung 32: Die zwei angefertigten Evaluations-Bords für vollständige Produktlösungen: oben i.Lon, unten VIDA.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

	GPRS	Modem DialUp	WLAN	i.Lon	VIDA
<b>Technologie</b>					
Zugangstechnologie	GSM/GPRS	Telefonmodem ITU-T V.92	IEEE 802.11	Telefonmodem V.92/Ethernet	GSM/GPRS/Ethernet
Hersteller	Sony Ericsson	Unbranded	Avisaro	Echelon	Envdatec
Produktbezeichnung	GR47	-	WLAN Modul RS232	i.Lon 100	VIDA 84
<b>Kommunikation</b>					
Erreichbarer Datendurchsatz theoretisch	56 kBit/s	56kBit/s	115 kBit/s	siehe Modem DialUp	siehe GPRS
Typischer Datendurchsatz im Versuch	9,6 kBit/s <sup>8</sup>	30...40 kBit/s	9,6 kBit/s <sup>9</sup>	siehe Modem DialUp	siehe GPRS
Dauer Verbindungsaufbau	1,4 s	50 s	0,5 s	siehe Modem DialUp	siehe GPRS
Typische Latenz bei etablierter Verbindung <sup>10</sup>	15 ms	210 ms	6 ms	siehe Modem DialUp	siehe GPRS
<b>Kosten</b>					
Hardware	125 EUR	80 EUR	140 EUR	700 EUR	600 EUR
Verbindungsaufnahme		-			
Abrechnungseinheit	Kosten abhängig von Datenvolumen	Kosten Abhängig von Verbindungsdauer	Bei Mitnutzung keine Kosten, sonst Anbieterabhängig	siehe Modem DialUp	siehe GPRS
Kosten pro Abrechnungseinheit	30ct/50 kByte <sup>11</sup>	2,5ct/min <sup>12</sup>		siehe Modem DialUp	siehe GPRS
Geschätzte Kosten Massenprodukt <sup>13</sup>	90 EUR	60 EUR	100 EUR	500 EUR	470 EUR
<b>Installation</b>					
Installationsaufwand	Gering: Einsetzen der SIM-Karte kann vor Auslieferung geschehen	Hoch: Einstecken in Telefondose und konfigurieren der Amtsleitungs-Vorwahl	Minimal wenn WLAN vorhanden. Hoch, wenn WLAN eingerichtet werden muss	Hoch: Einstellen der Netzwerkparameter und dann der DialUp Parameter	Hoch: Einstellen der Netzwerkparameter und dann der DialUp Parameter
Ausführbar durch	Kunde	Kunde/Techniker	- / Techniker	Techniker	Techniker

Tabelle 7: Ergebnisse der State of the Art Technologie-Evaluation

<sup>8</sup> Beschränkt durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Steuerprozessors (AVR @4MHz)

<sup>9</sup> Beschränkt durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Steuerprozessors (AVR @4MHz)

<sup>10</sup> Die Gesamtlatenz setzt sich additiv aus Internet-Latenz und Zugangstechnologie-spezifischer Latenz zusammen. Hier angegeben ist die Zugangstechnologie-spezifischer Latenz vom Modul zum nächsten Server.

<sup>11</sup> Anbieterabhängig, hier Beispiel für T-Mobile Wertkarte. Bei größerem Kundenvolumen ist die Verhandlung eines gesonderten IRON-Tarifs möglich.

<sup>12</sup> Anbieterabhängig, hier Beispiel für Telekom Austria

<sup>13</sup> Preissenkung gegenüber Kosten unter „Hardware“ ergibt sich durch die viel höhere Stückzahl. Bei GPRS, Modem und WLAN kommen dann jedoch wieder Kosten für Gehäuse, Stromversorgung etc. hinzu.

---

## 1.12 Technische Infrastruktur (AP3)

Die technische Infrastruktur für IRON, wie sie in diesem Projekt konzipiert und grundlegend realisiert wurde, besteht aus kommunikationstechnischen als auch algorithmischen Komponenten. Beide werden in diesem Kapitel dargestellt. Bei den **algorithmische Komponenten** geht es um die Frage, auf welche Weise eine Beeinflussung von Lasten im elektrischen Netz geschehen kann (d.h. wann diese an- oder abgeschaltet werden können, wie oft dies am Tag geschehen kann etc.) Für das IRON-Projekt wurde ein einheitliches, im Folgenden dargestelltes Lastmodell zugrunde gelegt. Die durch die jeweilig umgesetzten Marktmodelle (siehe AP2) und das verwendete Lastmodell bestimmten Steueralgorithmen werden als verteilte Anwendung auf Feldgeräten („IRON-Boxen“) und zentralen Servern ausgeführt.

Im Bereich der **Kommunikationstechnik** steht die Frage im Vordergrund, wie dieser Einfluss auf Lasten verübt werden kann, d.h. also über welche Kommunikationskanäle. Für sehr zeitkritische Anwendungen, wie zum Beispiel die Bereitstellung von Primärregelenergie zur Eindämmung von Netzfrequenzschwankungen, wird für IRON die Netzfrequenz als „impliziter“ Kommunikationskanal gewählt, der in Echtzeit über den Energie-Balancenzustand des Netzes informiert. Für weniger zeitkritische Anwendungen (Abruf von Sekundärregelenergie, zeitvariable Tarife) wird für IRON eine TCP/IP-Kommunikation über das Internet gewählt, da dies aktuell der einzig weiträumig kostengünstig zur Verfügung stehende Kommunikationskanal ist. Als Kommunikationsendgerät auf der Lastseite dient die „IRON-Box“, die ebenfalls im Folgenden beschrieben wird.

Im AP3 wurde die IRON-Box konzipiert, realisiert und getestet. Gleichzeitig wurde die vollständige Implementierung der Dienste des zentralen IRON-Servers durchgeführt. Weiter wurde ein Simulationsprogramm geschaffen, das eine beliebige Anzahl an virtuellen Feldgeräten (IRON-Boxen) simuliert und für Belastungstests des Servers verwendet wird. Zur Umsetzung der Box-Server-Kommunikation wurde die TCP/IP-Socket Technologie verwendet. Weiter wurde Java Remote Method Invocation (RMI)<sup>14</sup> für die möglicherweise verteilte Interface-Server Kommunikation (IRON-Dienstleistungsplattform Web-Oberfläche mit IRON-Server) als Vorbereitung für AP4 bereits grundlegend implementiert.

### Modellierung beeinflussbarer Lasten

Bei der Beeinflussung von Lasten werden in der Literatur (vgl. z. B. [Malik97]) im Allgemeinen die folgenden Techniken unterschieden:

- *Strategic Conversation*: Bei strategischer Konversation wird der Stromverbrauch generell gesenkt, ohne dabei das eingesparte Potential zu einem anderen Zeitpunkt zu kompensieren. Dies wird auch als *load shedding* bezeichnet.
- *Load Shifting*: Unter dieser Methode versteht man ganz allgemein die Verlagerung von Stromverbrauch von kritischen Zeitbereichen (on-peak) in weniger kritische Zeitbereiche (off-peak). Über eine längere Zeitperiode bleibt aber die Summe des Energieverbrauchs insgesamt gleich.
- *Peak Clipping*: Bei Spitzenreduktion wird der Strombedarf zu einem bestimmten Zeitpunkt (on-peak) reduziert. Dieser wird entweder nicht nachgeholt (strategischer

---

<sup>14</sup> Remote Method Invocation (RMI) – ermöglicht verteilte, auf Java Technologie basierte Programme, auf verschiedenen Maschinen miteinander Programmteile auszutauschen. Siehe <http://java.sun.com/javase/technologies/core/basic/rmi>, zuletzt abgerufen am 16.05.2008

Konversation), oder muss zu einem späteren Zeitpunkt (off-peak) wieder eingebracht werden (Valley Filling).

- *Valley Filling*: Bei dieser Strategie soll zusätzlicher Verbrauch, der sonst zu Spitzenlastzeiten anfallen würde, in Zeitbereiche geringeren Strombedarfs (off-peak) hineinverlagert werden. *Peak Clipping* in Kombination mit *Valley Filling* ist eine mögliche Strategie für *Load Shifting*.

Als Sammelbegriff für alle lastseitigen Beeinflussungen hat sich der Begriff *Demand Side Management* (DSM) etabliert. Lasten, die durch technische Maßnahmen beeinflussbar gemacht werden können, werden deshalb im Folgenden als DSM-Lasten oder allgemein als DSM-Ressourcen bezeichnet.

### Virtuelle Energiespeicher

Im IRON-Projekt wird von der Verwendung virtueller elektrischer Energiespeicher ausgegangen. Ein solcher virtueller Speicher speichert Energie (z. B. in Form von Wärme), ist jedoch im Gegensatz zu einem echten elektrischen Energiespeicher nicht in der Lage, die gespeicherte Energie in elektrischer Form wieder abzugeben. Die Energieabgabe äußert sich vielmehr nur durch einen zeitweilig reduzierten Verbrauch im Vergleich zum Durchschnittsverbrauch. Beispiele für solche virtuellen Energiespeicher sind Wärme- und Kältespeicherung in Kühlschränken und -räumen, Wasserboilern, Kühl- und Heizanlagen. Deren Verbrauchsverhalten lässt sich als Überlagerung einer reinen Verbrauchscharakteristik und einer Speichercharakteristik beschreiben, wobei beide Anteile unabhängig voneinander betrachtet (und genutzt) werden können. Hier ist es maßgeblich, solche „Energiereserven“ technologisch nutzbar und steuerbar zu machen.

Die von den DSM-Lasten durchführbaren Lastverschiebungen können also mittels des ursprünglichen Lastverlaufs und des Einsatzes von virtuellen und realen Energiespeichern modelliert werden. Auf diese Weise lässt sich für eine große Vielzahl unterschiedlicher Typen von DSM-Lasten eine durchgängige Modellierung erreichen. Der Modell-Speicher entlädt sich im ursprünglichen Verbrauchsintervall, so dass der Verbrauch hier ausgeglichen wird, und lädt sich während des verschobenen Verbrauchsintervalls, so dass es hier nun zu einem Energieverbrauch kommt. Dies ist in Abbildung 33 dargestellt. Ähnlich kann auch ein realer Speicherprozess beim Verbraucher beschrieben werden (siehe Abbildung 34). Solche meist thermischen Speicher zeichnen sich durch eine meist dauerhafte (ggf. periodische) Energiezufuhr ab, welche die Energieverluste des Prozesses decken muss. Beispiele hierfür sind Heizungssysteme und Kühlsysteme, wie sie in großer Zahl in allen Verbrauchssparten zu finden sind, aber auch industrielle Pumpenanlagen und andere Transportanlagen mit Materialspeichern. Zeitliche Variationen der Verluste ziehen eine Veränderung des durchschnittlichen Energieverbrauchs nach sich. Durch gezieltes Entladen und Nachladen dieser realen verteilten Speicher können diese als elektrische Energiespeicher eingesetzt werden.

Bei vielen DSM-Ressourcen ist die Speicherzeit jedoch zu kurz, um einen nennenswerten Beitrag zu einer signifikanten Lastverschiebung zu liefern, wie es beispielsweise für die Reduktion von Spitzenlast notwendig wäre. Allerdings besteht die Möglichkeit, mehrere Ressourcen gemeinsam zu steuern und somit eine kritische Speichergröße für die Lastgangsverschiebung zu erreichen. Dabei sind zwei Varianten der Verknüpfung denkbar: ein paralleler Zusammenschluss zur Steigerung der Kapazität und eine seriellen Verknüpfung zur Steigerung der Speicherdauer. Diese beiden Optionen zur Koordination von DSM-Ressourcen stellen die zwei Freiheitsgrade zur Nutzung von verteilten (realen und konzeptionellen) Energiespeichern dar. Eine große Zahl von DSM-Ressourcen kann so unter Einsatz geeigneter Kommunikationstechnik und eines geeigneten Koordinations-Algorithmus zusammen geregelt und als ein gro-

ßes „virtuelles Pumpspeicherkraftwerk“ betrieben werden. Dieses kann für verschiedene Anwendungen genutzt werden, z. B. zur Spitzenlast-Reduktion oder zur Bereitstellung von Regelenergie. Im Unterschied zum Konzept des „virtuellen Kraftwerks“, bei dem vornehmlich verteilte Erzeugeranlagen (oder abschaltbare Lasten) zu einem großen konzeptionellen Kraftwerk zusammengefasst werden, steht hier die Speichercharakteristik der Einzelkomponenten und damit auch des Gesamtsystems im Vordergrund.

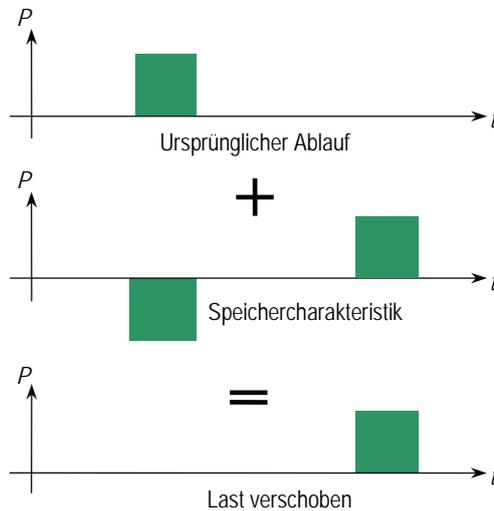


Abbildung 33: Eine Lastverschiebung kann als die Überlagerung des ursprünglichen Verbrauchsprofils mit einer Speichercharakteristik beschrieben werden

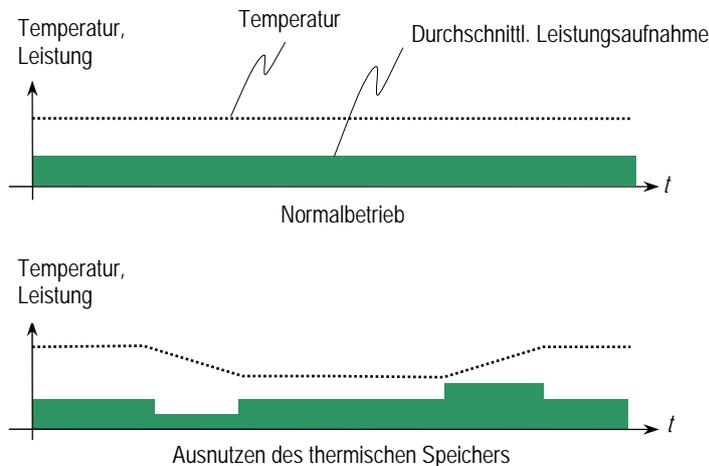


Abbildung 34: Thermische Last als Speicher genutzt. Die Speichercharakteristik ist der durchschnittlichen Leistungsaufnahme überlagert.

Ein Beispiel für die serielle Verknüpfung von DSM-Ressourcen ist in Abbildung 35 gezeigt. Hier werden die Verbrauchsprofile von vier identischen thermischen Prozessen gezeigt. Die Temperaturregelung der Prozesse ist als Zweipunkt-Regler ausgelegt, wodurch es zu einer periodischen Leistungsaufnahme kommt. Durch Veränderung des Regler-Sollwertes in gewissen Grenzen kann der thermische Speicher geladen und entladen werden. Es wird angenommen, dass die Speicherzeit auf  $T_{store}$  begrenzt ist, z. B. zum Schutz von Kühlgut.

Durch gezielte Koordination der vier Speicher ergibt sich für dieses idealisierte Beispiel ein Summenprofil, dem eine Speichercharakteristik mit der vierfachen Speicherzeit im Vergleich zum Einzelprozess überlagert ist. Im realen Betrieb ist eine deutlich größere Anzahl von Einzelprozessen vonnöten, damit die Überlagerung der Einzelprofile einen annähernd konstanten Verlauf ergibt.

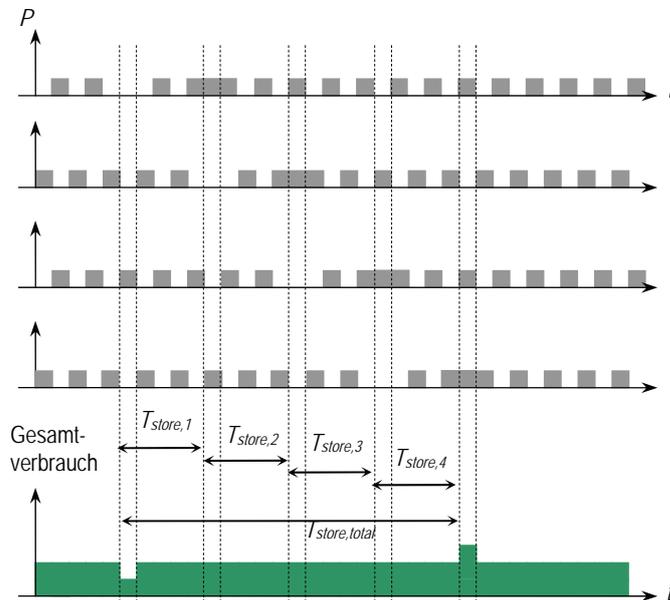


Abbildung 35: Die serielle Verknüpfung von DSM-Ressourcen resultiert in längerer Speicherzeit.

DSM-Ressourcen können also als Speicher mit den Eigenschaften maximale Speicherenergie, Speicherzeit und Einsatzfrequenz beschrieben werden. Zusammen mit den beiden Basisoperationen der parallelen und seriellen Verknüpfung bildet dies einen Rahmen, in welchem das optimale und das praktisch erreichbare DSM-Potential einer gegebenen Ressourcenverteilung unter Mitbeachtung der „Vorgeschichte“ zeitlich untersucht und bewertet werden kann.

### Angabe und Bewertung des Lastverschiebungspotentials

Ohne einen einheitlichen Bewertungsrahmen wie das oben dargestellte Speichermodell ist die Angabe eines Lastverschiebungspotentials nur schwer möglich. Angaben in der Literatur geben zwar zu jedem Zeitpunkt das Lastabwurfpotential an, machen jedoch keine Aussage über das momentane Potential in Abhängigkeit von der vorhergehenden Ressourcennutzung (vgl. z. B. [Bra06]). Mithilfe des Speichermodells ist nun folgende Beschreibung möglich:

Jede Ressource  $i$  erlaubt maximal die Speicherung eines „Energiepakets“

$$E_i = P_i \cdot T_{load,i}$$

Dieses kann entweder für eine beschränkte Zeit  $T_{store,i}$  oder für unbeschränkte Zeit gespeichert werden. Ressourcen mit beschränkter Speicherzeit werden getrennt beschrieben von Ressourcen mit unbeschränkter Speicherzeit. Für erstere ergibt sich als Maß für den erzielbaren Nutzen der Term

$$N_i = E_i \cdot T_{store,i} \text{ [Einheit: Energie x Zeit].}$$

Aufgrund der Möglichkeit der parallelen und seriellen Verknüpfung sind zwei Ressourcen mit gleichem  $N$  gleichwertig. Für Ressourcen mit unbeschränkter Speicherzeit ge-

nügt es,  $E_i$  anzugeben. Diese Größen können auch als Berechnungsgrundlage für eine etwaige Vergütung der Ressourcenbereitstellung durch den Energiekunden zugrunde gelegt werden.

### Elektrisches Ersatzmodell

Im Allgemeinen ist es nur schwer möglich, ein allgemeingültiges Modell für beeinflussbare Lasten anzugeben. Daher wurde im IRON-Projekt der Fokus auf träge thermische Prozesse wie Klimaanlage, Kühlräume, Gefrieranlagen, Supermarkt-Kühltruhen, Wasserboiler etc. gelegt. Diese vereinen eine Reihe positiver Eigenschaften:

- Durch thermische Kapazitäten im Prozess kommt es zu einer echten Energiespeicherung.
- Die Speicherzeiten sind zumeist ausreichend lang.
- Eine Einflussnahme ist über die Temperatur-Sollwerte möglich, die zumeist über einen bestimmten Temperaturbereich (einige °C) variieren kann (siehe z. B. obere und untere Schaltschwelle bei Thermostat-geregelten thermischen Prozessen).
- Das erreichbare DSM-Gesamtpotential wird hauptsächlich von Lasten dieses Typs ausgemacht.

Bei den meisten thermischen Prozessen wird ein einfacher Zweipunktregler mit oberer und unterer Schaltschwelle und Hystereseverhalten eingesetzt. Dieser Fall ist im Folgenden zugrunde gelegt. Die Abhandlungen gelten aber auch für andere Reglertypen (z. B. PI-Regelung mit stabiler *steady-state* Temperatur).

Allen diesen Anwendungen ist gemeinsam, dass sie einen (mehr oder weniger gut) isolierten Raum thermisch regeln, und zwar in der Weise, dass durch Zufuhr elektrischer Energie eine Differenz zwischen Innen- und Umgebungstemperatur aufrecht erhalten wird. Dieser thermische Ablauf lässt sich durch ein elektrisches Ersatzschaltbild modellieren. Dabei werden thermische Größen durch elektrische Äquivalentgrößen gemäß Tabelle 8 ersetzt.

Thermisch	Elektrisch
Leistung $P=Q/t$	Strom $I$
Temperatur $T$	Spannung $U$
Widerstand $R_{th}$	Widerstand $R$
Kapazität $C_{th}$	Kapazität $C$

Tabelle 8: Thermische Größen und ihr elektrisches Äquivalent

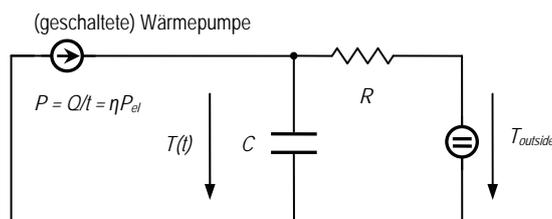


Abbildung 36: Elektrisches Ersatzschaltbild für IRON-DSM-Lasten

Das elektrische Ersatzmodell besteht aus vier Komponenten. Eine „Wärmepumpe“ (Kompressor, Heizung, Wärmepumpe etc.) sorgt für die Konversion von elektrischer in thermische Energie (mit Wirkungsgrad  $\eta$ ). Die Kapazität  $C$  beschreibt die thermische Speicherfähigkeit des Prozesses und ergibt sich aus der spezifischen Wärmekapazität und der Masse der im System enthaltenen Materialien. Der thermische Widerstand  $R$  gibt den Grad der Isolierung an. Je geringer  $R$ , um so mehr Wärme fließt pro Zeiteinheit vom Innenraum in die Außenwelt ab. Die Umgebung wird als unendlich große Kapazität geladen auf die Spannung  $T_{outside}$  oder (gleichwertig) durch eine Spannungsquelle modelliert.

Dieses Modell erlaubt nun, Aussagen über die elektrische Leistungsaufnahme des thermischen Systems zu machen. Aufgrund der Energieerhaltung muss die zugeführte Energie zuzüglich der auf  $C$  gespeicherten Energie abzüglich der über  $R$  abgegebenen Energie ausgeglichen sein. Geht man von konstanter Innentemperatur  $T$  aus (die durch einen Regler annähernd konstant gehalten wird), so wird genau so viel elektrische Leistung aufgenommen, wie über die nicht-ideale Isolation verloren geht.

Von großem Interesse ist hier insbesondere, wie sich die aufgenommene Leistung in Abhängigkeit zum eingestellten Sollwert für  $T$  verhält, denn dieser soll über das IRON-System verändert werden können. Aus Abbildung 36 folgt unter der Annahme, dass  $T = T_{soll}$ :

$$P_{el} = \frac{ds}{dt} + bs + c \quad \text{mit } s = \frac{Q}{\eta} = \frac{TC}{\eta}, \quad b = \frac{1}{RC} \quad \text{und } c = \frac{T_{outside} - T_{soll}}{\eta R}$$

Hierbei ist  $s$  die elektrische Energie, die im virtuellen Speicher gespeichert ist.  $s$  kann durch Variation von  $T_{soll}$  verändert werden. Abbildung 37 zeigt beispielhaft, wie die Leistungsaufnahme des thermischen Prozesses zu Spitzenzeiten durch geeignete Sollwert-Veränderungen verringert werden kann.

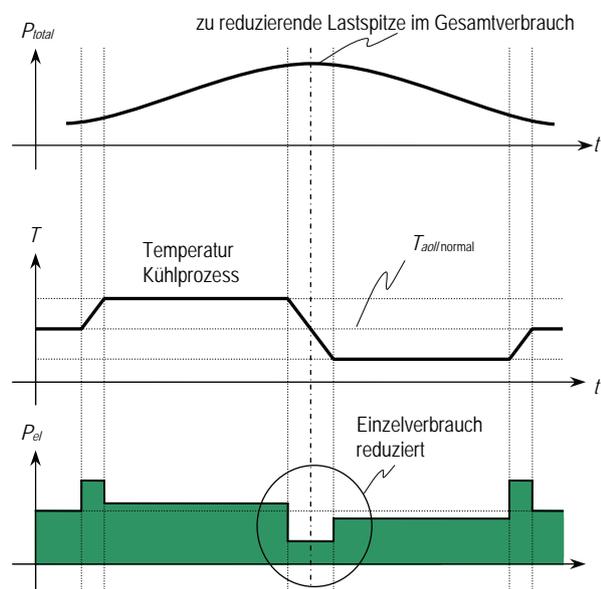


Abbildung 37: Lastmodulierung durch Sollwert-Verstellung

Das in Abbildung 36 gezeigte Modell lässt sich verfeinern, indem nicht eine konzentrierte Kapazität  $C$  sondern ein Netzwerk aus mehreren, durch thermische Widerstände

verbundenen Kapazitäten angesetzt wird. Dies bildet prozessspezifische Gegebenheiten präziser ab. Jedoch ist es in der Praxis oft schwer, die einzelnen Parameter (mehrere Kapazitäten und Widerstände) durch äußere Messungen zu bestimmen. Auch ist der Genauigkeitsgewinn in den meisten Fällen nicht sehr groß, da nur kleine Variationen von  $T_{soll}$  betrachtet werden und das System in diesem Fall linear in einem Arbeitspunkt angenähert werden kann. Das einfache konzentrierte Modell wurde exemplarisch an einem Laboraufbau mit einem 45 l-Haushaltskühlschrank verifiziert. Eine exemplarische Messkurve ist in Abbildung 39 dargestellt. Aus den Messdaten konnten die Parameter des elektrischen Ersatzmodells bestimmt werden.

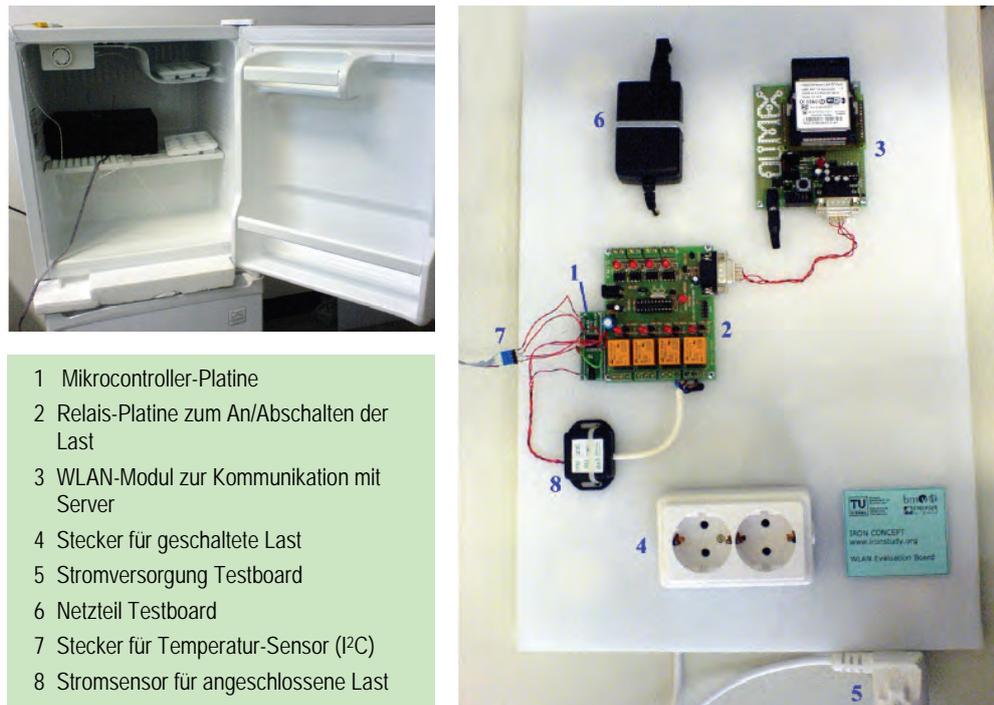


Abbildung 38: Testinstallation "Virtueller Energiespeicher" mit erster Version der "IRON-Box" auf einem Testboard. Als Last dient ein 45 l-Haushaltskühlschrank DAEWOO FR063R.

$$R = \frac{1}{\eta} \frac{\int_{t_1}^{t_2} \Delta T dt}{\int_{t_1}^{t_2} P dt} = 0.4 K / W$$

$$C = \frac{1}{f R_L \ln \left( \frac{A - \Delta T_1}{A - \Delta T_2} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} = 4500 J / K \quad \text{mit } A = \eta R_L P_{el,on}$$

Weitere Details zur Testinstallation mit Kühlschrank als Beispiel für einen virtuellen Energiespeicher werden ausführlich in Anhang A dargestellt.

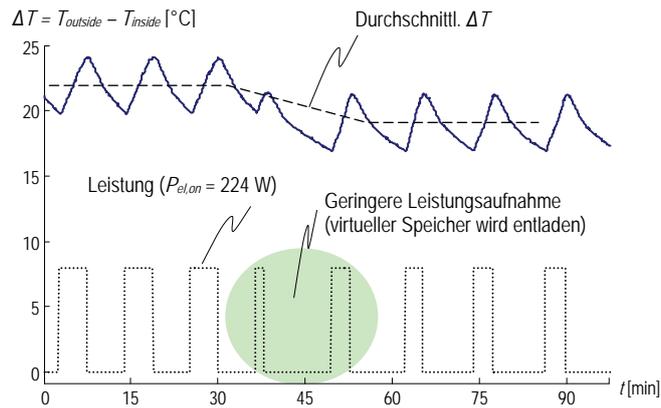


Abbildung 39: Gemessener Temperaturgang (Differenz Innen- zu Aussentemperatur) bei einer Sollwertveränderung um 3 °C (45 l-Haushaltskühlschrank DAEWOO FR063R).

## Einsatzmöglichkeiten für virtuelle Speicher

### Koordinierte Lastverschiebung

Signifikante Leistungen bzw. Energiemengen können nur dann verschoben werden, wenn eine große Anzahl von Lasten sich hieran beteiligt. Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass eine bestimmte Ressourcenmenge gegeben ist, deren Parameter bekannt sind. Die Lastkurve dieser Ressourcen soll nun in einer gegebenen Form moduliert werden, um z. B. Regelenergie bereitzustellen. Die Beschränkung auf Lasten, die mit dem oben beschriebene einheitliche Speichermodell charakterisiert werden könne, vereinfacht diese Scheduling-Aufgabe wesentlich, da auf eine Reihe von Fallunterscheidungen verzichtet werden kann. Die Vereinfachung ist möglich, da – wie bereits oben ausgeführt – ein Großteil der verschiebbaren Lasten im System in die Kategorie der thermischen Prozesse fällt. Koordinierte Lastverschiebung läuft prinzipiell in zwei Schritten ab: Unter der Annahme einer gegebenen zu erreichenden Lastkurve wird in einem Planungsschritt festgelegt, welche Ressource wann in welcher Weise beiträgt. Nach der Planung, die zumeist in Form einer gemischt-ganzzahligen Optimierung durchgeführt wird, kann dann der erstellte Plan ausgeführt werden. Dabei wird jeder Ressource über die Kommunikationsinfrastruktur rechtzeitig ein Befehl zum Laden oder Entladen gegeben. Je nach Zeithorizont der Planung kann die Kommunikation zu den verteilten Ressourcen einen Flaschenhals im System darstellen.

### Bereitstellung von Regelenergie

Eine direkte Anwendung kann das oben beschriebene Konzept von virtuellen Energiespeichern und ihrer Modellierung bei der Bereitstellung von Regelenergie finden. Insbesondere Primärregelenergie ist attraktiv aus zwei Gründen: Erstens erfolgt der Abruf von Primärregelenergie durch die Netzfrequenz, die lokal bei jeder Ressource messbar ist. Der zeitgerechte Abruf der Ressourcenaktivität erfolgt also über das Stromnetz und ist nicht von einer sekundären Kommunikationsinfrastruktur abhängig. Zweitens sind die Abrufzeiten für Primärregelenergie nicht so lang wie bei der Sekundärregelung und passt besser zum typischen Verhalten von DSM-Ressourcen wie oben beschrieben.

Im Rahmen des Projektes wurde ein vollständiges technisches Konzept zur Bereitstellung von Regelenergie durch das IRON-System ausgearbeitet und durch detaillierte Simulationen im Zeitbereich anhand verschiedener Szenarien untersucht. Für eine

ausführliche Darstellung dieser Arbeiten sei auf Anhang B verwiesen. An dieser Stelle sollen nur die wichtigsten Aspekte dargestellt werden.

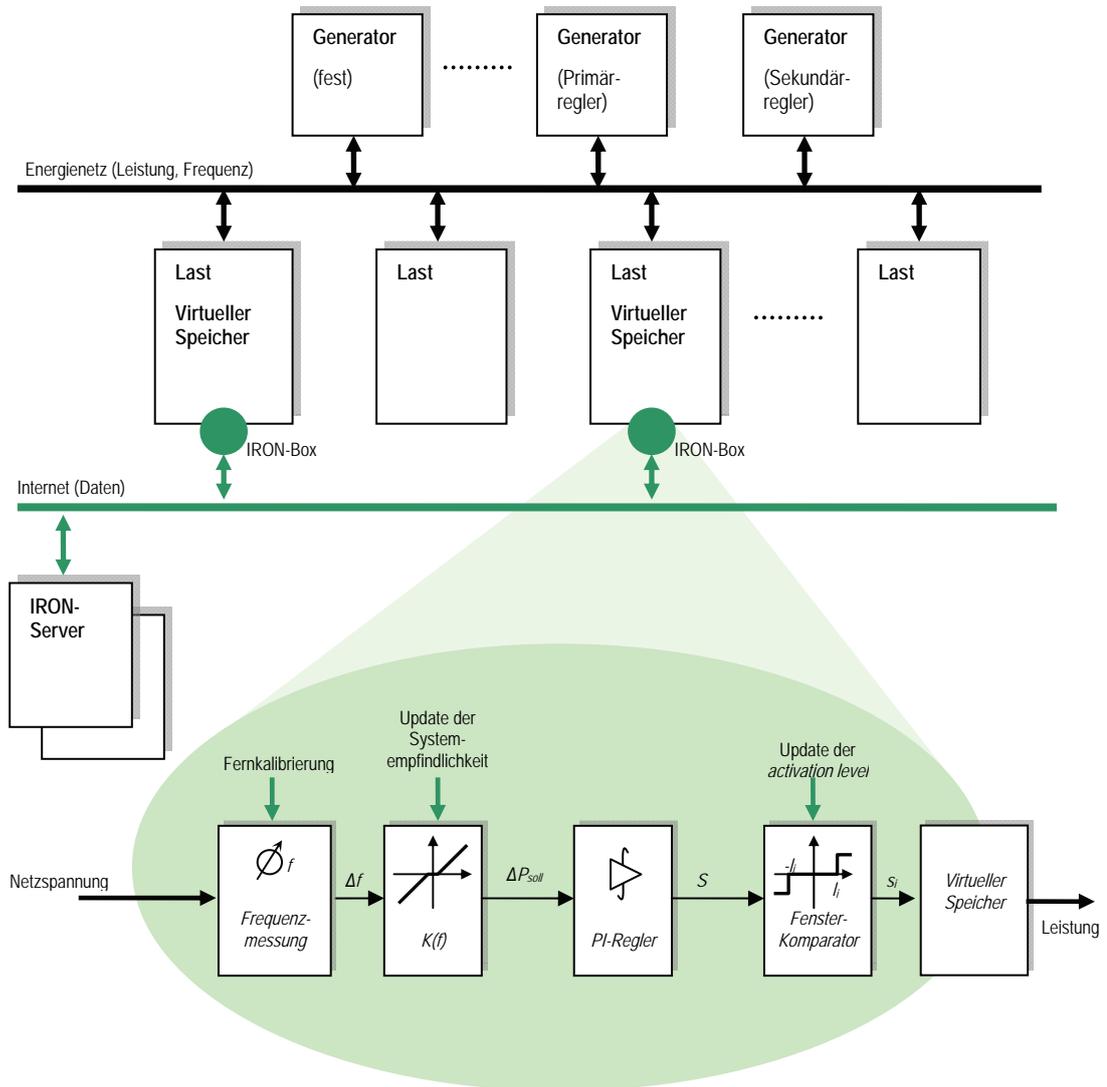


Abbildung 40: IRON-System zur Bereitstellung von Regelennergie durch virtuelle Energiespeicher

Das IRON-System zur Bereitstellung von Regelennergie ist in Abbildung 40 dargestellt. Es wird ein konventionelles Energiesystem angenommen, bei dem die Generatoren die Aufgabe der Frequenzhaltung durch Primär-, Sekundär- und Tertiärregelung übernehmen. Zusätzlich wird diese Aufgabe nun auch durch einen Teil der Lasten (ebenen jenen virtuellen Speichern, die durch eine „IRON-Box“ angebunden sind) übernommen. Diese Knoten werden durch zentrale IRON-Server verwaltet (aus Gründen der Skalierbarkeit und der Fehlertoleranz sind hier mehrere physikalische Server vorgesehen), die dazu notwendige Kommunikation wird über Internetverbindungen abgewickelt, wobei der Qualität der Kommunikationsanbindung (Zuverlässigkeit, Bandbreite) per Design dieses Systems keine große Rolle zukommt. Im Normalbetrieb agieren die IRON-Boxen völlig selbstständig, indem sie den Verlauf der Netzfrequenz beobachten und die Lade- und Entladevorgänge der angeschlossenen Speicher nach einem bestimmten Algorithmus triggern. Lediglich zur „Wartung“ dieses Systems, d. h. zur

Übermittlung von Abrechnungsinformationen, zur Kalibrierung und zur zeitunkritischen Festlegung einiger Systemparameter wird die Kommunikationsanbindung benötigt.

Der verteilte Algorithmus zur Steuerung der virtuellen Speicher beruht auf der Tatsache, dass alle Ressourcen im Netz die gleiche Netzfrequenz  $f$  messen. Anhand der UCTE-Regeln für Last-Frequenz-Regelung [UCTE04] kann daraus eine Anforderung an die Modulation der Last berechnet werden (die geschieht durch die für alle Ressourcen gleiche Funktion  $K(f)$ , vgl. Abbildung 40 unten). Diese Anforderung wird über einen ebenfalls für alle Knoten gleichen Regler auf die Größe  $S$  umgerechnet.  $S$  ist ein Energiewert und gibt den Summen-Ladezustand aller virtuellen Speicher im System an. Aufgrund der Tatsache, dass alle Knoten das gleiche  $f$  messen (bis auf Messfehler), und daraus in allen Knoten auf gleiche Weise  $S$  ermittelt wird, ist  $S$  jederzeit in allen Knoten gleich. Die Netzfrequenz wird hier sozusagen benutzt, um einen *broadcast* der Größe  $S$  an alle Knoten durchzuführen.

Der (gewünschte) Gesamtladezustand aller virtuellen Speicher steht also in Echtzeit in jeder IRON-Box zur Verfügung. Mittels einer Reihung der Ressourcen auf der  $S$ -Skala (siehe Abbildung 41) kann nun jede Ressource lokal entscheiden, ob sie selbst einen Beitrag liefern muss oder nicht. Ggf. wird also eine Ladung oder Entladung des virtuellen Speichers lokal durchgeführt (faktisch: ein Temperatursollwert nach oben oder unten korrigiert).

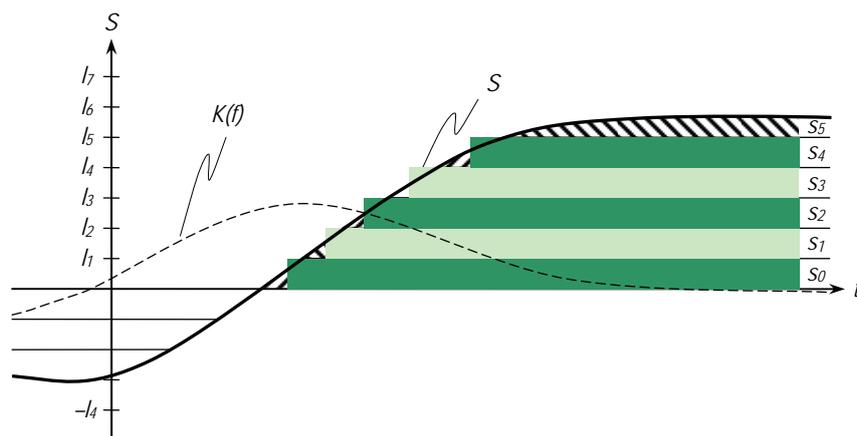


Abbildung 41: Die Ressourcen werden in der Reihenfolge ihrer activation levels aktiviert.

Wichtige Eigenschaften dieser Lösung sind:

- Das System basiert auf Kommunikation zwischen den Knoten. Somit kann sichergestellt werden, dass in regelmäßigen Zeitabständen die Parameter aller Knoten abgefragt und justiert werden können
- Das System ist in der Lage, in Echtzeit auf Netzfrequenzänderungen zu reagieren, unabhängig von den Eigenschaften des Kommunikationskanals
- Das System ist hochskalierbar und kann während des Betriebs neu konfiguriert werden
- Jede Ressource hat definierte Zustände: neutral, positiv geladen, negativ geladen. Jeder Zustandwechsel kann protokolliert werden und kann als Abrechnungsgrundlage für eine Vergütung der Dienstleistung, die der Energiekunde dem Netz durch seine IRON-Teilnahme zukommen lässt, herangezogen werden.

## Simulation der Performance des IRON-Systems in Österreich

Die IRON-Box ist im Rahmen des Projektes realisiert worden (vgl. unten). Jedoch bedarf es einer großen Anzahl von IRON-Ressourcen, um die kooperative Funktion des Systems untersuchen zu können. Daher können solche Untersuchungen zurzeit nur in Simulationen erfolgen.

Das oben beschriebene Konzept ist umfassend im Zeit- und Frequenzbereich analysiert worden (vgl. Anhang B). Hier sei exemplarisch ein Untersuchungsergebnis dargestellt, welches auch anschaulich das Verhalten des IRON-Systems darstellt. In den untersuchten Szenarien fällt ein Generator aus und die verloren gegangene Erzeugungsleistung wird nach 15 Minuten durch die Minutenreserve wiederhergestellt. Es wird einerseits die Reaktion auf diesen Ausfall eines konventionellen Systems mit Primärregelung und Sekundärregelung *ohne* IRON-System (Fall 1) und andererseits *mit* IRON-System betrachtet, wobei das IRON-System die konventionelle Primärregelung vollständig ersetzt (Fall 2). Der Aufbau der beiden Szenarien ist in Abbildung 42 dargestellt.

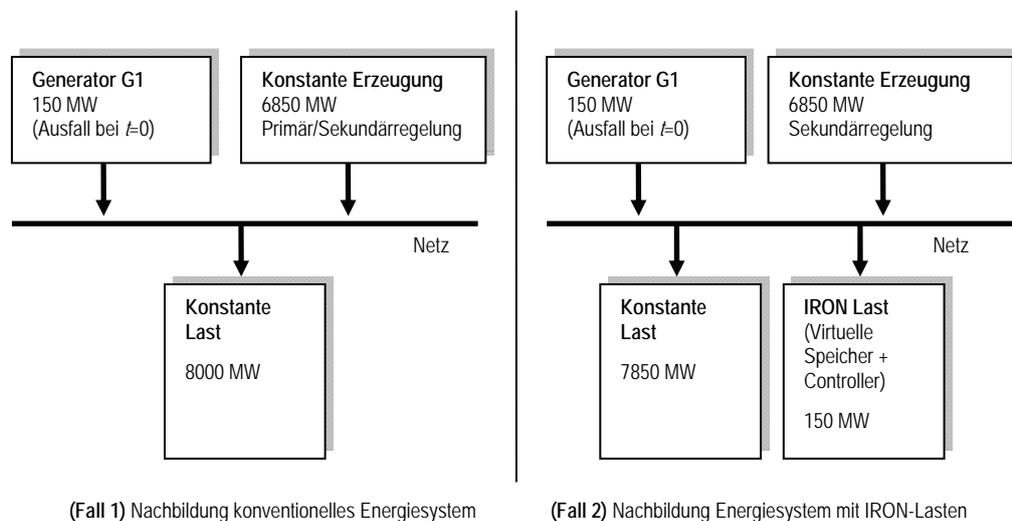


Abbildung 42: Aufbau der Simulationsszenarien zur Untersuchung der Frequenzhaltung durch das IRON-System

Zur Nachbildung österreichischen Verhältnisse wurden folgende Annahmen getroffen: Die Last liegt bei 8 GW (Spitze Wintertag, [UCTE06]). Die Kühl- und Gefrierlast von Haushalten liegt bei 180 MW [Bra06], es wird angenommen, dass 150 MW davon (inklusive einiger industrieller Kühllasten) mit dem IRON-System ausgestattet sind. Der Erzeugungsausfall von 150 MW ist so gewählt, dass das DSM-Potential dieser IRON-Last vollständig ausgenutzt werden muss. Das verwendete Simulationsmodell ist in Anhang B dargestellt.

Die Simulationen zeigen, dass das IRON-System in der Lage ist, Primärregelaufgaben übernehmen zu können, ja sogar in diesem Fall die konventionelle Primärregelung erfolgreich durch das IRON-System vollständig ersetzt werden kann. Der erzielte Frequenzgang zeichnet sich durch eine geringere Minimalfrequenz (Fall 1: 49,64 Hz, Fall 2: 49,79 Hz) und ein schnelleres Erreichen der Nominalfrequenz aus. Durch den Rebound-Effekt der Kühllasten (Nachladen der thermischen Speicher zu einem späteren Zeitpunkt) wird der Abruf von Sekundärregelleistung ebenfalls verzögert. Das IRON-System hat also durchweg positiven Einfluss auf die Performance der Frequenzregelung.

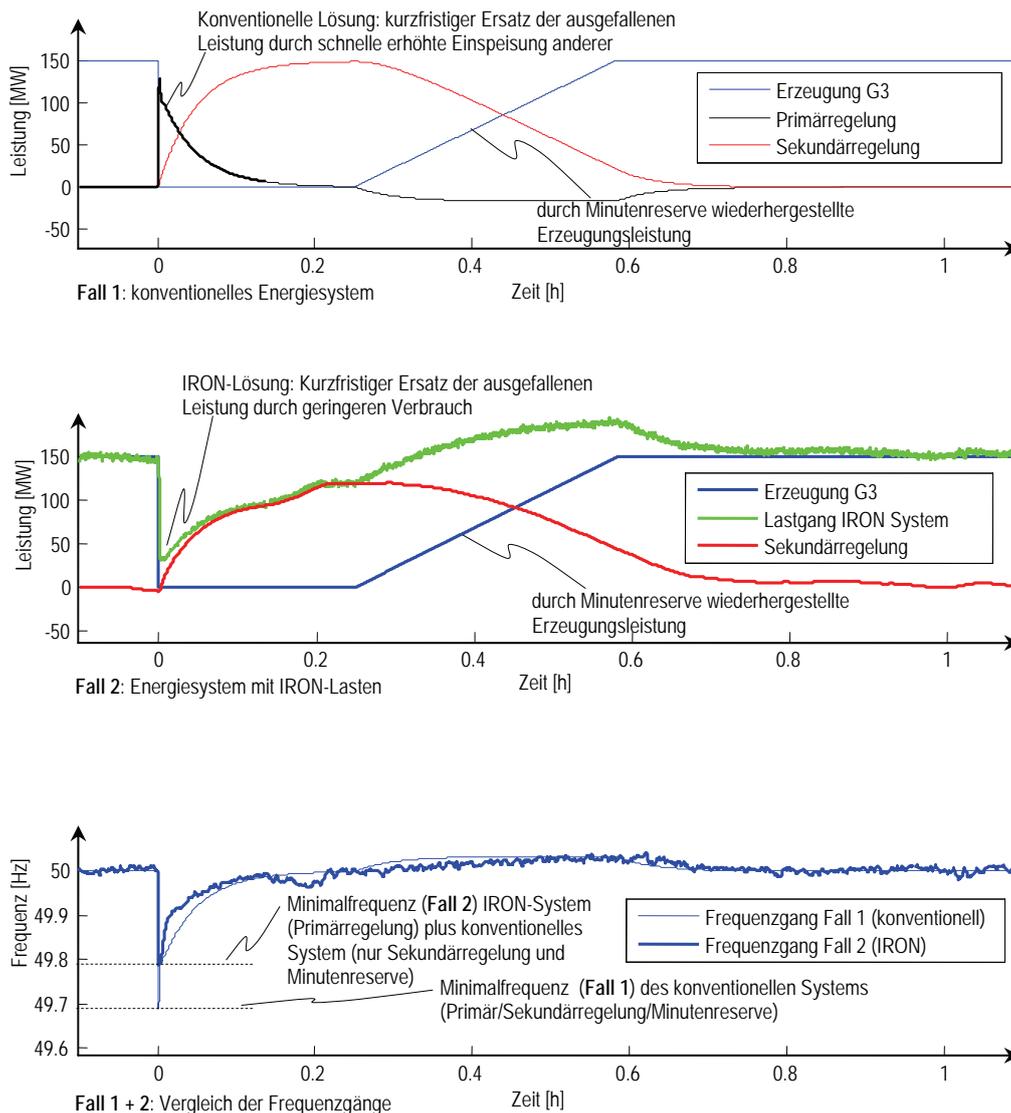


Abbildung 43: Simulationsergebnis für die Netzfrequenz beim Ausfall einer 150 MW-Erzeugungseinheit. Vergleich mit (Fall 1) und ohne Primärregelungsleistung durch IRON-System (Fall 2).

### Aktuelle vergleichbare Forschungen

Das frequenzabhängige Schalten von Lasten ist Stand der Technik, soweit es um Reaktion auf krasse Unter- oder Überfrequenzen im Netz geht (frequenzsensitive Relais, *load shedding*). Diese Systeme treten jedoch nur in Notsituationen in Kraft, jedoch nicht im Netz-Normalbetrieb.

Ansätze, frequenzabhängige Lastbeeinflussung auch im Normalbetrieb zur Erhöhung der Netzstabilität oder gar zur Bereitstellung von Regelleistung im Sinne der UCTE-Regeln [UCTE04] bestehen bislang nur in der Forschung. Zwei vielversprechende Konzepte davon sind im Folgenden dargestellt.

Ein Ansatz, der bereits in einer Hardwareentwicklung gemündet ist, ist der GridWise™ GridFriendly™ Appliance Controller [Ham07]. Dieser frequenzabhängige Lastmonitor, gezeigt in Abbildung 44, der als *single-chip* Lösung in Endgeräte integriert werden kann, schaltet Verbrauchsgeräte bei Erreichen einer unteren Netzfrequenzgrenze

entweder ab oder in einen Zustand mit geringerem Energieverbrauch. Dieser Ansatz schützt zwar vor Frequenzzusammenbrüchen, bietet jedoch keinerlei Reaktion bei Überfrequenzen. Es besteht keinerlei Kommunikationsverbindung zwischen den Systemteilnehmern, der Algorithmus funktioniert autonom in jedem Endgerät. Die Betreiber entsprechend ausgestatteter Verbrauchsgeräte werden nicht für ihre Dienstleistung für das Netz vergütet (fehlendes Marktmodell).



Abbildung 44: Der GridWise™ GridFriendly™ Appliance Controller schaltet Lasten ab einer Frequenzuntergrenze ab. Bildquelle: eigene Aufnahme.

Ein weiterer Ansatz, der auch Impulse für das technische Konzept für IRON geliefert hat, ist die Arbeit von Short et al. [Short07]. Hier werden Thermostate von Kühl- und Heizlasten frequenzabhängig ausgeführt, und zwar so, dass der Temperatursollwert linear mit der Frequenzabweichung verändert wird. Auch hier besteht keine Kommunikation zwischen den einzelnen Systemteilnehmern. Aufgrund dessen werden die Betreiber entsprechend ausgestatteter Verbrauchsgeräte wie beim GridWise-Ansatz nicht für ihre Dienstleistung für das Netz vergütet (fehlendes Marktmodell). In Kombination mit konventioneller Primär- und Sekundärregelung neigt dieses System zu Schwingungen. Die von den Autoren propagierte geringe Frequenzabweichung des Systems konnte in eigenen Simulationen nicht nachvollzogen werden.

## IRON-Box

Um Lastmanagement mit geeigneten unterbrechbaren Verbrauchern betreiben zu können, sind einige Voraussetzungen zu erfüllen. Zunächst muss ein Informationsfluss ermöglicht werden. Dieser kann entweder nur zwischen den Lasten selbst, oder aber zwischen den Lasten und einer zentralen Instanz erfolgen. Prinzipiell ist ein vollständig verteiltes System denkbar, in dem es keine zentralen Instanzen gibt und die Lasten nur untereinander kommunizieren. Diese Variante ist jedoch für die hier betrachteten Marktmodelle ungünstig: sowohl bei zeitvariablen Energietarifen als auch bei der Bereitstellung von Regelenergie gibt es zentrale Instanzen (Preis-Server, Regelzonenführer), so dass es sinnvoll ist, diese hierarchische Struktur weiterzuentwickeln.

### Prinzipielle Struktur der Kommunikation zur Last

Grundsätzlich muss ein Informationsfluss zwischen einer zentralen Instanz (im Folgenden als Zentrale bezeichnet, es kann sich hier auch um ein aus Redundanzgründen verteiltes Server-System handeln) und den einzelnen Lasten hergestellt werden. Im einfachsten Falle ist der Informationsfluss unidirektional: es werden nur Schaltbefehle von der Zentrale zur Last gesendet. Dies ist beispielsweise der Fall bei der

Rundsteuerung. Mit unidirektionaler Kommunikation sind bereits signifikante Ergebnisse erzielbar (siehe Rundsteuerung), jedoch ist dieser Ansatz auf „genügsame“, d.h. im Verhalten sehr einfach beschreibbare Lasten beschränkt.

Zur Ausnutzung der Abwurf- und Speicherpotentiale virtueller verteilter Energiespeicher müssen Sensordaten mit in Betracht gezogen werden und daher eine bidirektionale Kommunikation realisiert werden. Der einfachste Ansatz, mit einer Verarbeitung der Sensor-Rohdaten in der Zentrale, ist in Abbildung 45 ( $n > 0$ ) dargestellt.

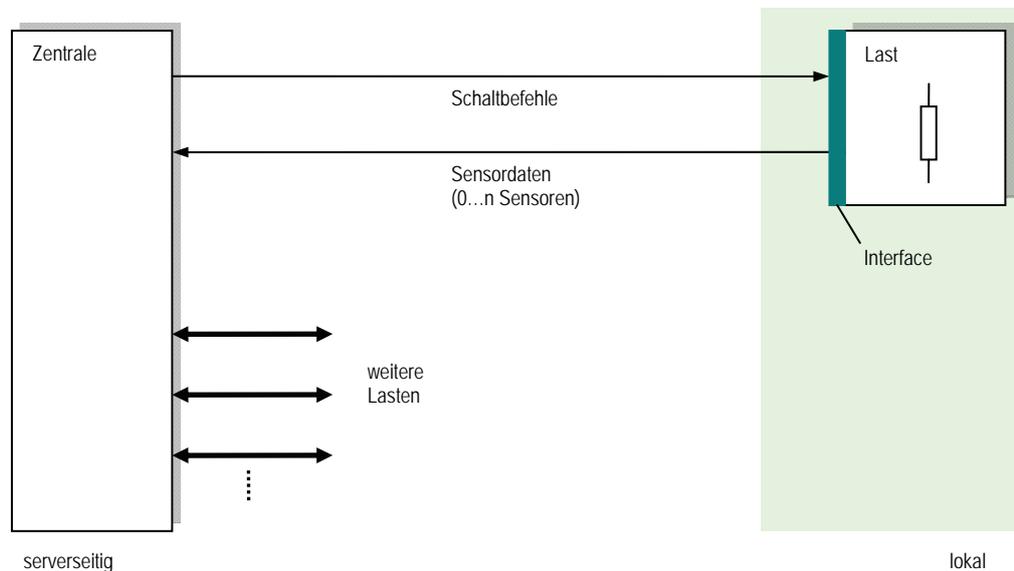


Abbildung 45: Zentrales Lastmanagement

Aufgrund verschiedener Eigenschaften des Kommunikationskanals (Kosten bei GPRS, geringe Bandbreite bei PLC, allgemein eingeschränkte Verfügbarkeit) ist diese Anordnung jedoch wenig sinnvoll. Zwar erhält die Zentrale sämtliche Informationen und es besteht daher maximale Flexibilität was die Steuerungsalgorithmen in der Zentrale anbelangt, jedoch wird der Zentrale und Kommunikationskanal durch einen (unzuverlässigen) Fluss teilweise redundanter, sich wenig ändernde Sensordaten überflutet. Daher ist es sinnvoll, nahe an der Last einen „Agenten“ zu platzieren, der einerseits die Sensorinformationen vorverarbeitet und andererseits im Falle eines gestörten Kommunikationskanals autark Entscheidungen treffen kann. Abbildung 46 zeigt diese Variante.

Der Last-Agent ist eine Software, welche die lokale (lastnahe) Situation „intelligent“ beurteilen kann und (in diesem Fall über die Zentrale) mit anderen Agenten in Verbindung steht. Durch die Einführung des Last-Agenten wird die Kommunikationslinie in zwei Teilstücke unterteilt: einerseits die Weitverkehrs-Verbindung, auf der Informationen auf höherer Ebene ausgetauscht werden, und andererseits die lokale Anbindung an die Last mit der Möglichkeit, Schaltbefehle (an/aus oder auch feinere Abstufungen) und Sensordaten auszutauschen.

Es bestehen nun verschiedene Möglichkeiten, diese logische Struktur auf reale Hardware abzubilden. Welche Hardware benötigt wird, ist aus Abbildung 46 ersichtlich: Eine Schnittstelle zur Weitverkehrskommunikation, ein Prozessor zur Ausführung von Teilen der Agenten-Software (andere Teile könnten auf die Zentrale ausgelagert werden) und eine Schnittstelle zur Last, also Sensor-Eingänge, ggf. die Sensoren selbst, und Aktuatorausgänge. Variabel ist noch, wie die einzelnen Schnittstellen auszusehen

haben, und wie die jeweiligen Kommunikationsverbindungen realisiert werden. Jede Variante zeichnet sich durch eigene Vor- und Nachteile aus, und insbesondere auch durch individuelle Realisierungskosten. Im Idealfall sollte der Last-Agent in der Last, d.h. also in der Heizung, dem Haushaltsgerät etc., bereits integriert sein. Denn für ein optimales Management des Verbrauchers ist Spezialwissen vonnöten, welches zu- meist nur der Hersteller des elektrischen Verbrauchers hat. Da dies auf absehbare Zeit jedoch nicht realisierbar ist, muss die Plattform für den Last-Agenten als externes Gerät realisiert werden. Diese Alternative ermöglicht aber zumindest, für mehrere Lasten einen gemeinsamen Lastmanager zu verwenden und so Kosten einzusparen.

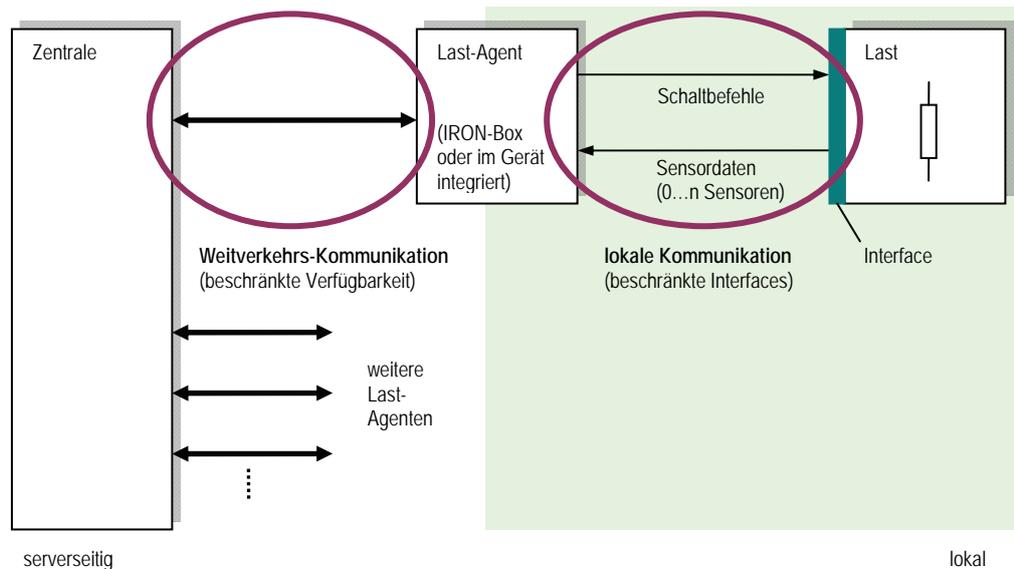


Abbildung 46: Lastmanagement mit lokalem Last-Agenten

### Prototypische Realisierung mittels IRON-Box

Als Prototyp-Hardware für einen Last-Agenten wurde im Rahmen des Projektes die „IRON-Box“ entwickelt, da eine umfangreiche Produktrecherche ergeben hat, dass keine geeigneten (d.h. ausreichend konfigurier- und programmierbaren) Geräte am Markt zur Verfügung stehen, die in der Lage wären, als Plattform für einen Last-Agenten zu dienen. Die IRON-Box ist ein für die für die Schaltschrankmontage konzipiertes Gerät. Andere Varianten, wie beispielsweise die Integration in ein Steckergehäuse, wie es bei Schaltuhren üblich ist, sind ebenfalls denkbar. Die Entscheidung fiel für diese Variante, da diese für Testzwecke eine größere Verdrahtungsflexibilität bietet und im geräumigeren Hutschienengehäuse mehr Platz für zusätzliche Features vorhanden ist. Die IRON-Box soll für die im Rahmen des Projektes ausgeführten Test-Installationen genutzt werden und (in einer ggf. verbesserten Variante mit anderem Formfaktor) auch als Standard-Hardware im Pilotversuch zum Einsatz kommen.

Die funktionalen Komponenten der IRON-Box sind in Abbildung 47 dargestellt. Die Verbindung zum entfernten IRON-Server kann (je nach Bestückungsvariante) über ein lokales WLAN oder ein GPRS-Modem erfolgen. Weitere Varianten möglich. Ein 8-Bit-Mikrokontroller steht zur Ausführung der Last-Agenten-Software zur Verfügung. Als Interface zur Last (bzw. zu den Lasten) sind zwei Schaltrelais vorhanden. In jedem Kanal wird der Stromfluss durch Hall-Sensoren gemessen. Weitere Sensoren (Temperatursensoren, Energiezähler, etc.) können über sechs multifunktionale Eingangsports angeschlossen werden.

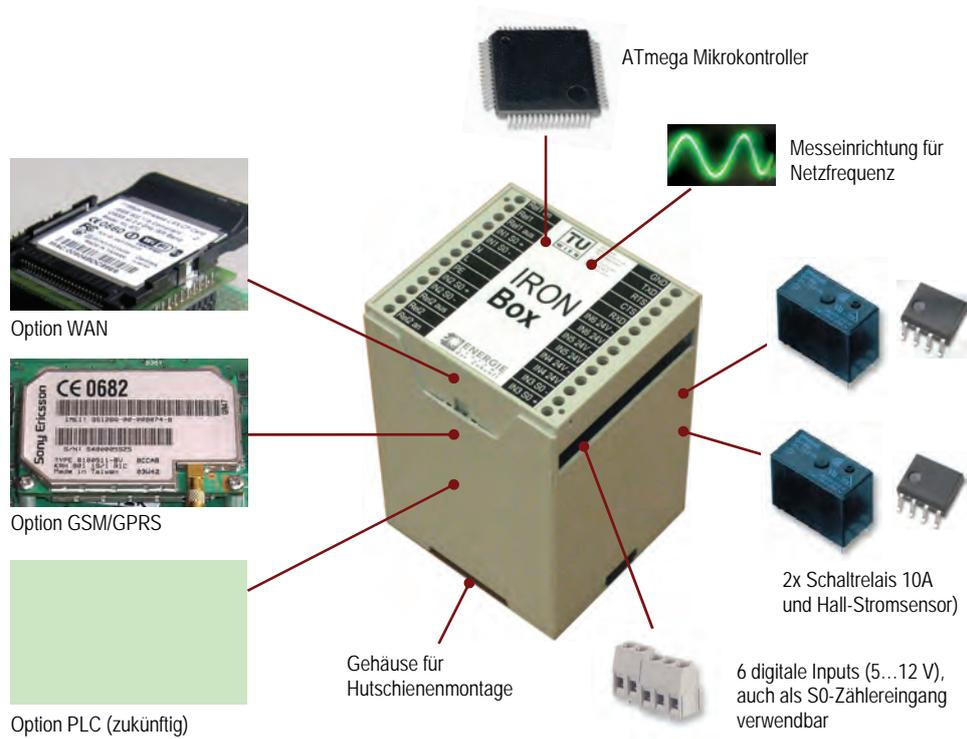


Abbildung 47: Komponenten der IRON-Box



Abbildung 48: Die sechs im Rahmen von IRON Concept hergestellten IRON-Box Prototypen

Das Feldgerät „IRON-Box“ ist nach der Evaluation der Implementierungsaspekte im AP7 in zwei Varianten umgesetzt worden. Der Unterschied beider Varianten liegt in

der verwendeten Internet-Zugangstechnologie. GSM/GPRS bei der einen, WLAN bei der Anderen. Die 6 Sensor-Eingänge sind digital (5...12V) und galvanisch getrennt. Zwei Relais-Schalerausgänge (16A) dienen zum Schalten von angeschlossenen Lasten. Der Laststrom kann gemessen werden. Das DIN-Gehäuse (70x75x105mm) bietet 26 Schraubklemmen zur Installationsverdrahtung. Eine IRON-Box verwendet einen programmierbaren Mikrocontroller (Atmel AVR ATmega128) als Herzstück für die Programmlogik. Programmiert wurde die Box-Software in C. Die IRON-Box wird mit einer Identifikationsnummer (IRON-Box ID) und einer Ausgangskonfiguration an angeschlossenen Geräten und Sensoren programmiert.

Die Box beginnt nach dem Einbau, die Messdaten dieser angeschlossenen Geräte und Sensoren in einem Ringspeicher festzuhalten. Weiters versucht der IRON-Box Client eine Verbindung mit einem IRON-Server herzustellen, der den Ringspeicher auslesen kann. Sollte dies nicht gelingen bevor der Ringspeicher voll mit Messdaten ist, wird bei den ersten gespeicherten Daten begonnen diese zu überschreiben. Dadurch ist die IRON-Box immer auf dem neuesten Stand der Messwerte.

Zusätzlich führt die IRON-Box mittels einer integrierten Messeinrichtung eine ständige Frequenzmessung durch, um intelligent Primärregelenergie bereitzustellen. Die Daten über die verschobene Last werden ebenfalls bei der nächsten Verbindung an den IRON-Server gesendet. Der Server kann diese Daten für die IRON-Dienstleistungsplattform sichtbar machen. Nur dies ermöglicht eine Berechnung der Differenz mit- und ohne Lastverschiebung für den Stromanbieter und eine Kontrolle für den IRON-Box Besitzer. Wie schon zuvor erwähnt, wird im Gegensatz dazu, die Entscheidung zur Sekundärregelung nicht von der IRON-Box getroffen, sondern von der IRON-Dienstleistungsplattform. Die Dienstleistungsplattform stellt anhand eines Regelwerks aus Benutzereingaben und Messdaten der IRON-Box Schaltzeiten und Preisinformationen fest und teilt diese der IRON-Box via IRON-Server mittels RMI und TCP/IP mit.

## IRON-Server

Die technische Infrastruktur beruht auf dem zentralen IRON-Server. Im Rahmen des Projekts wurde in prototypischer Server realisiert, der ausgelegt ist für die Unterstützung eines Pilotversuchs mit einigen 100 Testkunden. Auf diesem zentralen Server-Rechner am Institut für Computertechnik läuft die Server-Software, eine Java-basierte Software. Diese Software wurde hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs optimiert. Mit Ressourcenverbrauch ist sowohl der verwendete Arbeitsspeicher, als auch die Prozessorauslastung gemeint, die beide optimiert wurden.

Das IRON-Server-Programm erstellt an einem vordefinierten TCP/IP-Port ein TCP/IP-Server-Socket. Dieses wartet auf das eingehende Signal einer IRON-Box. Versucht sich eine IRON-Box sich mit dem Server zu verbinden, spaltet der Server einen Thread ab und übergibt diesem den TCP/IP-Socket als eindeutigen Kommunikationskanal zu dieser IRON-Box. Im laufenden Betrieb ist jede Box mit dem Server durchgehend verbunden und übermittelt ihre Daten nach Anfrage vom IRON-Server. Die empfangenen Daten werden in eine Datenbank gespeichert (siehe auch Unterkapitel zur IRON-Server Datenbank). Die gesammelten Daten können von dort zur Berechnung der Preisinformationen und der Schaltzeiten für eine zukünftige Implementierung des Sekundärregelungs-Abrufs von der IRON-Dienstleistungsplattform verwendet werden.

Um von der IRON-Dienstleistungsplattform Schaltbefehle empfangen zu können, bietet der IRON-Server ein RMI-Interface. Dieses erlaubt die der Dienstleistungsplattform

mittels einer eindeutigen IRON-Box ID Befehle an diese zu übermitteln. Die vorgesehene IRON-Dienstleistungsplattform ist in AP4 näher beschrieben.

### TCP/IP Kommunikation

Das IRON-Protokoll beschreibt den festgelegten Ablauf des Dialoges zwischen IRON-Server und IRON-Box über den TCP/IP-Kommunikationskanal (siehe Abbildung 49). Bei jedem Kommunikationsbeginn identifiziert sich eine IRON-Box mittels eindeutiger IRON-Box ID beim Server. An die Box sind analoge und digitale Messgeräte, als auch Lastenspeicher angeschlossen. Angaben über diese Geräte sind in der IRON-Box festgelegt und werden an den Server gesendet. Ändern sich angeschlossene Geräte, muss dies der Box über die IRON-Dienstleistungsplattform mitgeteilt werden. Diese benutzt RMI, um den IRON-Server zu veranlassen, Änderungen der Gerätedaten in der Box durchzuführen. Für die Kommunikation zur Box wird ausschließlich der aufgebauete TCP/IP-Kommunikationskanal verwendet.

Nachdem Gerätedaten vom IRON-Server empfangen wurden, wird eine Zeitsynchronisation durchgeführt. Damit wird in der Box der Zeitstempel für die Messdaten festgelegt und am Server die Kommunikationsverzögerung über das Internet gemessen. Der Verbindungsaufbau ist nun vollständig abgeschlossen und die IRON-Box wartet auf IRON-Server Befehle zum Auslesen der Messdaten, der Zustände von angeschlossenen Geräten oder zum Ändern der Gerätedaten.

Sollte in einem dieser Schritte die Kommunikation zwischen Box und Server unterbrochen werden, merkt dies Box und Server. Der Server beendet nach dem dritten Versuch die IRON-Box zu kontaktieren den Thread dieser Box nachdem alle noch nicht gespeicherten Daten in der Datenbank gesichert wurden. Die Box versucht die Kommunikation zum IRON-Server wieder aufzubauen. Eine detaillierte Beschreibung der Kommunikationsabläufe sind in Anhang C zu finden.

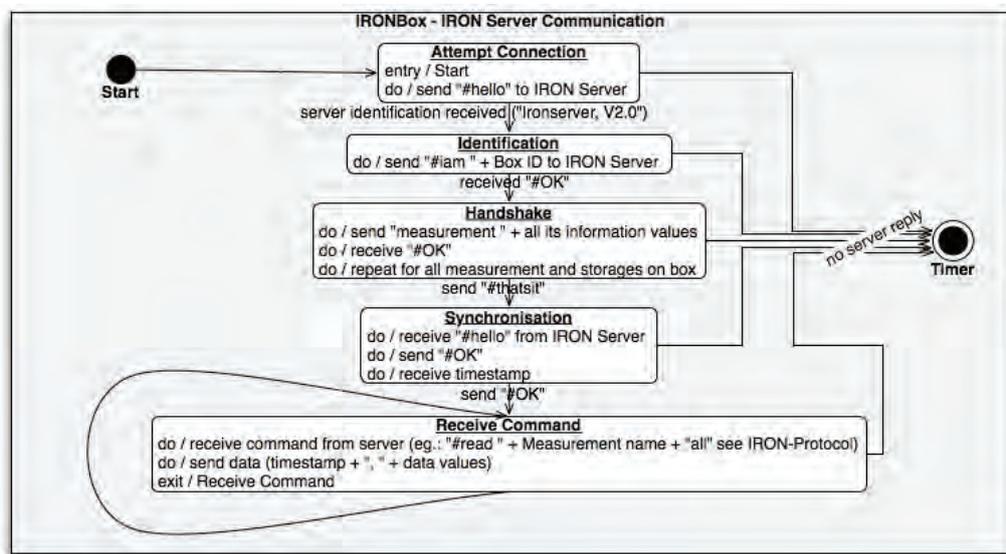


Abbildung 49: TCP/IP IRON-Client – IRON-Server Kommunikation auf IRON-Port

## IRON-Server Datenbank

Zur Speicherung der Mess-, Box- und Gerätedaten, die von der IRON-Box auf den IRON-Server gelangen, wird eine MySQL-Datenbank verwendet. Die Datenbankstruktur (siehe Abbildung 50) ist relational um mit der großen Menge an Daten mit minimalem Speicherverbrauch umgehen zu können.

Das Java Programm IRON-Server ist mittels Hibernate-Technologie<sup>15</sup> mit der MySQL IRON-Datenbank verbunden. Für Hibernate entschieden wurde sich wegen dessen schneller Performance, einfacher Java-Implementierbarkeit und Flexibilität bezüglich verwendeter Technologien.

Die „Data“-Tabelle ist die am stärksten wachsende, doch nimmt auch dort im schlimmsten Fall die Datenmenge nur linear mit der Anzahl an verbundenen IRON-Boxen zu.

Nach Start des IRON-Servers, wird ein Pool an Verbindungen zur Datenbank angelegt, um auch eine plötzlich auftretende große Anzahl an Verbindungen von vielen neuen IRON-Boxen bedienen zu können. Einer der Flaschenhälse liegt genau an diesem Punkt. Bei zu vielen Verbindungen zur IRON-Datenbank, steigt die Prozessorauslastung in einen über-kritischen Bereich, in dem das Programm IRON-Server abstürzt. Eine Denial-of-Service Attacke durch große Anzahlen von IRON-Boxen, kann derzeit noch nicht abgewehrt werden (siehe Unterkapitel IRON-Box Simulationsprogramm).

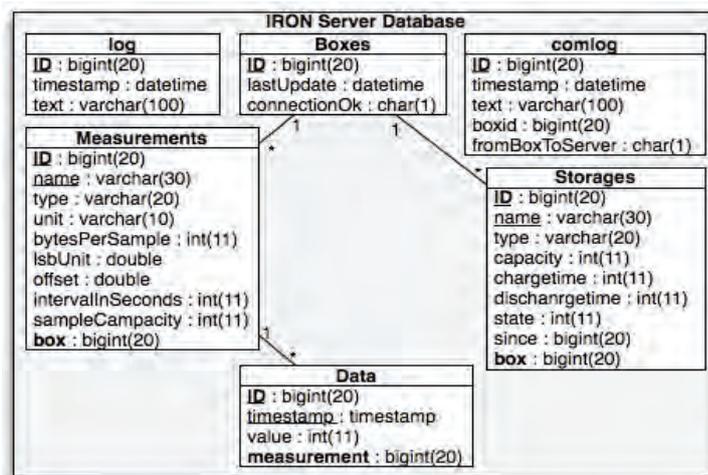


Abbildung 50: IRON-Server Datenbank Struktur

## IRON-Box Simulationsprogramm

Das IRON-Box Simulationsprogramm dient zur Erstellung virtueller IRON-Boxen die sich mit dem IRON-Server verbinden können. Da nur 6 reale Boxen im Rahmen des Projektes produziert wurden, ist das Simulationsprogramm essentiell für realistische Belastungstests am IRON-Server. Die virtuellen IRON-Boxen verhalten sich für den IRON-Server wie eine reale IRON-Box.

Es muss, wie im Unterkapitel TCP/IP Kommunikation beschrieben, zuerst die TCP/IP Verbindung aufgebaut werden. Danach werden die Gerätedaten ausgetauscht, Zeit synchronisiert und ab dem Zeitpunkt laufend Messdaten nach Server Anfrage übermittelt. Da IRON-Boxen sehr flexibel gestaltbar sind von der Anzahl der angeschlossenen

<sup>15</sup> Hibernate – Relational Persistence for Java and .Net <http://www.hibernate.org/>, zuletzt abgerufen 08.04.2008

Geräte, als auch der Zeitabstände der Messdaten Erfassung, wurde bei dem Simulationsprogramm ein Worst-Case Szenario implementiert. Das heißt, auf jeder virtuellen IRON-Box hängen mehrere Messgeräte und mehrere Lastenspeicher die im Sekundenabstand Messdaten auf der IRON-Box sichern. Dadurch ist die Datenübertragungsrate (Byte/s) maximal, als auch die Herausforderung an die IRON-Server MySQL Datenbank mit der Datenflut umzugehen zu müssen maximiert.

Es wurde außerdem versucht ein Szenario bei dem sich hunderte IRON-Boxen auf einmal mit dem IRON-Server verbinden versuchen real zu gestalten. Dies soll erreicht werden, indem zuerst eine Anzahl an gewünschten virtuellen IRON-Boxen ausgewählt wird und diese darauf innerhalb von 10 Sekunden in zufälligem Abstand gestartet werden. Die Zufälligkeit des ersten Verbindungsaufbaus soll hier besonders die Realität widerspiegeln, selbst bei einer böswilligen Denial-of-Service Attacke.

Eine Anzahl von bis zu 500 zugleich aktivierten IRON-Boxen wurde mit dem Simulationsprogramm getestet. Diese Client-Flut wurde von IRON-Server als auch IRON-Datenbank über mehrere Tage ohne Probleme abgearbeitet. Der Zeitraum lässt den Schluss zu, dass IRON mit 500 IRON-Boxen jedenfalls funktioniert. Bei einer größeren Anzahl als 500 Clients (550 wurden getestet) kommt es zu einem Absturz des Java IRON-Server (siehe Abbildung 51).

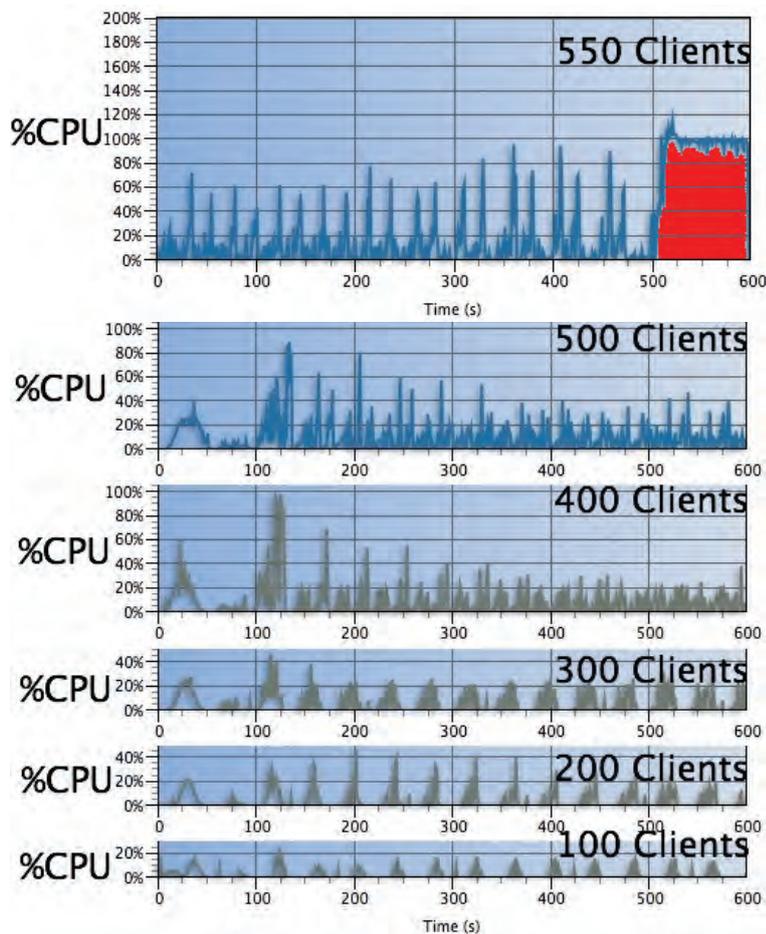


Abbildung 51: IRON-Server Absturz bei 550 Clients nach 500 Sekunden

Abbildung 51 zeigt die CPU-Auslastung in % des IRON-Server Systems während eines 10-minütigen Testlaufs bei dem es nach Sekunde 500 zu einem Absturz nach der Anmeldung von 550 Clients kam.

Die Belastung des IRON-Servers steigt linear mit der Anzahl der IRON-Boxen die mit ihm verbunden sind. Sowohl die MySQL-IRON-Datenbank, als auch der IRON-Server, sind bei einer Belastung mit 500 virtuellen Worst-Case IRON-Boxen, in dem derzeitigen Implementierungsstand, ausgelastet. Damit genügt diese Implementierung voll den Anforderungen, die während eines Pilotbetriebs mit einigen hundert Testkunden entstehen.

---

## 1.13 Dienstleistungsplattform (AP4)

Die einzelnen Marktmodelle werden auf einer Dienstleistungsplattform aufgesetzt, welche aus den informationstechnischen Komponenten (zentrale Soft- und Hardware, Telekommunikation, lokale Steuerung, etc.) besteht, in denen die erforderlichen funktionalen Zusammenhänge eingebettet sind. Die Anforderungen an die Dienstleistungsplattform werden für jedes Marktmodell prinzipiell beschrieben und als Grundlage für eine Business-Case-Rechnung verwendet. Die Zuordnung der einzelnen Prozessschritte zu den Einflussphären (Kunde, Web, Provider) wird vorgenommen. Für jedes Marktmodell sind die spezifischen Anforderungen für die zentrale Logik, die Steuerung, Rückmeldung, Messung, Speicherung die Parametrierung durch den Kunden und die Abrechnung beschrieben. Details dazu befinden sich in Anhang E. Für die Umsetzung des IRON-Marktkonzeptes wurde ein Geschäftsprozess mit den unterlagerten Detailprozessen entwickelt. Dieser Geschäftsprozess bildet die Grundlage für die Business-Case-Rechnung. Details dazu befinden sich im nicht-öffentlichen Anhang.

### Anforderungen je Marktmodell

Das bereitzustellende Marktsystem ist in der Lage, die am IRON-Markt beteiligten elektrischen Einrichtungen, abhängig von der individuellen Parametrierung durch den Kunden und den Anforderungen des jeweiligen Marktmodells, zur Ein- oder Ausschaltung freizugeben. Um das energiewirtschaftliche Potential im Marktsystem aktuell verfügbar zu haben, ist das IRON-System in der Lage, alle, je nach Marktmodell erforderlichen Daten wie Energiepreis, Messwerte und Betriebszustände in erforderlichem Auflösungsgrad und Geschwindigkeit, zwischen den lokalen IRON-Boxen und der IRON-Zentrale zu übertragen. Zusätzlich wird die Frequenzinformation lokal gemessen, da diese für eine Primärenergieregelung benötigt wird. Die Schaltbefehle sind für jede Verbrauchseinrichtung individuell durchzuführen. Diese technischen und organisatorischen Anforderungen je Marktmodell gilt es zu bewältigen und stellen sich wie folgt dar:

#### ► Marktmodell variabler Strompreis

**Steuerung, Rückmeldung, Messung und Speicherung** – Das bereitzustellende Marktsystem muss in der Lage sein, die am IRON-Markt beteiligten elektrischen Einrichtungen, abhängig von der individuellen Parametrierung und der Marktsituation, zur Ein- oder Ausschaltung freizugeben. Im Marktsystem (zentral oder dezentral) sind vor allem die individuellen Anforderungen (z. B. maximale Ausschaltdauer, maximale Schalthäufigkeit, minimale Einschaltdauer je Tag, usw.) jeder Verbrauchseinrichtungen vorzuhalten und zu berücksichtigen. Um das Schaltpotential (das energiewirtschaftliche Potential) im Marktsystem aktuell verfügbar zu haben, sind die Betriebszustände der von Kunden freigegebenen Einrichtungen festzustellen und in die zentrale Steuereinheit zu übertragen. Die Schaltbefehle sind dann so zu erstellen, dass jede Verbrauchseinrichtung individuell angesprochen wird.

Für die Ermittlung der Auswirkung der IRON Marktplattform ist entweder

- eine Lastgang-Messung der einzelnen Einrichtungen und eine Speicherung der Messwerte oder

- eine Messung des gesamten Lastganges mit einer Erfassung der Betriebszustände der Einrichtung erforderlich.

Diese Werte müssen zur späteren Ermittlung der Wirksamkeit der IRON-Marktplattform auch gespeichert werden

**Logik der IRON Marktplattform** – Die Marktplattform im IRON System hat neben der Logik für die Ein- bzw. Abschaltung der Einrichtungen eine Wissensbasis aufzuweisen, die es erlaubt zu erkennen, wann nun ein abgeschaltetes Gerät Energie benötigt, damit die vom Gerät durchzuführende Dienstleistung einwandfrei gewährleistet werden kann (z. B. ein Kühlschrank wird zur Einschaltung wieder freigeben, wenn dieser durch IRON ausgeschaltet und während dieser Zeitperiode so oft geöffnet wurde, dass die Temperatur im Inneren des Kühlschranks so weit ansteigt und die Gefahr besteht dass die darin befindlichen Lebensmittel verderben würden).

**Parametrierung durch Kunden** – Die Parametrierung der Marktplattform durch den Kunden sollte idealerweise über das Internet erfolgen können.

**Ermittlung der Einsparung** – Um das Einsparpotential ermitteln zu können, ist die Kenntnis des Lastgangs und/oder der Schaltzeitpunkte der Einrichtungen erforderlich. Sind diese Werte vorhanden, kann das IRON System berechnen, wie hoch das Einsparpotential ist und wie hoch der Verbrauch mit bzw. ohne die Schaltungen aus der IRON Marktplattform gewesen wäre. Der variable Strompreis wird im Marktsystem zentral vorgehalten. Die Schaltzeitpunkte werden in der Zentrale abhängig, von der kunden- und gerätespezifische Parametrierung ermittelt und zur Kundeneinrichtung übertragen. Die Schaltung, der am IRON-Markt teilnehmenden Geräte erfolgt vor Ort, unter Berücksichtigung des Betriebszustandes der jeweiligen Einheit.

Durch kurzfristige im IRON-System bereitgestellte Marktanreize kann dieses Marktmodell sogar für Elemente des Intra-Day-Handels erweitert werden.

#### ► Marktmodell Regelenergie

**Steuerung, Rückmeldung, Messung, Speicherung** – Für die Umsetzung des Regelenergiemodells sind alle Verbrauchseinheiten der Kunden, welche für die Ein- und Ausschaltung freigegeben worden sind, in ihrem jeweiligen Zustand an das IRON-System zu melden. Für die spätere Ermittlung des ökonomischen Vorteils sind die jeweiligen Zustände die durch Schaltung aus dem IRON System erreicht werden, zu erfassen und abzuspeichern.

**Datenübertragung** – Das IRON-System muss in der Lage sein, alle Daten wie Messwerte und Betriebszustände im erforderlichen Auflösungsgrad und Geschwindigkeit, zwischen der dezentralen IRON-Einheit, den Geräten und der Zentrale zu übertragen.

**Logik der IRON-Marktplattform** – Die Logik der IRON-Marktplattform hat den aktuellen und jeweils sich ändernden Umfang der verfügbaren Leistung aus den Kundenanlagen zu verfolgen. Abhängig von der vorgesehenen technischen Zielfunktion (z. B.: Reduktion des ungewollten Austausches über die Regelzone) sind bei einer bestimmten Erzeugungsleistung die erforderlichen freigegebenen Verbrauchereinrichtungen ein- oder abzuschalten.

Zur Hebung des Dienstleistungskomforts der Kunden ist sicherzustellen, dass die Dauer der Unterbrechung der Verbrauchseinrichtung ein unzulässiges Ausmaß (ist abhängig von der Verbrauchseinrichtung oder ist mit den Kunden abzustimmen) nicht übersteigt.

Die Einhaltung der zwingenden Bedingungen für den ordnungsgemäßen Betrieb der Verbrauchseinrichtungen (z. B.: keine Überschreitung einer Maximaltemperatur in Kühlgeräten) ist vor Ort durch die lokale Steuerung („IRON-Box“) sicherzustellen. Nachdem der Einsatz von Regelleistung nicht vorhersehbar ist, ist immer eine ausreichende Anzahl von schaltbaren Verbrauchereinrichtungen vorzuhalten, um die vertraglich mit dem RZF vereinbarte Regelleistung insgesamt vorhalten zu können. Für den Fall, dass Regelenergie sehr lange benötigt wird, müssen Geräte entsprechend den individuellen Anforderungen ans Netz geschaltet werden, um deren Funktion sicherzustellen.

Ausreichende schaltbare Ersatzleistung ist für diesen Fall vorzuhalten. Bei diesen Schaltmaßnahmen ist zu gewährleisten, dass keine Lastspitzen entstehen, welche zu Überlastungen der Betriebsmittel im Netz führen.

**Parametrierung durch den Kunden** – Die Kunden sollten in der Lage sein, für Verbrauchseinrichtungen, welche sie für Schaltaufgaben im Rahmen des IRON-Regelenergiemodells bereitstellen, über das Internet auf einer Homepage bekanntzugeben und bei Bedarf jederzeit freizugeben oder zu sperren.

**Zusätzliche Anforderungen bei Primärregelenergiebereitstellung** – Um den Anforderungen des Präqualifikationsverfahrens gerecht zu werden, muss die IRON-Plattform in der Lage sein, während des gesamten Angebotszeitraumes eine Leistungsreserve von +/- 2 MW innerhalb von 30 Sekunden für eine Dauer von 15 Minuten bereitzustellen. Für die Umsetzung dieses Marktmodells im Rahmen eines Pilotprojektes sind die Rahmenbedingungen mit dem RZF abzustimmen.

Für die Anforderung der Regelleistung ist eine Messung der Netzfrequenz erforderlich, welche die Anforderungen der UCTE-Regeln erfüllen muss. Die Primärregelenergiebereitstellung kann mittels einer IRON-Plattform über zwei unterschiedliche Varianten der Frequenzmessung realisiert werden:

a) Zentrale Frequenzmessung

Die Netzfrequenz wird zentral gemessen. Stellt das Messsystem eine Abweichung größer als +/- 20 mHz fest, wird von der IRON Zentrale ein Schaltbefehl an die dezentralen IRON-Einheiten, welche bei den Kunden installiert sind, übertragen. Diese dezentrale IRON-Einheit steuert unterdessen die Geräte beim Kunden während des Anforderungszeitraumes. Die Sicherstellung der vereinbarten Regelleistung ist im Zusammenspiel der Information zwischen Zentrale und dezentraler Einheit zu gewährleisten. Diese Variante ist allerdings aufgrund ihrer hohen Kommunikationsanforderungen (geringe Latenz der Verbindung, hohe Zuverlässigkeit, hohe Bandbreite da viele Teilnehmer) nicht sinnvoll realisierbar.

b) Dezentrale Frequenzmessung

Die Netzfrequenz wird bei jeder dezentralen IRON-Einheit gemessen. Dadurch werden Kosten für eine IRON-Zentrale und einer schnellen Datenleitung zur dezentralen IRON-Einheit eingespart. Da nun aber eine sehr genaue Frequenzmessung bei jedem Kunden erforderlich ist, ist diesbezüglich mit höheren Aufwendungen in der dezentralen IRON-Einheit zu kalkulieren.

Die Anforderungen an das IRON-Marktsystem sind ansonsten gleich wie bei Variante mit zentraler Frequenzmessung. Im AP3 wird besonders die dezentrale Frequenzmessung innerhalb der IRON-Box aus einem technischen Blickwinkel betrachtet und detailliert auf eventuelle Problemstellungen eingegangen und Lösungen aufgezeigt.

**Zusätzliche Anforderungen bei Sekundärregelenergiebereitstellung** – Um Sekundärregelenergie durch eine IRON-Plattform bereitzustellen, gilt es ebenso diese Anforderungen in einem Präqualifikationsverfahren zu erfüllen. Derzeit sind in Österreich weder ein Markt für die Bereitstellung von Sekundärregelenergie vorgesehen noch sind Anforderungen für ein Präqualifikationsverfahren verfügbar. In Deutschland beträgt das Mindestangebot für die Bereitstellung von Sekundärregelenergie vergleichsweise einen hohen Betrag von +/- 30 Megawatt.

Abweichend zur Primärregelenergiebereitstellung ist eine ausreichend schnelle Datenverbindung zum RZF bereitzustellen über welche der Abruf der Sekundärregelenergie erfolgt.

Das IRON-System muss die Art der Kommunikation, Übertragungsverfahren und Datenformate, welche der Übertragungsnetz-Betreiber vorgibt, beherrschen können.

**Zusätzliche Anforderung bei Minutenreserve** – Die Mehr-/Minderentnahme von elektrischer Leistung durch eine IRON-Plattform, die auf Grund eines Abrufes durch den RZF entsprechend den Vorgaben durch den Bilanzgruppenkoordinator (Merit Order List) erfolgt, ist binnen 10 Minuten nach Eingang der entsprechenden Aufforderung bis zum Ende des Intervalls, für welches das Angebot gilt, einzustellen.

#### ► ÖKO-Strom-Modell

**Steuerung, Rückmeldung, Messung, Speicherung** – Im ÖKO-Strom-Modell sind alle Verbrauchseinrichtungen der Kunden, welche für die Ein- und Ausschaltung freigegeben worden sind, in ihrem jeweiligen Zustand an die Zentrale zu melden und zu speichern bzw. die jeweiligen Zustände die durch Schaltung aus dem IRON-Marktsystem erreicht werden, nachzuführen und abzuspeichern.

Weiters ist auch die Erzeugung der einspeisenden ÖKO-Strom-Kraftwerke im System Online (sehr zeitnahe Messung) abzubilden und zu speichern. Die so bereitgehaltenen Daten bilden die Grundlage für die aktuellen Schaltaktionen im ÖKO-Strom-Modell.

Für die Durchführung der Schaltbefehle sind die Grundlagen für die Schaltanforderung (z. B. Leistungsaustausch über die Regelzone) sehr zeitnah im IRON-Marktsystem vorzuhalten.

Für die spätere Beurteilung des ökonomischen Vorteils oder den Wert der Dienstleistung die durch den Kunden erbracht wurde, sind die jeweiligen Schaltzustände zu erfassen und für die spätere Abrechnung abzuspeichern.

**Datenübertragung** – Das IRON-System muss in der Lage sein, alle gemessenen Daten wie Messwerte, Betriebszustände, im erforderlichen Auflösungsgrad und Geschwindigkeit, zwischen der Zentrale und den Teilnehmern am Marktmodell zu übertragen. In der IRON-Zentrale sind die Marktparameter mit der erforderlichen Übertragungsgeschwindigkeit bereitzustellen.

**Logik der IRON-Marktplattform** – Die IRON-Marktplattform hat den aktuellen und sich jeweils ändernden Umfang der erzeugten Leistung aus den ÖKO-Strom-Anlagen zu verfolgen. Abhängig von der vorgesehenen technischen Zielfunktion (z. B.: Einschränkung des ungewollten Austausches über die Regelzone) sind bei einer bestimmten Erzeugungsleistung die notwendigen, freigegebenen Verbrauchereinrichtungen ein- oder abzuschalten.

Zur Hebung des Dienstleistungskomforts der Kunden ist sicherzustellen, dass die Dauer der Unterbrechung der Verbrauchseinrichtung ein unzulässiges Ausmaß, das mit den Kunden abzustimmen ist, nicht übersteigt.

Die Einhaltung der zwingenden Bedingungen für den ordnungsgemäßen Betrieb der Verbrauchereinrichtungen (z. B.: keine Überschreitung einer Maximaltemperatur in Kühlgeräten) ist entweder vor Ort oder in der Zentrale sicherzustellen.

Nachdem die Erzeugung der ÖKO-Strom-Anlagen bestimmten, nicht vorhersehbaren Gesetzmäßigkeiten folgen (z. B. stochastische Erzeugung durch Windkraftanlagen), ist für die in den ÖKO-Strom-Anlagen erzeugte Energie eine ausreichende Anzahl von schaltbaren Verbrauchereinrichtungen vorzuhalten.

Damit kann sichergestellt werden, dass die Verbrauchereinrichtungen zu keinem Zeitpunkt überlastet werden. Für den Fall, dass zu wenig Energie aus ÖKO-Strom-Anlagen zur Verfügung steht, müssen diese Geräte natürlich außerhalb der Regeln des ÖKO-Strom Modells ans Netz geschaltet werden, um deren Funktion sicherzustellen. Dabei ist auch zu gewährleisten, dass im betroffenen Netzteil keine Lastspitzen entstehen, welche zu Überlastungen führen können.

**Parametrierung durch den Kunden** – Die Kunden sollten in der Lage sein, die Verbrauchereinrichtungen, welche sie für Schaltaufgaben im Rahmen des IRON-Marktmodells bereitstellen, über das Internet bekannt zugeben und bei Bedarf freizugeben oder zu sperren.

**Ermittlung des Nutzens für den Kunden** – Die Einsparung in diesem Marktmodell entsteht insbesondere dadurch, dass die Installation von Kraftwerkskapazitäten und das Bereithalten von Betriebspersonal nicht erforderlich ist.

Die volle Einsparung dieser spezifischen Kosten kann aber nur dann zugerechnet werden, wenn die IRON-Marktplattform diese Einsparung nachhaltig unterstützen kann. Nachhaltigkeit liegt dann vor, wenn die Bereithaltung dieser Leistung langfristig gesichert ist. Dies ist gegeben, wenn das IRON-Marktsystem die Investition in ein neues Kraftwerk überhaupt vermeidet oder zumindest verschieben kann. Der im ÖKO-Strom-Marktmodell anzusetzende Vorteil ist entsprechend situationsbedingt zu ermitteln.

## Realisierungskonzept

Im Rahmen des Projektes IRON-Konzept wurden einzelne Geschäftsideen entwickelt, strukturiert und technisch und wirtschaftlich analysiert. Für die wirtschaftlich erfolgversprechenden Marktmodelle Energieverschiebung („variabler Strompreis“) und Regelenergiemodell (Primärenergieregulation) wurden die wirtschaftlichen Analysen auf der Basis eines Geschäftsprozessmodells ausgeführt. Das Geschäftsprozessmodell wurde im Top-Down-Ansatz entwickelt.

Ausgehend von der Übersicht des Geschäftsprozessmodells erfolgte eine Detaillierung der einzelnen Geschäftsprozesse bis hin zu einem Use-Case-Ansatz der einzelnen Detailgeschäftsprozesse.

### Geschäftsprozessmodell Übersicht

Im Geschäftsprozessmodell wurden die Hauptprozesse Kunde, Zentrale, Billing und Call-Center unterschieden, siehe Abbildung 52. Diese Unterscheidung wurde deshalb getroffen, weil im IRON-Geschäftsprozess wesentliche Aufgabenbereiche und damit Kostentreiber im Aufbau und dem Betrieb der kundenorientierten Prozess und der IRON-Zentrale liegt.

Die beiden weiteren Hauptprozesse kaufmännische Abwicklung und Call-Center wurden deshalb herausgehoben, weil diese in einem Geschäftsprozess aus Effizienzgründen fast immer von Dienstleistern durchgeführt werden.

In einem weiteren Schritt wurden die Hauptprozesse detailliert, um für einen ökonomischen *roll-out* des IRON-Konzeptes die einzelnen kostenwirksamen Prozessabschnitte erfassen zu können. Für eine sinnvolle Abgrenzung zwischen den Aufgaben im Projekt IRON Concept gegenüber einem künftigen IRON-Pilotkonzept wurden die Prozessabschnitte auf unbedingte Erfordernisse hinterfragt.

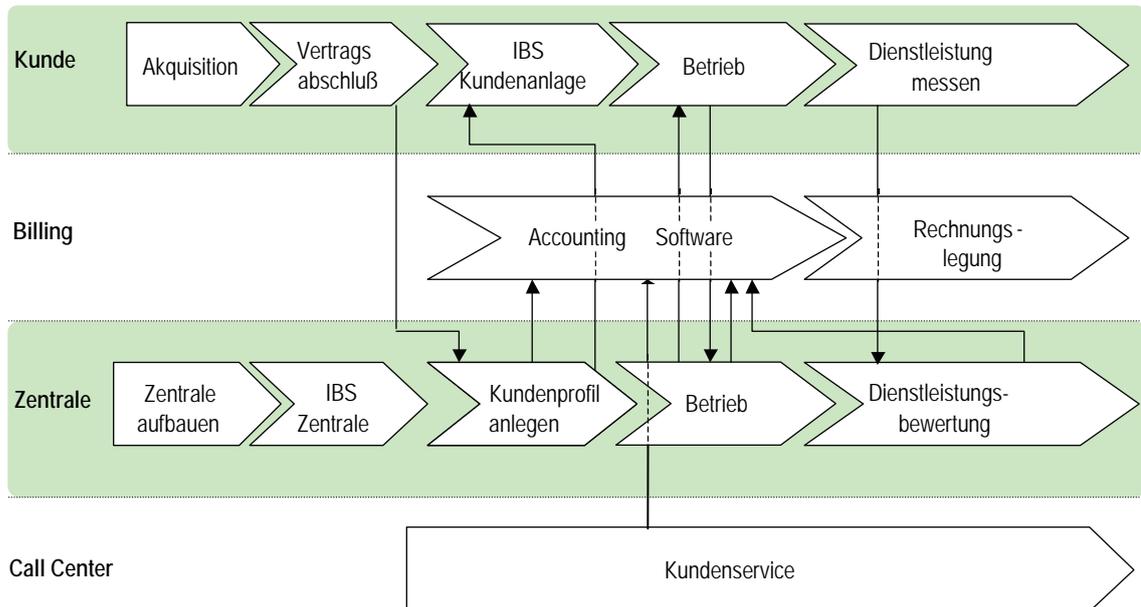


Abbildung 52: Übersicht IRON-Geschäftsprozess

### Kundenseitiger Prozess

Der kundenseitige Prozess gliedert sich in die Abschnitte Akquisition, Vertragsabschluss, Inbetriebsetzung der Kundenanlage, Betrieb der Kundenanlage und Messung der Dienstleistung (siehe auch Abbildung 53). Diesem Prozess vorgeschaltet muss noch für jedes gesonderte Produkt eine Produktentwicklung. Die einzelnen Abschnitte dieses kundenseitigen Prozesses umfassen folgende Hauptaufgaben:

In der Akquisition ist das Marketing der jeweiligen Dienstleistung und die Beratung mit Angebotlegung und Verhandlung beinhaltet. Daran schließt sich der Vertragsabschluss mit den Hauptpunkten Vertragsunterfertigung und Kundenprofil im zentralen System anlegen an. Nach dem Vertragsabschluss ist die Inbetriebsetzung der Kundenanlage durchzuführen. Je nach Konzept der IRON-Box sind beim Kunden bauliche Maßnahmen für die Anschlussherstellung, Datenaufbereitung für die Auftrags- und Dienstleistungsabrechnung und die Anschlussfreischaltung, durchzuführen. Nach der Inbetriebsetzung ist für die Laufzeit des Vertrages der Betrieb der Kundenanlage zu gewährleisten. In diesem Zeitraum ist dem Kunden die Möglichkeit zu bieten, die Parametrierung über eine Internet-Plattform durchzuführen, es müssen die Schaltbefehle an die Kundenanlage übermittelt und ausgeführt werden und es ist Vorsorge für die erforderliche Instandhaltung und Wartung in der Kundenanlage zu treffen. Die Dienstleistung ist laufend zu messen und zu dokumentieren, dabei sind vor allem die Schaltzeitpunkte, die geschalteten Leistungen, die daraus ermittelten Energien zu speichern. Diese Daten sind in geeigneter Form abzuspeichern und für die Abrechnung vorzuhalten.

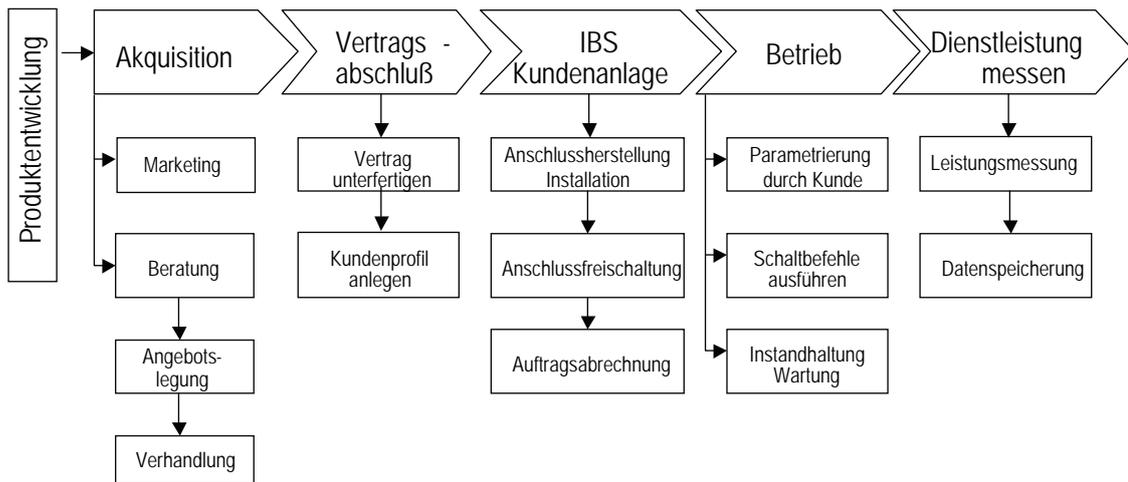


Abbildung 53: Prozess Kunde

Dem kundenseitigen Prozess ist während der Vertragslaufzeit der Prozess Kundenservice parallel geschaltet, der üblicherweise von einem Call-Center durchgeführt wird. Dieses hat Kundenanfragen, Kundenbeschwerden abzuwickeln bzw. Vertragsänderungen durchzuführen (vgl. Abbildung 54).

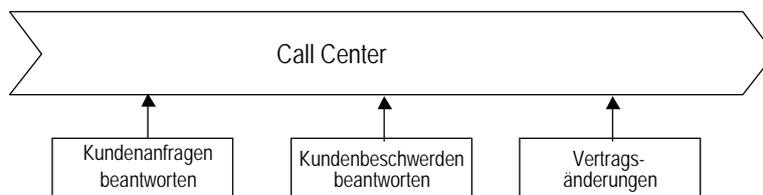


Abbildung 54: Prozess Kundenservice

Der zweite Hauptprozess des IRON-Konzepts ist der Prozess des Aufbaus und Betriebs der zentralen IRON-Marktplattform, der sich zusammensetzt aus Zentrale entwickeln und aufbauen, Inbetriebsetzung der Zentrale, Kundenprofil anlegen, den Betrieb dieser Zentrale durchzuführen. In der Zentrale wird auch die Bewertung der Dienstleistung, die dem Kunden erbracht wird, durchgeführt.

Der Prozessabschnitt „Aufbau der Zentrale“ umfasst die Bereitstellung der Räumlichkeiten, Hardware, Software, erforderliches Personal und der Unterhalt der erforderlichen Internetanbindung.

Für den Abschnitt „Inbetriebsetzung der Zentrale“ ist vor Beginn der Aufnahme der Dienstleistungen der ordnungsgemäße Betrieb durch einen Testbetrieb abzusichern. Ein Testmodus ist auch während des Betriebes immer wieder neu zu starten, wenn Updates bei Software und Hardware durchgeführt werden.

Das Anlegen des Kundenprofils erfolgt in der Datenbank der zentralen Software und muss vor der Freischaltung der Dienstleistung erfolgen. Während des Zeitraumes in dem IRON-Dienstleistungen angeboten werden, ist der Betrieb dieser Anlage mit der erforderlichen Sicherheit bereitzustellen, so dass Kunden die Parametrierung ihrer Kunden- und Anlagendaten laufend durchführen können. In der IRON-Zentrale sind die Marktmodelle enthalten welche die Marktpreise ermittelt und bereit stellt und wel-

che je nach Anforderung des Kunden Schaltbefehle oder Freigaben vornehmen kann. Die Dienstleistungsbewertung erfolgt auf der Basis der Daten, die beim Kunden gesammelt und in der Zentrale abgelegt werden.

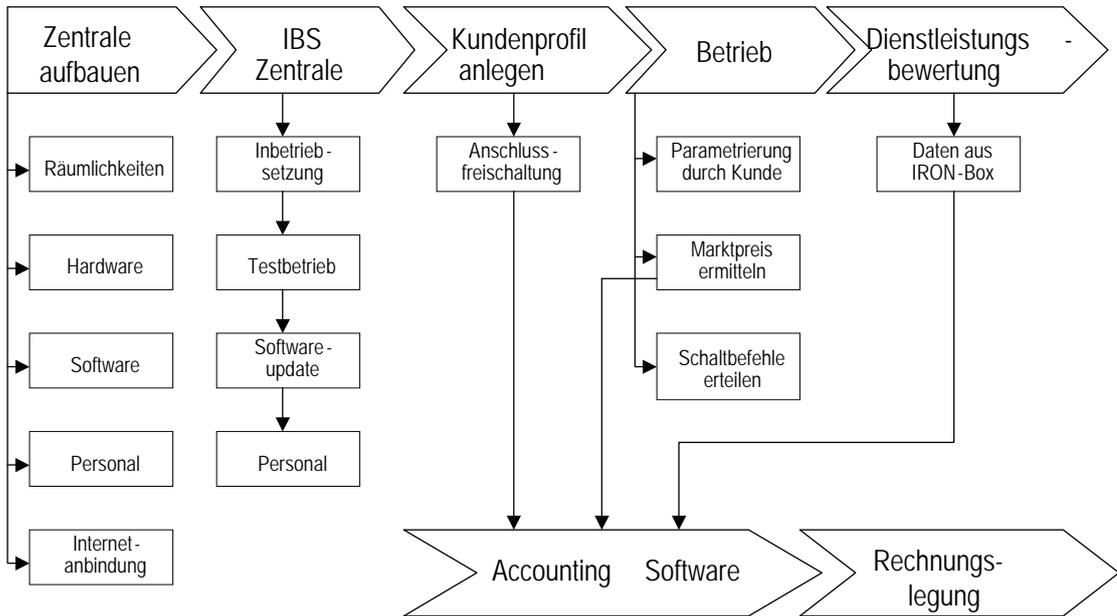


Abbildung 55: Zentrale Marktplattform

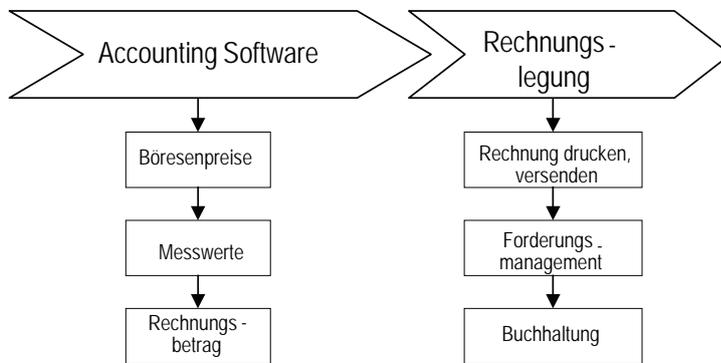


Abbildung 56: Accounting und Rechnungslegung

Dem zentralen Marktprozess und den kundenseitigen Prozessen ist der Abrechnungsprozess parallel geschaltet (siehe Abbildung 56). Dieser wird jedoch über eine von professionellen Dienstleistern gestellte Accountingsoftware abgewickelt. In der Accountingsoftware werden die verrechnungsrelevanten Daten, wie Börsenpreis, Messwerte der IRON-Boxen, gespeichert und über das jeweilige Marktmodell der Rechnungsbetrag ermittelt.

Im Prozessabschnitt Rechnungslegung wird über ein Standardprogramm der Ausdruck der Rechnungen durchgeführt. Diese werden über eine professionelle Poststrasse kuvertiert und verschickt, sowie das Forderungsmanagement abgewickelt und die Buchhaltung vorgehalten.

## IRON-Prozess-Zusammenhänge

Das Zusammenwirken der oben beschriebenen Geschäftsprozesse ist in einer etwas anderen Darstellung in Abbildung 57 näher ausgeführt. Die Darstellung ist gegliedert nach Kundenbereich, Webbereich und IRON-Zentrale. Diese Abbildung stellt alle wesentlichen Aktivitäten dar, welche im Zusammenhang mit der Durchführung der IRON-Dienstleistung auftreten. Dabei stellt die Abbildung die Aufteilung der Aufgaben des IRON-System als Gesamtes dar. Für den Fall, dass ein Kunde einen Vertrag abgeschlossen hat, ist die Installation der IRON-Boxen (Geräte) und die Inbetriebsetzung (IBS) beim Kunden über die Zentrale durchzuführen. Im Vertrag müssen die Anforderungen der einzelnen Geräte bzw. Gerätegruppen festgelegt sein. Diese Anforderungen der schaltbaren Geräte umfassen Festlegungen, wie z. B.: die Art der Schaltprofile, die maximale Ein-Aus-Dauer, die Schalthäufigkeit, Zeiträume für einen verpflichtenden Betrieb, die jeweilige schaltbare Leistung und Infos zu noch erforderlichen Sensoren der Kundenanlage, zum Beispiel eine *Automated Meter Reading Anlage (AMR)* im Zählerkasten oder ein Temperatursensor im schaltbaren Gerät.

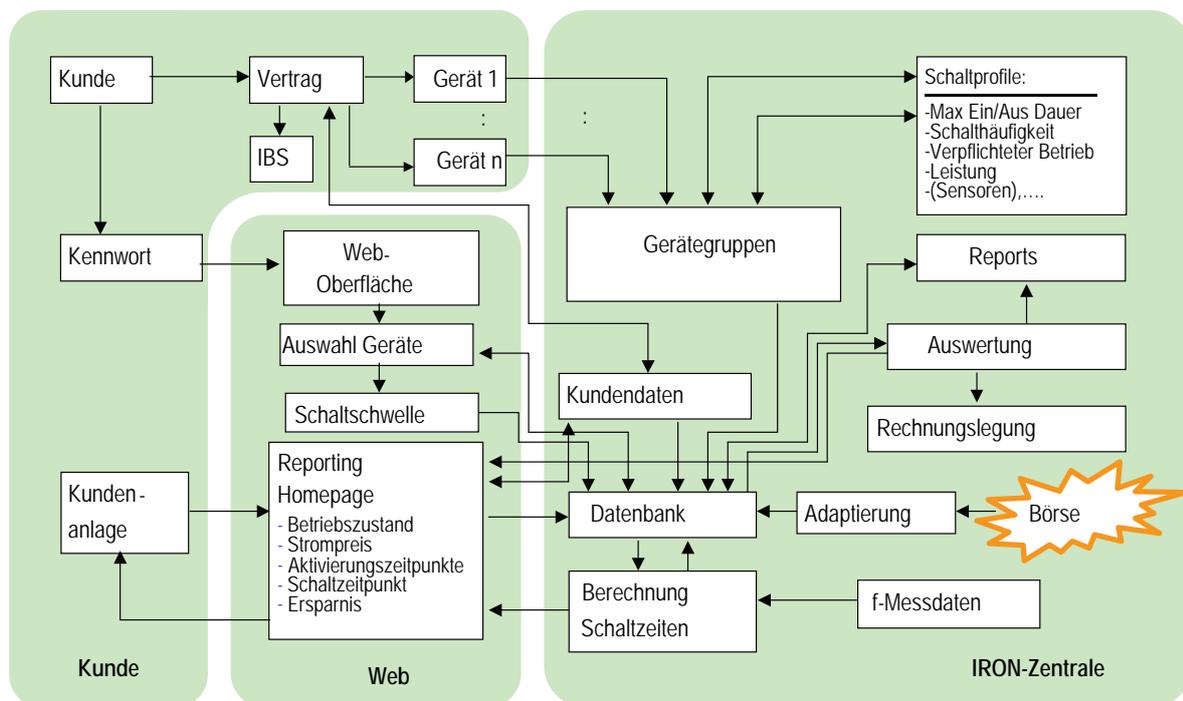


Abbildung 57: IRON-Prozesszusammenhänge

Die Daten, welche gleichzeitig auch Vertragsbestandteil sind, müssen in der Kundendatenbank abgelegt werden und bilden die Grundlage für Auswertungen, Reports bzw. für die Berechnung der Schaltzeiten, welche die Basis für die Abrechnung darstellen.

In diese Datenbank müssen aber auch die tatsächlich geschalteten Daten gespeichert bzw. adaptierte Börsenpreise aufgenommen werden. Weiter ist vorzusehen, dass der Kunde über diese Web-Oberfläche – gesichert durch ein Kennwort – einsteigen kann und die Parametrierung der Geräte und der Schaltzeiten vornehmen und modifizieren kann.

Aus der Datenbank und aus der zentralen Marktplattform ist sicher zu stellen, dass die erforderlichen Befehle in die IRON-Boxen des Kunden übertragen werden und aus der Kundenanlage die relevanten Daten für die Dienstleistungsbewertung und die Ab-

rechnung zurückfließen und entsprechend in der Datenbank abgelegt werden. Diese Daten, z. B. Betriebszustand, Strompreis, Aktivierungszeitpunkte, Schaltzeiten, Ersparnisse, sind für den Kunden in der Web-Oberfläche ebenfalls als nicht-bindende Statusinformations-Reports abrufbar.

Im AP4 ist ein vorläufiger Prototyp einer grafischen Web-Oberfläche einer Online-Dienstleistungsplattform programmiert worden, um das Datenbank-Modell zu testen (siehe Abschnitt 0). Der Benutzer des Systems soll mittels grafischer Web-Oberfläche in der Lage sein, verschiedene Lasten zu steuern und genauso die Auswirkungen der Steuerungen als Verbrauchsdaten nach zu verfolgen. Die Steuerung ist in dem Prototyp noch nicht funktional, da die Kommunikationsverbindung zwischen IRON-Server und der Online-Dienstleistungsplattform noch nicht hergestellt ist. Das System bezieht im Prototyp Daten, sowohl Schaltdaten als auch angenommene Verbrauchsdaten, von Benutzereingaben über das Web-Interface. Die Web-Oberfläche des Prototyps ist programmiertechnisch bereits ausgelegt, um später direkt über eine SAP-IRON-Schnittstelle Daten für Schaltzeiten zu beziehen. Eine Schnittstelle zu SAP oder dem IRON-Server ist für den Dienstleistungsplattform-Prototyp nicht programmiert worden und bleibt wegen der zu detaillierten Anforderung der kaufmännischen Abwicklung durch einen Dienstleister selbigem vorbehalten. Allerdings sind die erforderlichen Programmkonstrukte für die beiden Schnittstellen bereits erstellt. In diese Konstrukte muss der Kommunikations-Verbindungscode zu SAP, als auch zum IRON-Server nach notwendiger Abstimmung der Programmierung beider Komponenten eingefügt werden.

Die Steuerung soll danach über einen Abgleich von Datenbank-Tabellen zwischen SAP und Dienstleistungsplattform, als auch zwischen IRON-Server und Dienstleistungsplattform erfolgen. Die Datenbankeinträge in der Dienstleistungsplattform dienen dann zur Steuerung von IRON-Boxen, die durch den IRON-Server verbunden sind. Die Steuerungsbefehle zur Steuerung der IRON-Boxen werden über gemeinsam genutzte Tabellen in einer Datenbank auch für den IRON-Server zur Verfügung gestellt. Dieser wird nach einer Änderung in der Online-Dienstleistungsplattform, zum Beispiel durch den Kunden, von dieser Änderung über Remote Method Invocation (RMI) (siehe AP3<sup>14</sup>) verständigt. Darauf liest der IRON-Server die veränderten Daten an der übergebenen Stelle aus und veranlasst die Änderung der IRON-Box. Eine Bestätigung der Änderung wird von der Box versendet, vom Server empfangen und wiederum in eine gemeinsam genutzte Tabelle der Datenbank an der betreffenden Stelle gespeichert. Dadurch ist nach einer gewissen Zeit die erfolgreiche Änderung auch Online in der Web-Oberfläche der Dienstleistungsplattform für den Kunden als Status „durchgeführt“ sichtbar.

Im IRON-Geschäftsprozess (Abbildung 52) bedient die IRON-Dienstleistungsplattform den Prozess „Betrieb“, als auch „Dienstleistung messen“, auf Seite der Kunden und in der Zentrale. Eine Kommunikation zur Dienstleistungsbewertung für die Erstellung von Reports oder zur Rechnungslegung in der Accounting-Software ist noch nicht festgelegt worden, da für ein finales Produkt ein Austausch mit dem Dienstleister der kaufmännischen Abwicklung koordiniert gehört. Die Datenbank der Web-Oberfläche beinhaltet allerdings alle dafür notwendigen Daten und kann somit für Reporting online oder offline, als auch für Rechnungslegung online oder offline eingesetzt werden. Mit offline ist ein Export der Daten in ein externes Drittanwender-Programm gemeint, zum Beispiel SAP oder Excel. Ein online Reporting, darunter versteht man das Abrufen der zeitaktuellen Daten, ist im Prototyp der Web-Oberfläche nicht programmiert worden, da offline Datenexport für einen folgenden Feldversuch und für umfangreiche Tests des Gesamtsystems genügt.

## IRON-Web-Oberfläche

Das Web-Interface bietet verschiedene Funktionalitäten für die unterschiedlichen Benutzerrollen. Es wurden für die IRON-Dienstleistungsplattform vier unterschiedliche Hierarchische Benutzerrollen identifiziert. Wie in Abbildung 58 dargestellt, sind die Rollen in der IRON-Bedienoberfläche der Webseite für den Benutzer visuell durch einen Farbcode getrennt. Die vier Rollen werden in den nachfolgenden Unterkapiteln näher beschrieben. Als Technologie für das Web-Interface ist Open-Source Symfony PHP Web Framework<sup>16</sup> gewählt und prototypisch umgesetzt worden.

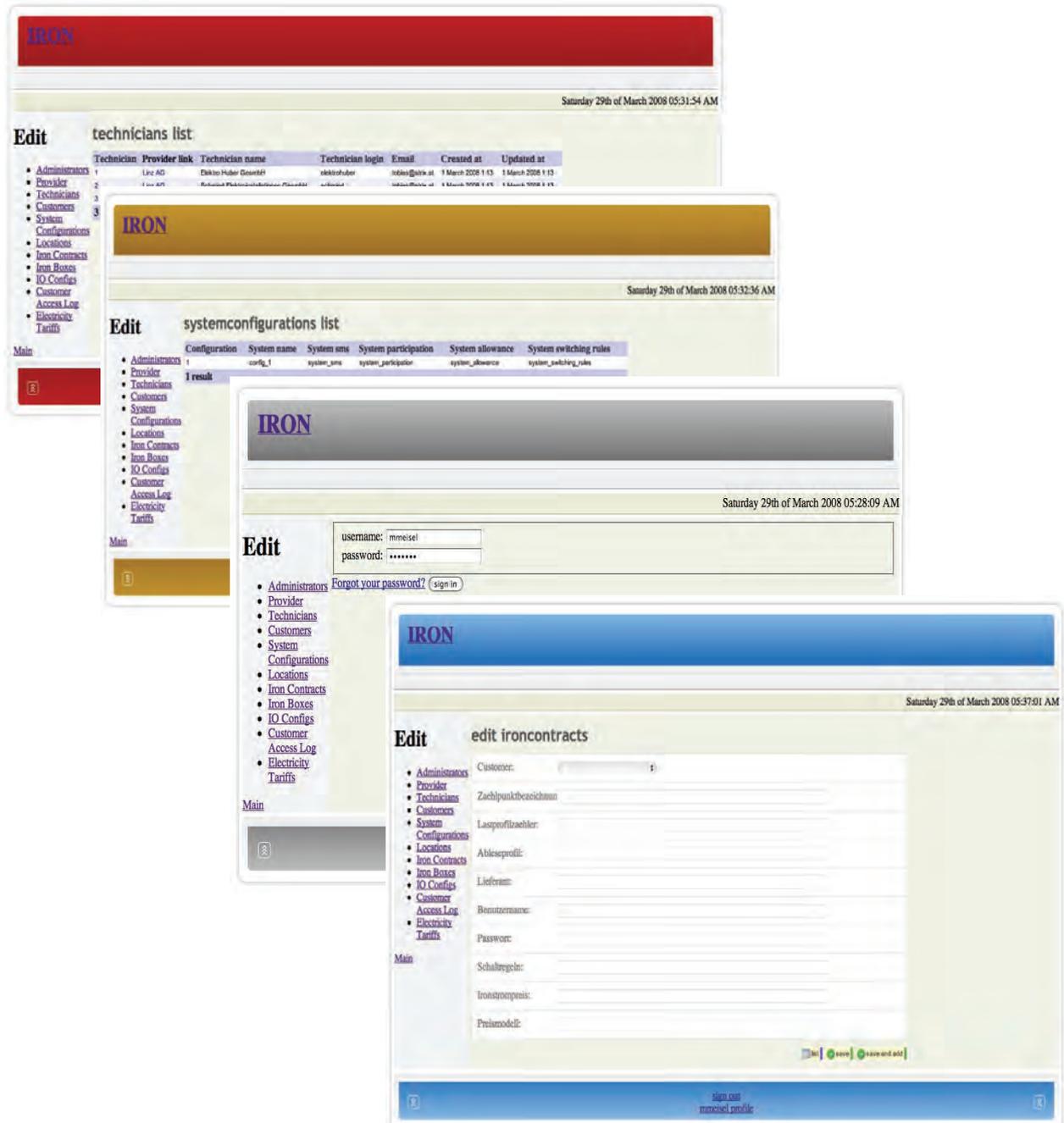


Abbildung 58: Rollentrennung durch Farbcode in der IRON-Web-Oberfläche

<sup>16</sup> Symfony – <http://www.symfony-project.org> zuletzt abgerufen am 16.05.2008

### **IRON-Administrator**

Die Aufgabe eines IRON-Administrators ist die Kontrolle der Plausibilität der gesamten Daten, das Anlegen von IRON-Betreibern, das Warten des Systems und das Korrigieren von Daten in unvorhersehbaren Ereignissen nach bestem Wissen anhand von Protokoll Daten und Erfahrung.

Der Administrator benützt ein Interface auf alle Tabellen, das eine hoch technische Sicht auf alle Daten bietet. Es können nur vom Administrator IRON-Betreiber angelegt, aktiviert, verändert, deaktiviert und gelöscht werden. Weiter besitzt der Administrator auch alle Berechtigungen der drei folgenden Rollen.

### **IRON-Betreiber**

Die Aufgabe der IRON-Betreiber ist die Wartung der Stammdaten der Techniker, Kundendaten und das Abfragen von Kundendaten zur Rechnungslegung.

Die wichtigste Funktionalität für den IRON-Betreiber ist die Abrechnungsinformation der Kunden Auszulesen. Dies soll als zeitaktuell geschehen. Dadurch kann ein aktuelles Zwischenergebnis aus den Daten der Datenbank errechnet werden. Dieses Zwischenergebnis kann danach von der Rechnungslegung-Software des Betreibers noch verändert werden. Für den Kunden ist das Ergebnis dieser zusätzlichen Veränderung des Zwischenergebnisses nicht sofort in der Online Web-Oberfläche sichtbar. Sichtbar wird diese Änderung an den Rechnungsdaten erst nach einer erneuten Synchronisation von der Datenbank mit der SAP Anwendung des Dienstleisters in der die Rechnungsdaten verändert wurden. Weitere Funktionalitäten, die dem IRON-Betreiber zur Verfügung stehen, sind Kundendaten anlegen, verwalten, aktivieren, deaktivieren und konfigurieren. Strom-Tarife – Börsen aktuell oder pauschal – können ebenfalls vom IRON-Betreiber eingespielt werden. Die offline Reporting-Funktionalität auf alle Kundendaten steht ebenfalls zur Verfügung, so wie IRON-Boxen und Techniker einem Kunden eindeutig zuzuweisen.

### **IRON-TechnikerIn**

Zu den Aufgaben Technischer Mitarbeiter gehört die Installation von IRON-Boxen bei dem Kunden und die damit zusammenhängenden technischen Einstellungen in der Web-Oberfläche. Doch die wichtigste Aufgabe ist der Anschluss und die Konfiguration der IRON-Box beim Kunden.

Technische Mitarbeiter können die eindeutige ID einer IRON-Box dem Kunden vor Ort zuteilen, als auch die Konfiguration der Box einstellen. Die Konfiguration betrifft die Art angeschlossener Geräte, als auch Schaltzeiten der schaltbaren Geräte. Diese Einstellungen sind derzeit Kunden ohne technischem Vorwissen in dem Gebiet noch nicht zumutbar.

### **IRON-Kundeln**

Der IRON-Kunde hat keine Aufgaben, nur Möglichkeiten sich zu informieren oder Einstellungen seiner IRON-Boxen zu ändern.

Um die Parametrierung der Einstellungen dem IRON-Kunden zu erleichtern, besitzt dieser in seinem Online-Interface eine Auswahl aus Listen mit ihm zugeordneten Gerätetypen und IRON-Boxen. In einem folgenden Feldversuch ist eine Iteration der Interface Entwicklung anhand von Erfahrungswerten angedacht, um die Benutzerfreundlichkeit durch beispielsweise: Austausch der Listen durch Bilder. Ebenfalls kann beispielsweise ein Farbcode in Ampelfarben anstatt einer Statusmeldung dem Kunden bestätigen, dass die getätigte Einstellung von der oder den IRON-Boxen umgesetzt

wurden. Denkbar ist auch eine Ampel-ähnliche Einstellung durch die sich der Kunde den Grad seiner Partizipation an dem IRON-Markt einstellen kann – Voll, mäßig oder gar nicht Teilnehmen. In dem bisherigen Prototypen ist jede Information zu einer IRON-Box in einer Zeile einer Tabelle abgebildet.

Es gibt die Möglichkeiten für den Kunden seine bisherige Ersparnis und Leistungen der IRON-Box nachzusehen. Die Konfigurationsvorgänge werden alle gespeichert, um Änderungen zurückverfolgen zu können. Alle Möglichkeiten die einem Kunden mit der Online-Benutzeroberfläche geboten werden können wie in der folgenden Abbildung 59 dargestellt werden.

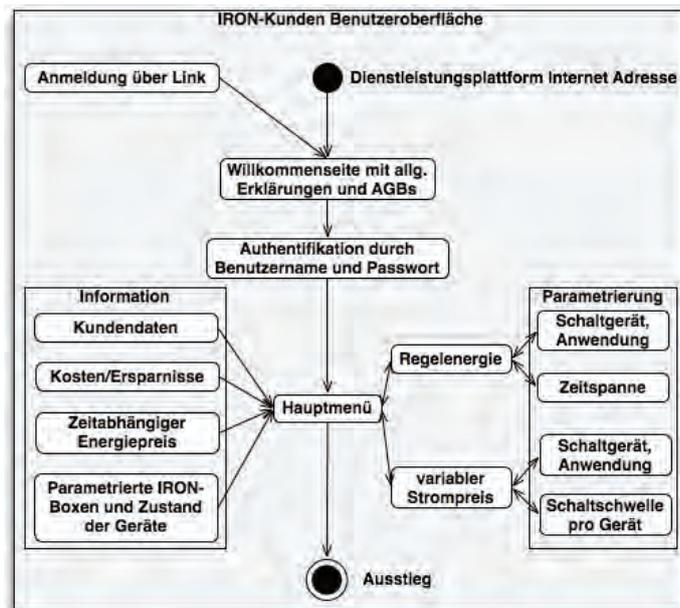


Abbildung 59: Funktionsdiagramm der Kunden-Benutzeroberfläche

Der Bereich „Information“ (Abbildung 59) und damit verknüpfte Daten, dienen dem Kunden als Report des aktuellen Status seiner Anlage und Historie geleisteter Dienste. Verwendet der Kunde diese Informationen zur Entscheidungsfindung seine Parametrierungseinstellungen („smart consumer“ oder „smart customer“), kann eine optimale Wirkung des IRON-System erzielt werden.

Die Begriffe „Regelenergie“ und „variabler Strompreis“ stellen in vorheriger Abbildung die zwei verschiedenen Marktmodelle der zwei Funktionsweisen einer IRON-Box dar. Regelenergie steht für Primärenergieregulung, die durch die IRON-Box innerhalb der angegebenen Zeitspannen ausgeführt wird. Variabler Strompreis steht für ein Verhalten des Kunden zu Hochpreiszeiten an IRON-Boxen angeschlossene Geräte weniger zu verwenden und die Last dadurch auf Niedrigpreiszeiten zu verschieben. Die Primärenergieregulung ist damit vollständig implementiert und umgesetzt worden.

Eine Sekundärenergieregulung die dem IRON-Betreiber für Spitzen- und Engpassmanagement durch das selbe Prinzip zur Verfügung steht ist mit diesem System möglich, aber für den Prototyp nicht umgesetzt worden, da in Österreich kein unmittelbarer Markt dafür vorgesehen ist. Für eine detailliertere Beschreibung der Marktmodelle siehe Kapitel 1.10 bzw. 1.13.

## IRON-Synchronisation

Es kommt an einigen Stellen des IRON-Systems zu Kommunikation die zur Synchronisation der einzelnen IRON-Bausteine dient: Box-Server, Server-Web, Web-SAP.

Die Server –Box-Kommunikation wurde bereits in AP3 Kapitel 0 beschrieben und soll hier nicht weiter erläutert werden (für einen Überblick siehe Abbildung 49).

Synchronisation von Daten zwischen Betreiber und der Web-Oberfläche über eine SAP Schnittstelle ist im IRON-System vorgesehen, aber in der prototypischen Realisierung der Web-Oberfläche nicht programmiert worden. Die Anforderungen an diese Synchronisation mit der kaufmännischen SAP Abwicklung durch einen Dienstleister sind sehr detailliert und selbigem vorbehalten. Das heißt, es findet im Prototyp keine automatische Synchronisation mit Betreiberdaten statt. Allerdings kann nach einem Import in die Datenbank, mit statischen realen Betreiberdaten gearbeitet werden.

Für das Ziel an einem Prototyp Funktionstauglichkeit und Funktionsweise zu visualisieren ist diese Herangehensweise ausreichend. Bei einem Feldversuch mit mehreren 100 Testkunden ist hier diese synchrone Verbindung ein wichtiger Bestandteil.

Synchronisation von Daten zwischen der Web-Oberfläche der Online-Dienstleistungsplattform und dem IRON-Server wird mit einer gemeinsam verwendeten Datenbank und Remote Method Invocation (RMI) bewerkstelligt.

Für geteilte Objekte typische Synchronisationsprobleme können bei diesen beiden Komponenten nicht auftreten, da beide Komponenten mit einer Ausnahme immer unterschiedliche Tabellen für Schreibbefehle verwenden. Die erwähnte eine Ausnahmesituation (siehe rote Tabelle der Abbildung 60) in der sowohl IRON-Server als auch Web-Server Schreibrechte haben, wird mittels RMI umgangen. Um von der IRON-Dienstleistungsplattform Schaltbefehle empfangen zu können, bietet der IRON-Server ein RMI-Interface. Dieses erlaubt der Web-Oberfläche Befehle für eine Box an den Server zu übermitteln. Der IRON-Server übernimmt nach Abschluss der übermittelten Aufgabe, den Schreibbefehl auf die Tabelle „IronBoxes“ der IRON-Datenbank und verständigt den Web-Server von der Erledigung.

Für die prototypische Umsetzung ist die beschriebene Kommunikationsfähigkeit des Web-Server und die Funktionalität des IRON-Server nicht programmiert worden, für einen Feldversuch aber notwendig.

RMI Technologie wird für diese Anwendung nicht direkt benötigt, lässt aber einen beliebigen Ausbau der Kommunikationskomplexität zwischen IRON-Server und Web-Server zu. Mit der gewählten RMI Technologie ist keine Einschränkung auf eine Übermittlung einer Identifikationsnummer (ID) alleine gemacht worden, sondern möglich, ganze Programm Objekte zur Bearbeitung dem IRON-Server zu übermitteln. Diese Wahl kann sich in einem Feldversuch als vorausschauend erweisen falls ganze Schaltzeitprogramme vom IRON-Server ausgeführt und gespeichert werden müssen.

Die erforderlichen Programmkonstrukte für die beide eben beschriebenen Synchronisationsschnittstellen sind bereits erstellt. In diese Programmhüllen muss der Kommunikations-Verbindungscode zu SAP in den Web-Server, als auch zwischen IRON-Server und Web-Server, nach notwendiger Abstimmung der Programmierung der Komponenten, eingefügt werden.

## IRON-Datenbank

Die Datenbank ist die zentrale Komponente der Kommunikation des IRON-Projektes in der die bisher beschriebenen Teilstücke zusammenlaufen. In der Datenbank werden die Ergebnisse der IRON-Boxen durch den IRON-Server gespeichert, um von der

Web-Oberfläche danach dem Kunden und Techniker dargestellt zu werden. Betreiber- und Administrator-Rollen sollen Daten ebenfalls als Reports darstellen können, als auch die Rohdaten für eine externe Rechnungslegungs- und Accounting-Software exportieren können. Auf Basis dieser Ergebnisdaten der IRON-Boxen sollen Kunden und Betreiber informierte Einstellungsentscheidungen treffen können um die IRON-Feldgeräte und das IRON-System informiert steuern zu können. In diesem Abschnitt sollen die vorgeschlagenen Datenbanktabellen des IRON-Datenbankschemas (Abbildung 60) näher beschrieben werden. Das Schema ist farblich fragmentiert um unterschiedliche Schreib- und Leseberechtigungen für die drei Systemkomponenten (SAP-Provider, IRON-Server und Web-Server) aufzuzeigen. In den einzelnen Datenbanktabellen sind Primärschlüssel mit „PK“ und Unterstrich gekennzeichnet. Zwischen Tabellen verbindende Fremdschlüssel sind mit „FK“ gekennzeichnet.

### **SAP-Provider Tabellen**

Es soll hier der gesamte IRON relevante Datensatz aus beispielsweise dem SAP-System des Betreibers in das Web-Interface regelmäßig synchronisiert werden. Diese aktuellen Daten werden dann vom Web-Interface verwendet um neuen Kunden ebenfalls einen Zugang zu erlauben. In den beiden aus SAP erhaltenen Tabellen mit den Bezeichnungen „SAPIRONVertragsdaten“ und „SAPCustomers“, sind alle Kundendaten, als auch IRON-Vertragsdaten enthalten. Die Vertragsdaten und Kundendaten dienen dem Kunden nach der Anmeldung auf der Web-Oberfläche als Information. Sollten Änderungen gewünscht sein, ist im Moment keine Änderungsmöglichkeit für den Kunden vorgesehen, da dies eine Vertragsänderung verursacht.

Möchte ein Kunde Änderungen in seinen Daten, muss das Kundenservice über das Call Center kontaktiert werden, welche eine Änderung in der Accounting Software veranlasst. Über diesen SAP-Tabellenspiegel sollen diese Änderungen nach der Synchronisation auch wieder in der Web-Oberfläche als Information für den Kunden sichtbar sein.

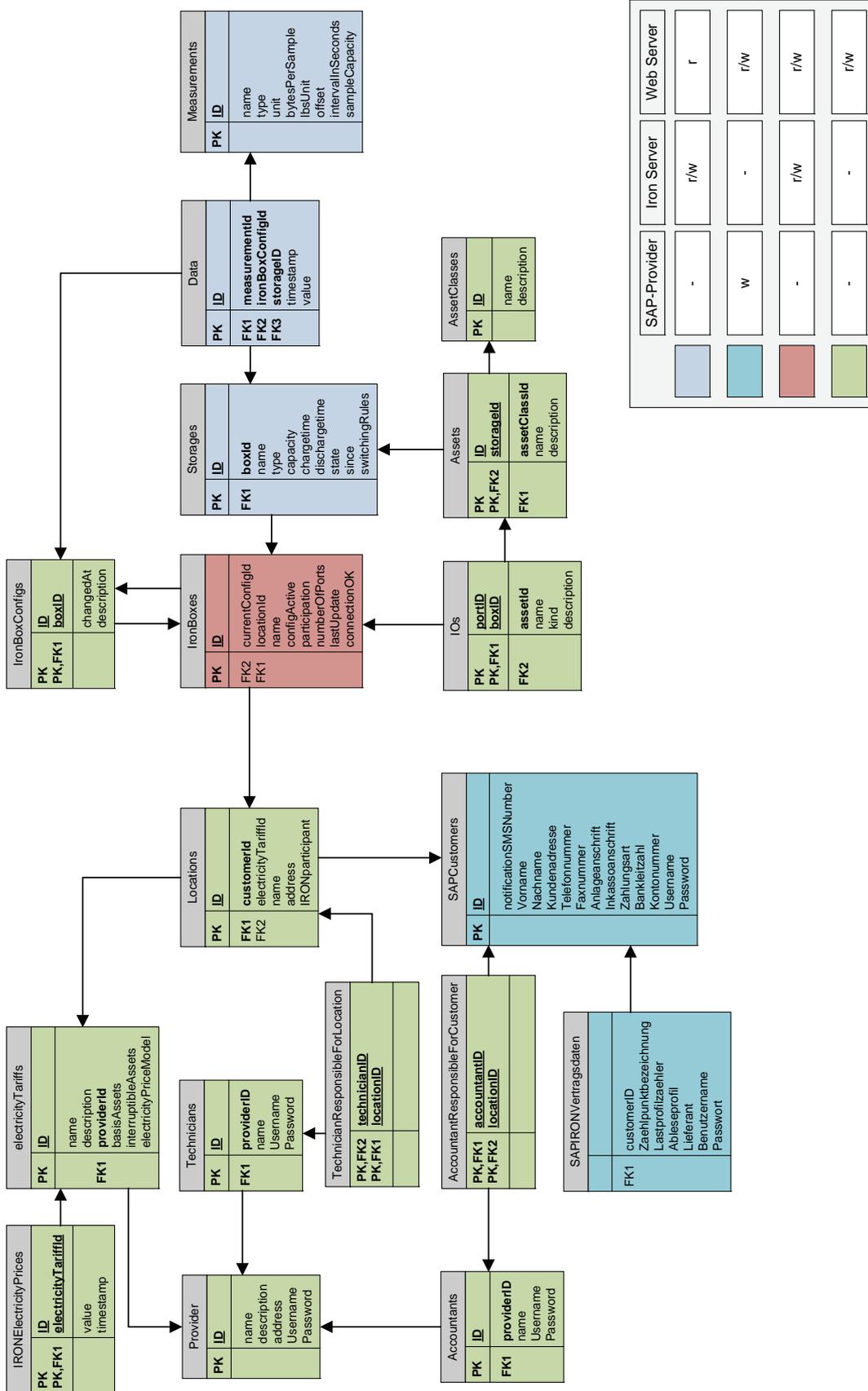
### **IRON-Server Tabellen**

Die IronBoxes-, Stages-, Data- und Measurements-Tabelle des Datenbankschemas der Abbildung 60 wird mit IRON-Box Daten durch den IRON-Server beschrieben. IRON-Boxen sollen mit einer eindeutigen Identifikationsnummer (ID) und einer Basis-konfiguration dem Techniker zum Einbau beim Kunden übergeben werden. Nach Installation meldet sich die IRON-Box beim IRON-Server und dieser speichert die Daten der IRON-Box in die IronBoxes-, Stages- und Measurements-Tabelle. Danach soll der Techniker im Web-Interface die Möglichkeit haben diese Einstellungsdaten zu ändern und den Kundengegebenheiten anzupassen. Nach Speichern der Änderungen in der Web-Oberfläche, soll die Online-Dienstleistungsplattform den IRON-Server von Datenänderungen in der Box mit der ID des Kunden über Java Remote Method Invocation (RMI) benachrichtigen (siehe Kapitel 0). Der IRON-Server veranlasst die Änderung der Box mit den neuen Daten und ändert den Datenbankeintrag configActive der IronBoxes-Tabell sobald die Änderung erfolgreich durchgeführt wurde. Dieser Durchführungsinformation soll Online für Kunde und Techniker ebenfalls dargestellt werden.

Nach dem Anschluss der IRON-Box, werden in dieser Messdaten und Abrechnungsdaten gespeichert und nach erfolgter Verbindung zum IRON-Server diese übertragen. Messdaten werden vom IRON-Server in der Data-Tabelle gespeichert. Die rohen Messdaten sind für den Kunden nicht sichtbar, aber dienen dazu, Status Reports zu erstellen. Weiter werden die Daten zum Export für die Accounting- und Reporting-Software des Betreibers verwendet.

### **IRON-Web Server Tabellen**

Die grün markierten Tabellen der Abbildung 60 sind, durch Programmierung des Web-Interface als Symfony Webseite, automatisch erstellt worden und dienen linksseitig der Abbildung, der Berechtigungsregulierung der vier hierarchischen Benutzer Rollen der Web-Oberfläche und rechtsseitig der Informationsverarbeitung und Darstellung der IRON-Boxdaten.



SAP-Provider				
Iron Server	r/w	-	r/w	r/w
Web Server	r	r/w	r/w	r/w

Abbildung 60: IRON-Datenbankschema

---

## 1.14 Vorstudie Feldversuch (AP5)

Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich im Wesentlichen mit den Möglichkeiten und Voraussetzungen, um das Forschungsprojekt IRON in der Praxis umsetzen zu können. In diesem Zusammenhang werden vor allem drei Themengebiete näher betrachtet:

Im Task „*Nutzervorbereitung*“ wurden die Auswirkungen der IRON-Box auf den Kunden betrachtet. Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Arbeitspaket 1 – Kunde/Nutzer wurden Ansprüche an den laufenden Betrieb aus Sicht des Kunden definiert, welche wesentliche Voraussetzungen für einen erfolgreichen Praxistest als auch einen darauf folgenden wirtschaftlichen *roll out* darstellen.

Im Task „*Prototypische Testbeds*“ wurde die IRON-Box dem ersten Praxistest unterzogen. Angeschlossen an eine laufende Kläranlage in der Gemeinde Großschönau konnten die ersten IRON-Boxen Einfluss auf die Steuerung von Stromverbrauchern, im konkreten Fall Pumpen, nehmen. Hierbei wurden vor allem die Konnektivität der Box, die Robustheit ohne Wartung sowie das Funktionieren der Übertragung der Signale und deren Auswertung am Server getestet.

Im Task „*Feldversuchsvorbereitungs-Analyse*“ wurde schließlich die gesammelten Überlegungen zusammengefasst, wie die Erfolgsaussichten für eine wirtschaftliche Umsetzung der IRON-Idee in Österreich erkannt werden können und die IRON-Idee so weiterentwickelt werden kann, dass diese großflächig umgesetzt werden kann.

### Nutzervorbereitung

Dieser Task befasste sich mit der Verbreitung der Ideen und der konzipierten Funktionsweise des geplanten Systems und wie diese von den potenziellen späteren Nutzern aufgenommen wird. Es wurde z. B. untersucht, inwieweit es hier Akzeptanzprobleme geben kann und welche Gründe dafür verantwortlich sind.

Folgende Chronologie haben die Berührungspunkte mit dem Nutzer im Verlauf eines Einsatzes der IRON-Box bzw. auch bei einer Durchführung eines IRON-Pilotversuches:

#### Erster Kontakt

- Beim ersten Kontakt muss der Kunde einen Vorteil vermittelt bekommen, der diesem größer erscheint als dessen erwarteter Aufwand. Daraus ergeben sich zwei Anforderungen: Erstens muss der Aufwand für den Kunden so gering wie möglich gehalten werden, andererseits muss der Nutzen für den Kunden möglichst einfach und verständlich kommuniziert werden.
- Der voraussichtlich effizienteste Weg der Kundengewinnung ist zu Beginn die persönliche Kontaktaufnahme, da die Idee der IRON-Box zu neu und ungewohnt ist, als dass diese über Massenmedien einfach und überzeugend erklärt werden kann. Gegenüber dem IRON-Vertreter ergeben sich somit Fragen wie „Was willst Du? Warum ich? Woher hast Du meine Adresse?“, die im Zuge des Erstgesprächs aus dem Weg geräumt werden müssen, um die IRON-Idee vorbehaltlos vorstellen zu können.
- Wichtig ist daher ein professionelles Auftreten, mit Corporate Design für Flyer, Folder, eigener Homepage mit Log-In Bereich für die Nutzer, ...

## Informations-Nachschub

- Nach dem Erstkontakt muss der Kunde vor allem während eines Feldversuches laufend mit Information versorgt werden, um eine Wertschätzung vermittelt zu bekommen.
- Wichtigste Information aus Kundesicht ist das Vorrechnen des persönlichen Vorteils durch die IRON-Box anhand eines einfachen Beispiels. Es soll ein ehrlicher Vorher-Nachher-Vergleich stattfinden. Dabei besteht maximal die Möglichkeit, dass kein positiver Vorteil für den Kunden als Ergebnis übrig bleibt, jedoch kann es auf keinen Fall für den Kunden finanziell negativ sein.
- Die Erhebung von zeitbezogenen Verbrauchsdaten des Nutzers greift in die Privatsphäre der Nutzer ein. Daher muss das Thema Datenschutz angesprochen werden: Ungleich zu aktuellen Diskussionen über Google, doubleclick und Co<sup>17</sup> werden die gesammelten Daten nicht zu tailorisierten Werbeangeboten genutzt. Die erhobenen Daten werden nur für die Optimierung des eigenen Strombedarfs eingesetzt und zu anderen Zwecken genutzt oder gar an Dritte weitergegeben.
- Vor Vertragszeichnung werden dem Kunden der Zeitplan und die nächsten Schritte erläutert, sodass nicht nach Start des IRON-Einsatzes unerwartete Überraschungen aus Sicht des Kunden auftreten. Erläutert werden muss im Rahmen des Feldversuches, dass die aktuelle Installation zeitlich befristet ist, dass es aufgrund des Feldversuches zu Fehlern, Problemen und Abstürzen kommen kann und dass sich erst nach Auswertung des Feldversuches entscheidet, ob das System weitergeführt wird oder rückgebaut werden muss.
- Um die Einwilligung des Kunden zum Einsatz der IRON-Box zu dokumentieren muss der Zusatzvertrag zum aktuellen Energiebezugsvertrag gezeichnet werden. Danach kann mit der Installation der Box und der Optimierung des Strombezugs begonnen werden.
- Nach Vertragszeichnung sollte im Rahmen des Feldversuches zum Zweck der sozialwissenschaftlichen Begleitung (siehe in der Folge Task „Feldversuchsvorbereitungs-Analyse“) ein Interview mit dem Testnutzer durchgeführt werden, welches die aktuelle Verbrauchssituation, die Gewohnheiten und Einstellungen des Kunden aufnimmt und als Ist-Erhebung dokumentiert.

## Installation

- Grundsätzlich muss der Kunde im Rahmen des IRON-Betriebs möglichst wenig Arbeit haben. Dies beginnt bei der Installation, welche neben der physischen Installation der IRON-Box auch eine Schulungsfunktion für den Nutzer hat.
- Die Terminvergabe sollte flexibel sein und sich am Nutzer orientieren.
- Der Einbau soll schnell, einfach und staubfrei erfolgen. Im Zweifelsfall werden im Rahmen des Feldversuches lieber nur wenige Geräte durch die IRON-Box geschaltet, als dass grobe Eingriffe im Privatbereich des Kunden durchgeführt werden.
- Der Kunde will nach Einbau die IRON-Box genau erklärt bekommen. Dies umfasst einerseits die Einflussmöglichkeiten, welche die IRON-Box im Rahmen des derzeitigen Einbaus hat, und andererseits die Steuerungsmöglichkeiten,

---

<sup>17</sup> Vgl. <http://futurezone.orf.at/it/stories/263046/>, zuletzt abgerufen am 26. März 2008.

die der Kunde selbst über die IRON-Bedienoberfläche der Webseite vornehmen kann.

### **Laufender Betrieb**

- Nach Installation sollte im Sinne der Kundenzufriedenheit aber auch der sozialwissenschaftlichen Begleitung im Rahmen des Feldversuchs ein Anruf aus der Zentrale erfolgen, ob alles zur Zufriedenheit durchgeführt wurde, bzw. welche Probleme aufgetreten sind.
- Die aktuelle Verdienstabrechnung ist jederzeit im Login-Bereich der Webseite abrufbar. Ein Informationsdienst per SMS in kontinuierlichen Abständen sollte angeboten werden.
- Fehlermeldungen müssen automatisch in die Zentrale weitergeleitet werden. Dies sollte zweiseitig erfolgen: Einerseits durch eine regelmäßige „Ok-Meldung“ der Box an die Zentrale und andererseits durch eine aktive „Bist du ok?-Nachfrage“ der Zentrale an die Box.
- Ein vorzeitiges Abbrechen des Versuchs durch Kunden muss im Rahmen des abgeschlossenen Vertrages jederzeit möglich sein.
- Für den Notfall muss eine Desaktivierung der Stromoptimierung der IRON-Box durch einfaches „Stecker ziehen“ möglich sein.

### **Wartung und technischer Service**

- An den technischen Dienst werden im Rahmen des IRON-Einsatzes hohe Anforderungen gestellt. Neben der zeitlichen Flexibilität muss sich die Person gut in die Kundensicht hineinendenken können. Die Person muss genau wissen, wer wann was wo installiert und erklärt bekommen hat. Sie wird allein vor Ort agieren und daher das „traveling salesman“-Problem lösen müssen.
- Deshalb ist für den technischen Dienst eine hohe Standardisierung (Checklisten, Abnahmeprotokolle) notwendig. Auch das Back-Office muss mit einer entsprechend guten Dokumentation aufwarten können, um im Bedarfsfall die Unterstützung des technischen Dienstes fernmündlich durchführen zu können. Für die Inbetriebnahme und den Rückbau muss es Standard-Abläufe und Testprotokolle geben.
- Aus infrastruktureller Sicht sind ein Dienstwagen sowie ein robuster Laptop mit Internetzugang und Access zum IRON-Netzwerk erforderlich.

### **Rückbau**

- Zum Ende des Vertragsverhältnisses muss die Installation im Privatbereich des Kunden rückgebaut werden. Das Ende des Vertragsverhältnisses kann positiv sein, z. B. durch das Ende des Pilotprojektes, aber auch negativ durch etwaige Fehler oder eine Enttäuschung der Nutzererwartungen an das Projekt. Daher muss auch der Rückbau entsprechend professionell durchgeführt werden, um mögliche emotionelle Situationen nicht noch zu verstärken. Mindestanforderung an den Rückbau ist die Wiederherstellung des Systemzustands vor der Installation der IRON-Hardware.
- Nach der Durchführung des Rückbaus sollte wiederum ein Anruf aus der Zentrale über die Zufriedenheit mit der Arbeit erfolgen, außerdem im Rahmen

des Feldversuchs ein Interview zur Erhebung des Zustands nach der Durchführung des Projektes.

- Zur Wertschätzung des Kunden sollte zum Ende des Vertragsverhältnisses sowohl ein kurzer Abschlussbericht an Kunden ausgesandt werden, der das Informationsbedürfnis stillt, als auch ein kleines Dankeschön für das Engagement mitgeschickt werden, um auch die emotionale Seite anzusprechen und einen positiven Gesamteindruck zu hinterlassen.

Für die oben angeführten Punkte müssen in der Vorbereitung sowohl des wirtschaftlichen *roll-out* als auch des vorangehenden Feldversuches die entsprechenden Strukturen aufgebaut werden. Der Kundeprozess sollte trotz Feldversuch im Trockentraining bereits in der Vorbereitungszeit einige Male durchgespielt werden, um die Unterlagen zu optimieren und den technischen Dienst und die Person im Back-Office entsprechend einzuschulen und mit Informationen zu versorgen.

## Prototypische Testbeds

Ein wichtiger Schritt dieses Arbeitspakets sind erste, einem später in größerer Breite angelegten Feldversuch vorausgehende Tests an Prototypen. Dafür wurden im Sommer 2007 IRON-Boxen entsprechend der Beschreibung (unter AP3) hergestellt und in einem öffentlichen Gebäude im laufenden Betrieb getestet. Die ideale Testumgebung war dabei die Kläranlage der Gemeinde Großschönau im Waldviertel, wo mittels der IRON-Box die Schlammumpen gesteuert wurden, welche den Klärschlamm aus den Klärbecken in die Sedimentierzone pumpen.



Abbildung 61: Kläranlage Großschönau

Im laufenden Betrieb wurden dabei vor allem die grundlegenden Funktionen der IRON-Box geprüft: Kann sich die IRON-Box in der Kläranlage in Großschönau mit dem Server in Wien verbinden? Kann die Box die Schaltvorgänge der Pumpe erkennen? Kann die Pumpe gemäß einem einfachen Algorithmus in der Software der Zentrale geschaltet werden?



Abbildung 62: Schlammbecken der Kläranlage Großschönau

Die Testergebnisse waren dabei durchwegs positiv: Beide eingesetzten IRON-Boxen haben sich nach Beginn der Stromversorgung automatisch aktiviert und sich entsprechend der implementierten Routine in das IRON-Netzwerk eingewählt und als aktiv gemeldet. Von der IRON-Zentrale aus konnten die Boxen angesteuert werden und deren Aktivität protokolliert werden. Auch das Ein- und Ausschalten der angehängten Last, in diesem Falle der Schlamm pumpen, konnte durchgeführt werden.



Abbildung 63: Eingebaute IRON-Box-Prototypen im laufenden Betrieb

Die IRON-Boxen waren dabei geräuschlos in der Anwendung. Sie zeigen durch die eingebauten LED's den aktuellen Status an. Das automatische Einwählen hat durch den komplizierten Aufbau des Netzwerkes in Großschönau (eigenes gemeindeinternes Glasfasernetzwerk mit speziellen Modems und Router) zu Beginn nicht immer funktioniert. Diese Schwierigkeiten konnten jedoch noch am gleichen Tag durch entsprechende Anpassung der Einstellungen für die Kommunikation gelöst werden.

Die prototypischen Testbeds liefen im Rahmen des Forschungsprojektes ein halbes Jahr lang und lieferten wertvolle Daten zur Optimierung der technischen Lösung der IRON-Box, der Kommunikationsabläufe zwischen Endgerät und Zentrale und der Ausbildung der zentralen Softwareplattform.

## Feldversuchsvorbereitungs-Analyse

Während der gesamten zweiten Hälfte der Projektdauer haben sich die Beteiligten natürlich Gedanken über die nächsten Schritte zur wirtschaftlichen Umsetzung der IRON-Idee gemacht. Es ist notwendig, die IRON-Box und die Reaktionen der Kunden in einem Feldversuch abzutesten, bevor man mit einer solch neuen, innovativen Idee den Schritt in die breite Öffentlichkeit und den wirtschaftlichen *roll-out* setzt.

In Zuge diesem Arbeitspaket wurde eine vorbereitende Studie bezüglich der Initiierung und Vorbereitung dieses Feldversuchs gemacht.

### Ziele des Feldversuches sind damit:

- Der Praxistest der organisatorischen, rechtlichen und administrativen Überlegungen, welche im Zuge des vorliegenden Forschungsprojektes ausgearbeitet wurden.
- Die Akzeptanzevaluierung bei unterschiedlichen Nutzern.
- Die Effektivitätsmessung der IRON-Box im Praxiseinsatz durch statistische Erhebungen.
- Die präzise Feststellung der Wirtschaftlichkeit des IRON-Ansatzes durch eine Nachkalkulation der Investitionskosten und der Betreuungskosten.
- Die Optimierung der IRON-Box aufgrund von unterschiedlichen Praxisanforderungen durch die abschaltbaren Lasten aber auch durch die unterschiedlichen Kommunikationsanforderungen und Umgebungen, in denen die Box aktiv ist.
- Die Gesamtbewertung der IRON-Idee aufgrund der Feldergebnisse.

### Der Ablauf eines Feldversuchs kann folgendermaßen aussehen:

Laufzeit in Monaten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<b>AP1 - Projektmanagement</b>																						
<b>AP2 - Ausarbeitung des Pilotaufbaus</b>																						
2.1. Methodischer Aufbau des Pilotversuches																						
2.2. Festlegung des Zeitablaufs und der Arbeitsverteilung																						
2.3. Definition der Testhypothesen der Akzeptanzstudie																						
2.4. Festlegung der Art der Durchführung der begleitenden Analysen																						

Laufzeit in Monaten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>AP3 - Technische Pilotanbahnung</b>			■	■	■	■	■														
3.1. Festlegung der Test-Konfiguration der IRON-Boxen			■	■																	
3.2. Funktionaler Aufbau der IRON-Zentrale				■	■	■															
3.3. Anwendungsorientierter Aufbau der Webplattform für die Testnutzer					■	■	■														
<b>AP4 - Kundenseitige Pilotanbahnung</b>				■	■	■	■	■	■	■											
4.1. Erstellung aller organisatorischer Verträge und Dokumente				■	■	■	■														
4.2. Information von pot. Testkunden						■	■	■	■												
4.3. Durchführung der Kundenaquise							■	■	■	■											
<b>AP5 - Durchführung des Feldversuchs</b>								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
5.1. Installation der IRON-Boxen								■	■												
5.2. Einführung der Kunden, Beginn des Versuchszeitraums									■	■	■	■	■	■							
5.3. Sozialwissenschaftliche Begleitung									■	■	■	■	■	■							
5.4. Technische Betreuung und Wartung des Systems									■	■	■	■	■	■							
5.5. Ende des Versuchszeitraums und Rückbau der Testinstallationen																■	■				
<b>AP6 - Auswertung des Feldversuchs</b>																			■	■	■
6.1. Effizienz der IRON-Idee																			■	■	■
6.2. Akzeptanz der IRON-Idee																			■	■	■
6.3. Wirtschaftlichkeit der IRON-Idee																			■	■	■
<b>AP7 - Öffentlichkeitsarbeit</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Abbildung 64: Projekttablauf eines nachfolgenden Feldversuchs

Um die Effizienz der IRON-Box wissenschaftlich fundiert testen zu können, stellen sich nach derzeitigem Wissensstand folgende Anforderungen an den Feldversuch:

- Einbezug von Privat- und Firmenkunden mit möglichst unterschiedlichem Background in Bezug auf Alter, Beruf, Branche, Bildungsniveau, Betriebsgröße, Stromverbrauch, geografische Region, ...
- Erstellung von unterschiedlichen Testgruppen zur Beantwortung der Frage, wie stark die IRON-Box die Benutzer einschränkt:
  - Test-Sample „IRON +“ mit aktiver, eingebauter IRON-Box.
  - Test-Sample „IRON -“ mit nicht aktivierter, eingebauter IRON-Box.
  - Referenz-Sample ohne eingebaute IRON-Box.
- Einbindung von möglichst vielen betroffenen Gruppen, welche bei der Entwicklung weitere Schritte setzen können, z. B.:
  - Sozialwissenschaftliches Institut,
  - Regelzonenführer,
  - Hersteller von Geräten, die sich als virtuelle Lasten oder intelligente Verbraucher eignen,
  - Institut für Technikfolgenabschätzung, ...

#### Meilensteine des Feldversuchs:

Die wichtigen Meilensteine des Feldversuchs lassen sich auch in einer funktionalen Abfolge darstellen:

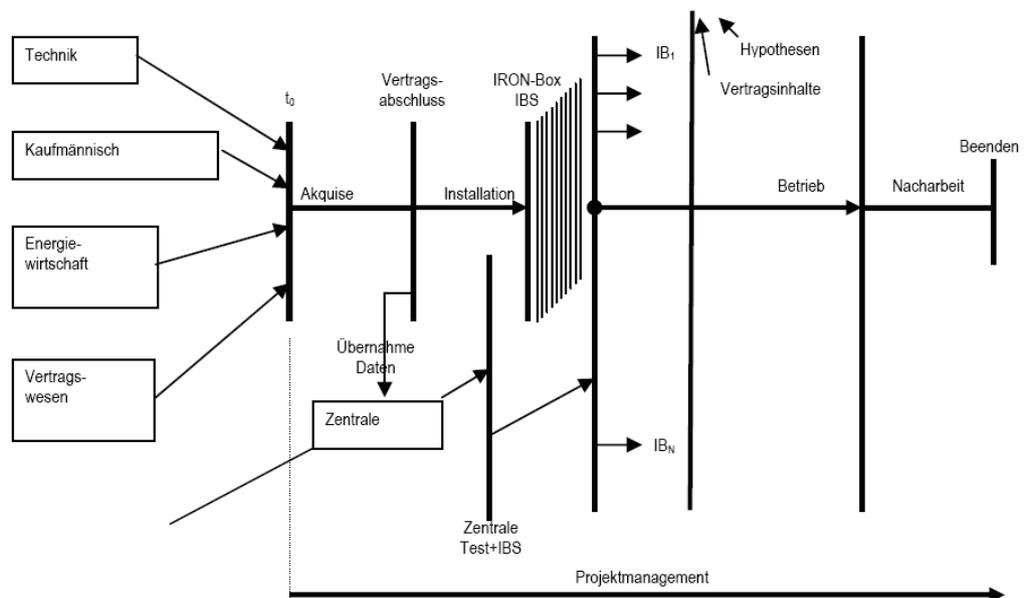


Abbildung 65: Funktionale Vorgehensweise bei einem nachfolgenden Feldversuch

**Meilenstein 1:** Vor Beginn der Kundenakquisition müssen alle technischen, kaufmännischen und administrativen Fragen geklärt sein.

**Meilenstein 2:** Je nach Zielsetzung des Feldversuchs (qualitative oder quantitative Auswertung der Ergebnisse) müssen zwischen 50 und 500 Kunden unter Vertrag genommen werden.

**Meilenstein 3:** Vor dem Start der Testlaufzeit müssen die Installationen bei den Kunden, der Zentrale und der Anwendungsplattform abgeschlossen sein.

**Meilenstein 4:** Der Feldversuch wurde erfolgreich durchgeführt.

**Meilenstein 5:** Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt nach den Gesichtspunkten Wirtschaftlichkeit, energietechnische Effizienz und Kundenakzeptanz.

Angesichts einer beschränkten Teilnehmerzahl und einer möglichen Aufteilung in unterschiedliche Referenzgruppen macht es Sinn, mit den Testkunden „nur“ individuelle Aspekte zu untersuchen, also nicht den Gesamteinfluss aufs Netz. Anhand der so gesammelten Daten kann dann eine fundierte Simulation einer großen Teilnehmerzahl durchgeführt werden, die erlaubt, die Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Durch die Simulation kann auch die energietechnische Effektivität auf das gesamte Netz geprüft werden und damit volkswirtschaftlich relevante Aussagen getätigt werden.

---

## 1.15 Öffentlichkeitsarbeit (AP6)

Ziel des Arbeitspunkt 6 ist es, die Inhalte und Ideen aus dem IRON-Projekt einerseits an eine breitere (Fach-)Öffentlichkeit zu bringen um dadurch den Bekanntheitsgrad zu erhöhen als auch auf diese Weise wertvolle Rückmeldungen zu erhalten, die ins Projekt einfließen. Das IRON-Projekt ist anlässlich einer Reihe nationaler und internationaler Fachtagungen und Konferenzen präsentiert worden, und darüber hinaus auch potentiellen Nutzern im Zuge von Publikumsmessen und persönlichen Gesprächen vorgestellt worden.

### Symposium Energieinnovation 2006, Graz

Im Rahmen der zweitägigen Fachtagung am 15. – 17. Februar 2006 in Graz wurde das von den Projektpartnern gemeinsam eingereichte Paper zum Projekt IRON als Vortrag für den STREAM D: ENERGIEEFFIZIENZ UND ENERGIESPAREN im Bereich Power-Demand-Side-Management ausgewählt. Herr Mag. Helmut Bruckner (Sonnenplatz Großschönau) präsentierte das Projekt vor einem internationalen Publikum. Die in der anschließenden Diskussion gewonnenen Erfahrungen wurden für die weitere Projektentwicklung aufgenommen. Neben dem Vortrag bei der Veranstaltung wurde das Projekt IRON unter dem Titel „Integral Resource Optimization Network“ im Konferenzband veröffentlicht.

### Rockwell Automation University 2006, Salzburg

Vom 10. – 12. Mai 2006 präsentierte der Forschungscluster AUTCOM (Automatisierungs- und Computertechnik) der TU Wien bei der Fachmesse "Rockwell Automation University" in Salzburg seine neuesten Forschungsergebnisse, darunter auch das Projekt IRON in Form einer Posterpräsentation. Automatisierungs- und Computertechnik ist ein Entwicklungsfeld, das in alle Lebensbereiche vordringt und von der Automation ganzer Fabriken bis zur Steuerung einer Fensterjalousie reicht. Der Forschungscluster AUTCOM an der Technischen Universität Wien zielt darauf ab, durch Kombination der umfangreichen Aktivitäten an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik in der Automations-, Informations- und Computertechnik interdisziplinäre Lösungen zu finden.



Abbildung 66: TU AUTCOM Stand auf der Fachmesse "Rockwell Automation University"

## INDIN 2006, Singapur

Auf der „4th International IEEE Conference on Industrial Informatics INDIN'06“ von 16. – 18. August 2006 in Singapur wird eine komplette Special Session mit dem Titel „IT and Energy“ vom IRON Team veranstaltet. In dieser Session präsentieren internationale Autoren von den USA bis nach Japan neueste Forschungsergebnisse im Umfeld der IRON-Idee. Dabei wurde selbstverständlich auch das IRON selbst im Zuge einer Präsentation durch den Projektleiter Friederich Kupzog, ICT vorgestellt und als Paper publiziert.

## BIOEM 2006 und 2007, Großschönau

Die erste Umweltmesse Österreichs, die Bioenergiemesse in Großschönau, wurde ebenfalls zu Vorstellung und Diskussion von IRON mit potentiellen Kunden genutzt (21. BIOEM, 15. – 18. Juni 2006, und 22. BIOEM, 7. – 10. Juni 2007, Großschönau). Die Posterpräsentation wurde jeweils an einem prominenten Platz im Zentrum der Halle „Bauen und Wohnen“ den jährlich über 30.000 Besuchern näher gebracht. Die erhaltenen Rückmeldungen fließen als Anregungen in die Themenbereiche Anreizmodell, in die Vertragsgestaltung und die Optimierung des Geschäftsmodells ein.



Abbildung 67: Projektvorstellung bei der 21. und 22. BIOEM

## IEWT 2007, Wien

Auf der 5. Internationalen Energiewirtschaftstagung in Wien vom 14. bis 16. Februar 2007, veranstaltet von der Energy Economics Group an der TU Wien, war das IRON-Projekt gleich zweimal vertreten. Zwei Einreichungen, einmal mit ökonomischen und einmal mit technischem Schwerpunkt, wurden angenommen. Die Beiträge wurden von Ewald Traxler (LINZ STROM Netz) und Friederich Kupzog (ICT) präsentiert.

Die etablierte Fachtagung fand in Zusammenarbeit mit der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ statt und bot einen idealen und fruchtbaren Rahmen zur Präsentation des IRON-Projektes im Kreis von Experten.

## CIREN 2007, Wien

CIREN, eines der führenden Foren für Energieverteilung und Übertragung, hält alle zwei Jahre eine Konferenz mit begleitender Ausstellung ab, die 2007 in Wien stattfand. Mit über 1100 Teilnehmern ist die CIREN-Konferenz eines der größten „Szenerevents“ für Netzbetrieb und Energiesysteme. IRON wurde von der Fachjury als Präsentation angenommen. Diese wurde von Karl Derler, GF LINZ STROM Netz, durchgeführt.

## INDIN 2007, Wien

Nachdem bereits auf der INDIN 2006 in Singapur eine spezielle Session mit IT-Lösungen für Energiesysteme eingerichtet war, wurden auf der INDIN 2007, die von 23. bis 27. Juli in Wien stattfand und vom Institut für Computertechnik veranstaltet wurde, gleich drei Spezial Session zu diesem Thema abgehalten:

- Energy Management and Micro Grids
- Power Markets and Energy Business
- e2050: Challenges in IT and Energy (in Zusammenarbeit mit dem BmVIT)

In jeder Session wurden vier Papers präsentiert, darunter auch ein Beitrag aus dem IRON Projekt zur Modellierung elektrischer Lasten als Energiespeicher für Lastmanagement durch Friederich Kupzog, ICT.



Abbildung 68: INDIN 2007

Durch die drei Sessions, die nacheinander am gleichen Tag stattfanden, ist es gelungen, eine kritische Masse von nationalen und internationalen Experten aus dem Bereich „IT & Energy“ zusammenzubringen. Im Anschluss an diese Sessions fand zusätzlich ein gesonderter Workshop ausschließlich zum Thema IRON-Projekt statt, zudem auch gesondert eingeladen wurde (siehe unten 3.8.8).

## IRON-Workshop, Wien

Ein Workshop zum IRON-Projekt unter dem Titel „Integrale Ressourcenoptimierung im elektrischen Netz“ fand am Dienstag, den 24.07.2007, als Zusatzveranstaltung im Zuge der INDIN 2007 statt. Der Workshop wurde in Zusammenarbeit mit der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ organisiert und durchgeführt. Die geladenen Gäste aus Wissenschaft, Industrie und Presse vertraten die folgenden Institutionen:

- Arsenal Research
- BmVIT
- COPA-DATA GmbH
- e-control
- EEG TU Wien
- Fachmagazin Metall
- Fachredakteur "Gebäude-Installation"

- FEEI
- Hereschwerke
- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
- Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft
- LINZ STROM GmbH
- NEW ENERGY Capital Invest GmbH
- Sonnenplatz Großschönau
- VERBUND-Austrian Power Grid AG
- WIEN ENERGIE Stromnetz GmbH
- Wirtschaftsblatt Kompakt

Den Teilnehmern war es auch möglich, im Vorfeld des Workshops die sich mit verwandten Themen beschäftigenden Sessions auf der INDIN 2007 zu besuchen.



**WORKSHOP**  
**Integrale Ressourcenoptimierung**  
**im elektrischen Netz**  
 Dienstag, 24.07.2007, 17:15 Uhr  
 Tech Gate Vienna, Raum 1.2

<p><b>Workshop-Programm</b></p> <p>8.00 - 17.15 Registrierung am INDIN 2007        Registration Desk (Eingangshalle)</p> <p>17.30 Vortragsblock:        Projektpräsentation IRON        H. Bruckner/Sonnenplatz Großschönau        F. Kupzog (ICT TU Wien)        K. Derler/Linz Strom GmbH</p> <p>18.15 Gemeinsame Diskussion und Ausklang        mit Buffet</p>	<p><b>Konferenz-Besuch inkludiert!</b></p> <p>Unser Workshop findet am Rande der 5th International IEEE Conference on Industrial Informatics (INDIN 2007) statt. Als Workshop-Teilnehmer haben Sie dort die Gelegenheit, die untenstehenden Sessions zu besuchen. Ihr Workshop-Badge dient als Eintrittskarte</p> <p>10:20 - 12:05 [S01-1] Energy Management and Micro Grids (Raum 1.2)</p> <p>13:35 - 15:20 [S01-2] Power Markets and Energy Business (Raum 1.2)</p> <p>15:30 - 17:00 [S08-1] e2050: Challenges in IT and Energy (Raum 1.2)</p>
---	--

Die Workshopssprache ist **Deutsch**.  
 Mehr Informationen zum IRON-Projekt finden sie unter [www.ironstudy.org](http://www.ironstudy.org).

Die Konferenzsprache ist **Englisch**.  
 Mehr Informationen zu den Sessions und zur INDIN 2007 finden sie unter [www.indin2007.org](http://www.indin2007.org).



Abbildung 69: Programm IRON-Workshop 2007

In einem 45-minütigen Vortragsblock wurden die Inhalte des IRON Concept-Projektes von Helmut Bruckner (Sonnenplatz), Karl Derler (LINZ STROM GmbH) und Friederich Kupzog (ICT) vorgestellt. Anschließend fand eine Diskussionsrunde statt, in der verschiedene Blickwinkel, Anregungen und Kritikpunkte gesammelt wurden.

## FeT, Toulouse

Die "7. IFAC International Conference on Fieldbuses & Networks in Industrial & Embedded Systems 2007" fand vom 7. bis 9. November an der Universität Toulouse (Toulouse II – Paul Sabatier, INPT – ENSEEIHT) statt. Zentrales Thema der FeT sind Kommunikationsbusse für industrielle Anwendungen. In Form einer Paper-Präsentation wurde das Kommunikationskonzept des IRON-Systems diskutiert (Echtzeitkommunikation über die Netzfrequenz, zeitunkritische Kommunikation über das Internet). Vom Fachpublikum (vorwiegend aus der Wissenschaft, Flugzeug- und Automobilindustrie) wurden fruchtbare Anregungen gegeben, welche in die endgültige Ausgestaltung des technischen Konzepts von IRON eingeflossen sind.

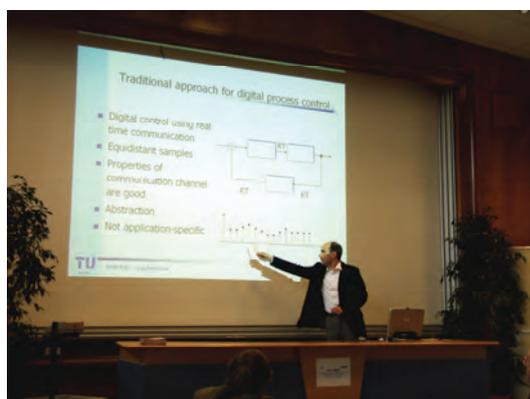


Abbildung 70: Präsentation der IRON Kommunikationsansätze (Nutzung der Netzfrequenz) auf der FeT '07

## Future Search & Assessment „Energie und Endverbraucher“

Ausgangspunkt des Projekts Future Search & Assessment „Energie und EndverbraucherInnen“ bildet der Themenbereich „Energie und Endverbraucher“ des Forschungsprogramms „Energie der Zukunft“. Das Projekt wurde vom Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) im Auftrag des Rats für Forschung und Technologieentwicklung (RFT) und zweier Ministerien (BMVIT und BMWA) durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden im Zuge eines vorbereitenden Workshops mit Medienfachleuten, KonsumentenvertreterInnen und BürgerInnen die Themenfelder und Forschungsfragen aus dem Programmpunkt *Energie und Endverbraucher* vorgestellt und eingehend diskutiert. Die aus Sicht der TeilnehmerInnen wichtigsten Themen wurden für die weitere Bearbeitung im Rahmen einer partizipativen Hauptveranstaltung am 24. und 25. November ausgewählt, an der 36 Bürgerinnen und Bürger aus ganz Österreich teilgenommen haben. Eines dieser Themen war „Intelligente Stromzähler und IRON-Box“. IRON-Projektleiter Friederich Kupzog wurde zu dieser „BürgerInnenkonferenz“ als Experte eingeladen. Es bot sich hier die einmalige Gelegenheit, mit Vertretern der IRON-Zielgruppe *Endverbraucher*, die ansonsten eher schwer zu fassen ist, direkt in Dialog zu treten. Ein wichtiges Ergebnis der Veranstaltung war, dass das IRON-System von den Endverbraucherinnen und Endverbrauchern insbesondere da gesehen wurde, den bewussten Umgang mit elektrischer Energie zu fördern. Verdienst- bzw. Einsparmöglichkeiten durch eine Teilnahme am IRON-Pool würden als weniger wichtig eingestuft.



# Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

---

## 1.16 IRON Concept und die Ziele der Programmlinie

Die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ zielt auf systemübergreifende Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz, zur besseren Einbettung erneuerbare Energieträger und Erhöhung der Flexibilität ab. Das in Projekt konzipierte System schafft Technologien und Werkzeuge die systemische Reibungspunkte, suboptimale Prozesse und Fehlverhalten aufgrund mangelnder Information auflöst. Ganz im Sinne der Nachhaltigkeit wird dadurch das aktuelle Energiesystem optimaler zu betreiben und durch die Nutzbarmachung bislang verschlossener Freiheitsgrade die Gesamteffizienz erhöht.

Im Projekt IRON Concept wurde ein neuartiges Konzept ausgearbeitet, bei dem die Verbraucher elektrischer Energie ihre Flexibilitäten in Bezug auf die zeitliche Gestaltung ihres Energieverbrauchs als Dienstleistung dem Stromnetz zur Verfügung stellen. Es wurde dabei die Frage beantwortet, wie in einem zukünftigen Energiesystem die Maßnahme des elektrischen Lastmanagement (Demand Response, Demand Side Management) marktorientiert als Serviceleistung in den Netzbetrieb eingebettet werden kann, nämlich einerseits durch zeitvariable Energietarife und andererseits durch Bereitstellung von Regelenergie auch durch die Verbraucherseite im elektrischen Netz. Diese Dienst- bzw. Serviceleistung der zeitlichen Verbrauchsverlagerung kann von allen Verbrauchern im elektrischen Netz angeboten werden (Haushalte & Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie sowie Öffentlicher Sektor und auch Großverbraucher im Dienstleistungssektor), wobei die Kosteneffizienz mit der Größe des Energieverbrauchs pro Standort zunimmt. Durch die Ausgestaltung des IRON-Konzepts bettet sie sich in die heute gültigen bzw. mittelfristig erwartbaren technischen und organisatorischen Mechanismen des Stromnetzes ein. Das Energiesystem „Stromnetz“ wird dabei insbesondere in drei Hinsichten im Sinne der Programmlinie verändert:

1. Die Integration erneuerbare Energieträger wird erleichtert. Die zunehmende Anzahl fluktuierender Einspeiser, deren zeitliches Einspeiseprofil nicht exakt bestimmbar ist, führt zu einem steigenden Bedarf an Regelenergie, welche benötigt wird, um kurzfristige Balanceschwankungen zwischen Erzeugung und Verbrauch schnell und effektiv auszuregeln. Das IRON-System eröffnet den Zugang zu einem sehr großen Regelenergie-Potential auf der Verbraucherseite. Kurzzeitige Unterversorgung des Netzes wird dann nicht mehr durch schnelles Hochfahren zusätzlicher Einspeisung, sondern (auch) durch kurzfristige Verringerung des Verbrauchs abgedeckt. Das Nachholen des nicht-getätigten Energiebezugs (Rebound-Effekt) geschieht zu einem Zeitpunkt, wo das Netz überversorgt ist.
2. Treibhausrelevante Emissionen können durch das IRON-System vermieden werden. Zur Abdeckung von Spitzenlast und zur Bereitstellung kurzfristiger Regelenergie müssen schnelle, aber ineffiziente Kraftwerke eingesetzt werden (im Gegensatz zu effizienten, aber trägen Grundlastkraftwerken). Durch die Einführung zeitvariabler Tarife wird der Spitzenlastbedarf verringert, und durch die Bereitstellung von Regelenergie durch das IRON-System (Pool aus flexiblen Verbrauchern) können Regelenergiekraftwerke zu Grundlastkraftwerken umgewandelt werden. Auf diese Weise wird die Effizienz im Energiesystem erhöht und Treibhausrelevante Emissionen verringert.
3. Die eingesetzte IRON-Technologie fördert das Bewusstsein für ökoeffizientes Wirtschaften. Energiekunden, welche Ihre Serviceleistung durch IRON dem Netz bereitstellen, werden sensibilisiert für die Problematik und gehen Bewusster mit elektrischer Energie um. Dies gilt für alle Sparten von der Industrie bis zum Haushaltskunden.

Dies wird erreicht durch drei Kerninnovationen, deren Umsetzung im Rahmen des Projektes konzipiert wurde:

1. Strukturelle Innovation: Das elektrische Energiesystem wird durch mehr Informationsfluss zwischen den Netzteilnehmern so umgestaltet, dass auch die Verbraucher und kleine Einspeiser aktiv an der Netzregelung teilnehmen können.
2. Technologische Innovation: Durch die Einführung eines geeigneten „Lastagenten“ (im Projekt: die IRON-Box) werden ausgewählte Lasten und Kleinerzeuger mit lokaler technischer Intelligenz ausgestattet. Das System ist dabei so gestaltet, dass die Netzstabilität nicht beeinträchtigt wird. Auch im Falle des Ausfalls der Kommunikationsinfrastruktur können die lokalen Lastagenten (IRON-Boxen) autonom agieren.
3. Soziale Innovation: Der Energieverbraucher nimmt nicht nur eine Dienstleistung in Anspruch (Energiedienstleistung), sondern er wird selbst zum Dienstleistungsanbieter: er stellt sein Lastverschiebungspotential dem Netz zur Verfügung und wird dafür vergütet. Dieser Paradigmenwechsel in der Rolle des Verbrauchers führt zu weitreichenden Änderungen im Verbrauchsverhalten und zu einem bewussteren Umgang mit der Ressource elektrische Energie. Die Transparenz für den Endverbraucher wird erhöht. Börsenpreise können an den Endverbraucher weitergegeben werden, der Markt wird elastischer. Obskure und undurchblickbare Vorgänge werden durch ein Mehr an Information besser handhabbar, für jeden der daran Teil hat.

Im Projekt wird ein Großteil der im Rahmen der Programmlinie definierten Leitprinzipien umgesetzt.

- Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung: Es wird eine Dienstleistung konzipiert, die eine marktbasierete Effizienzsteigerung im elektrischen Netz umsetzt. Die IRON Dienstleistung zielt dabei auf alle in Frage kommenden Zielgruppen ab: Haushalte & Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie sowie Öffentlicher Sektor und Großverbraucher im Dienstleistungssektor.
- Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen: Das Projekt trägt zur besseren Netzintegration von Erzeugung aus erneuerbaren (fluktuierenden) Energiequellen bei, da durch Lastmanagement der zusätzliche Regelenergiebedarf in Netz gedeckt werden kann.
- Effizienzprinzip: Durch eine Verringerung des Regelbedarfs auf der Erzeugerseite kann die Energieaufbringung effizienter gestaltet werden.
- Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit: Durch Steigerung der lokalen technischen Intelligenz beim Energieendverbraucher (und auch bei kleinen Einspeisern), die im Projekt durch die „IRON-Box“ realisiert wird, passen sich die Teilnehmer im elektrischen Netz besser in den Netzbetrieb ein und können flexibel und adaptiv auf Veränderungen des Netzzustandes reagieren.
- Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge: Durch die im Projekt konzipierte Bereitstellung von Regelenergie durch einen Pool aus vielen Einzelverbrauchern wurde eine fehlertolerante technische Lösung gefunden. Der Ausfall einzelner Komponenten hat nur einen sehr geringen Einfluss auf das Gesamtsystem. Da die Einzelkomponenten weitgehend autark agieren, ist der Ausfall zentraler Komponenten im IRON-System (der IRON-Server) unkritisch, solange die Ausfallzeit kurz (unter einem Tag) bleibt.

---

## 1.17 Beitrag zu den Kriterien der Programmlinie

### Beitrag zur österreichischen Forschungs- und Entwicklungskompetenz

Das Projekt baut heimische Kompetenz am emergierenden 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 Kompetenzzentrum in Energiesystemfragen werden, wenn Forschung und Wirtschaft eng in dieser innovativen Disziplin zusammenarbeitet. Der Markt ist final 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 – mit den entsprechenden Gremien in IEC und ISO – erarbeitet werden. Eine Plattform wie das angestrebte System muss herstellerunabhängig sein, um eine kritische Masse an Betreibern, Kunden und Technologielieferanten zu bekommen.

IRON Concept strebt eine Referenzimplementierung der entwickelten Konzepte bezüglich neuer Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich elektrische Energie an. Diese Implementierung soll (natürlich) in Österreich stattfinden, ebenso die zugehörige Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Erklärtes Ziel ist es, mit Hilfe von Folgeprojekten, eine Produkteinführung auf Basis eines Feldversuchs in Österreich durchzuführen. Das Forschungsfeld der Aufwertung des historisch gewachsenen Elektrizitätssystems mit Hilfe moderner Informationstechnologien wird sicherlich in Zukunft stark im Kommen sein. Hier von Anfang an bei den Ersten dabei zu sein, stellt ein enormes Potenzial dar. Das Projekt ist der Grundstein für eine Technologieentwicklung, die wesentlich zur nachhaltigeren Gestaltung des Energiesystems beiträgt (höhere Effizienz beim Verbrauch und bessere Einbindung dezentraler, aus erneuerbaren Energieträgern erzeugter Energie sind möglich). Die direkte Anwendung der entwickelten Technologien bringt strategische Vorteile für Österreich im Europäischen Energieverbund, deren Vermarktung bringt weiteren (volks)wirtschaftlichen Nutzen.

Die Vorteile für Österreich liegen unter anderem in folgenden Bereichen:

- Steigerung der Effizienz der österreichischen Energieversorgung
- Entschärfung der drohenden Engpässe,
- Erhöhung des system-verträglich eingebundenen Anteils (stochastischer) dezentraler Erzeugung
- Belebung des Arbeitsmarktes durch hochinnovative Produkte
- Schaffung eines Systems mit großem Exportpotenzial

Der angestrebte Feldversuch soll ein vorbildhaftes Beispielprojekt sein, das die Stärken des Systems unter Beweis stellt.

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 von dem System berücksichtigt werden. Ohne Mehraufwand werden so zum Beispiel ungewöhnliche

und bislang vielleicht unmögliche Betriebszeiten von lokalen Kraft-Wärmegekoppelten Anlagen in die globale Optimierungsstrategie eingebettet.

## **Beitrag zu den ausgewählten Themenstellungen der 2. Ausschreibung**

Das vorliegende Projekt IRON Concept gliedert sich in den Punkt 3 der 2. Ausschreibung „Energiesysteme der Zukunft“ ein, und zwar in den Bereich *Innovative Produktions- und Dienstleistungssysteme*, Unterpunkt *Neue Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz*. Des Weiteren leistet das Projekt einen Beitrag zu Punkt 2 *Netzintegration und -management in Zusammenhang mit dezentraler Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger*.

In Übereinstimmung mit der Zielsetzung dieser Ausschreibungspunkte wird in IRON Concept ein innovatives System bzw. eine Dienstleistungen konzipiert, das in Bezug auf die Programmlinie insbesondere folgende Eigenschaften aufweist:

- **Bessere Netzintegration erneuerbarer Energieträger:** durch die Möglichkeit, durch des IRON-System Primärregelenergie für das Netz bereitzustellen, entschärft das Konzept die Problematik des steigenden Bedarfs an Regelenergie bedingt durch die vermehrte Integration fluktuierender Erzeugung.
- **Lösung spezifischen Anforderungen zur Netzintegration (auch im Zusammenhang mit Lastmanagement):** Das IRON-System sieht eine Bereitstellung von Regelenergie durch Lasten im elektrischen Netz vor, löst also die Problematik des steigenden Bedarfs an Regelenergie durch intelligentes Lastmanagement. Durch die Bereitstellung von Regelenergie durch elektrische Verbraucher werden Regelkraftwerke entlastet. Je mehr Ausgleichsaufgaben durch die Lasten übernommen werden, um so mehr Kraftwerke können fest im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, was die Effizienz maximiert und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den gegebenen Freiheitsgraden minimiert.
- **Steigerung der Energieeffizienz:** Das IRON-Konzept sieht vor, durch zeitvariable Energietarife und/oder Regelleistungsbereitstellung den Bedarf an schnell veränderlicher Erzeugungsleistung (Spitzenlast- bzw. Regelkraftwerke) zu verringern. Diese können durch effizientere Grundlastkraftwerke ersetzt werden. Damit einher geht eine Optimierung des Gesamtsystems „elektrisches Netz“.

Durch die Kostenreduktion im Technologiebereich in den letzten Jahren ist es möglich geworden, die für die Verbesserung des Systems notwendigen Komponenten kostengünstig herzustellen und mit zuverlässiger Hard- und Software auszustatten. Dadurch wird trotz der geringen Spannen am Energiemarkt der Einsatz der in diesem Projekt vorbereiteten Technologie ökonomisch erstmals sinnvoll. In absehbarer Zukunft ist mit einer weiteren Verbesserung der Situation aus Sicht der IRON-Technologie zu rechnen. Um die damit verbundenen strukturellen Änderungen im System abschätzen zu können, wurden bei der Durchführung des Projekts bereits in Konzept-Phase sowohl die späteren Nutzer – durch die beteiligte Kommune Großschönau – als auch ein Netzbetreiber beteiligt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Schnittstelle zum Kunden gelegt: "Welche Ressentiments gegen einen vermehrten Einsatz von Automationstechnologie in diesem Bereich herrschen vor? Wie können die Nutzer für die Technologie gewonnen werden? Welche Auswirkungen hat die Technologie auf das tägliche Leben der Nutzer?" Diese Fragen wurden untersucht und beim Design des technischen Konzepts berücksichtigt.

## Wie werden Zielgruppen in das Projekt und die Umsetzung mit einbezogen

Es konnte ein sehr ausgewogenes Projektkonsortium zusammengestellt werden, das aus Vertretern aller später am geplanten System beteiligten Gruppen besteht. Das Team setzt sich zusammen aus einem Forschungsinstitut im Informations- und Kommunikationsbereich, einem Energieversorgungsunternehmen, einem Energiedienstleister und Technologieprovider, tätig im Bereich Energiedatenerfassung/Energiemanagement, einem kommunal/regionalen Partner mit langjähriger Erfahrung bei der Initiierung und Umsetzung innovativer Energieprojekte sowie einem direkten Forschungskontakt zu einem äußerst renommierten US-Forschungslabor auf dem Gebiet der Energieeffizienz. Die Bedürfnisse der Elektrizitätskunden, Lieferanten und Netzbetreiber werden berücksichtigt und aufeinander abgestimmt. Der Kunde wird auch als Nutzer betrachtet. Individuell psychologische Aspekte die Akzeptanz des Systems betreffend einerseits, aber auch soziologische, administrative, organisatorische und (kommunal-)politische Aspekte die Umsetzung des Systems betreffend andererseits wurden mit Hilfe des regionalen Partners in der Praxis ausgelotet. Auf der Seite der technologischen Infrastruktur besteht beim Antragsteller große Forschungs-kompetenz und eine langjährige Erfahrung.

Die Zielgruppe des Endnutzers wurde zusätzlich durch weitere Maßnahmen berücksichtigt. Zunächst wurde eine Umfrage durchgeführt, bei der potentielle IRON-Nutzer die Technologie aus ihrer Sicht bewertet haben.

Das Ergebnis zeigt, dass die Kunden der IRON-Box und der damit verbundenen Dienstleistung folgende Attribute zuschreiben:

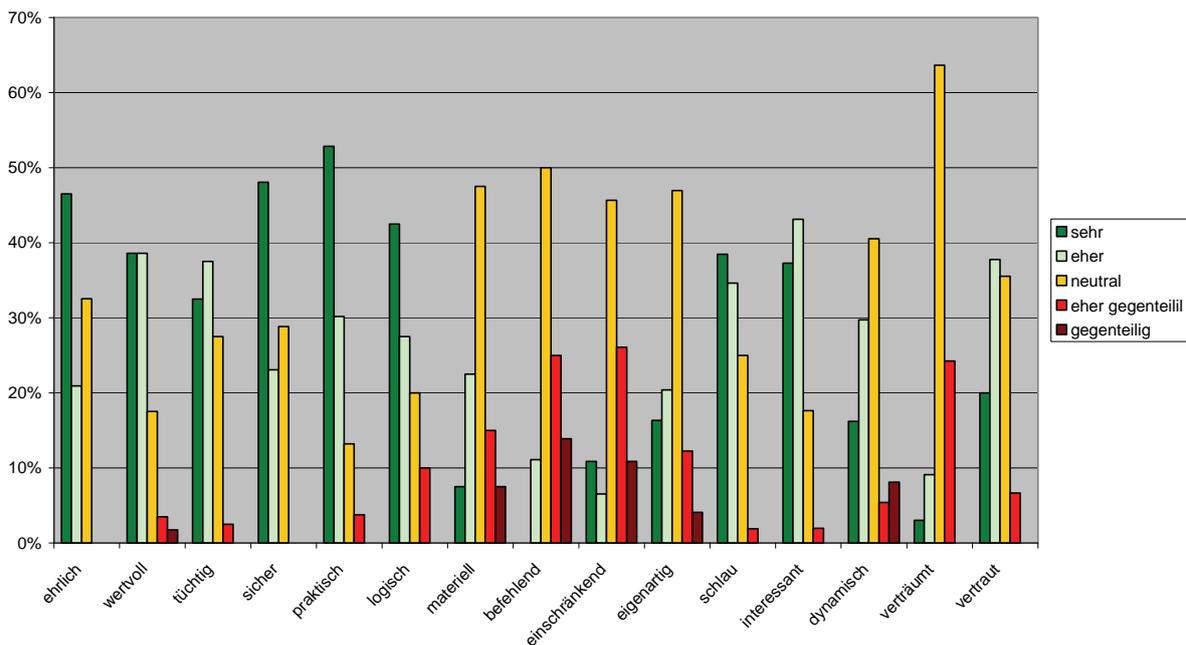


Abbildung 71: Intuitive Werteszuschreibung zur IRON-Box

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass mit der IRON-Dienstleistung durchwegs positive Werte verbunden werden. Auch die abgefragte Befürchtung, dass die IRON-Box eventuell als einschränkend oder befehlend aufgefasst werden könnten, wird durch die Befragten widerlegt.

Eine konkretere Einbeziehung potentieller IRON-Anwender wurde zum Zeitpunkt der Durchführung des Projektes als nicht sinnvoll angesehen. Dies soll erst dann geschehen, wenn das Stattfinden und der Zeitplan des geplanten Pilotversuches feststehen.

Dann jedoch ist eine gezielte Informationskampagne vonnöten, die zum Ziel hat, möglichst viele Testkunden für den Pilotversuch und den Einsatz der IRON-Box zu gewinnen. Die wichtigsten mit der IRON-Box positiv assoziierten Eigenschaften aus werblicher Sicht sind dabei die Adjektive „praktisch“, „wertvoll“, „ehrlich“ und „interessant“. Aufgrund der oben genannten Wertezuschreibungen wird sich das Layout der Informationskampagne an folgende Richtlinien halten:

- Das Grundthema einer Bewerbung sollte auf der rationellen Ebene aufbauen und den praktischen Nutzen der IRON-Box hervorheben. Damit sollte die allgemeine Werbegestaltung eher sachlich und schlicht gehalten sein. Ein einfaches, klar strukturiertes Layout ist einer graphisch verspielten Linie vorzuziehen.
- Durch gezielte rhetorische Fragen kann das Interesse der Zielgruppe geweckt werden. Dies wird durch die positive Eigenschaft „interessant“ unterstrichen, welche nahelegt, dass eine ähnliche Dienstleistung derzeit nicht bekannt ist und damit der positive Schwung einer Innovation voll ausgenutzt werden kann.
- Das Thema „ehrlich“ kann durch Beispielrechnungen verstärkt werden. Durch Kausalargumente kann einerseits der Handlungsbedarf aufgezeigt werden: „Bei jährlich steigenden Energiekosten ist es sinnvoll, sofort Schritte zur Reduzierung der persönlichen, monatlichen Fixkosten zusetzen.“ Andererseits kann auf den Mehrwert im Verlauf der Nutzungsdauer optimal hingewiesen werden.
- Einer möglichen Negativargumentation kann durch gezielte Textpassagen entgegengewirkt werden: „Nutzen Sie die Möglichkeit, selbst über die Höhe Ihrer Stromrechnung bestimmen zu können.“
- Durch praktische Beispiele mit möglichen Einbaubeispielen kann dem Thema „eigenartig“ vorgebeugt werden.

### **Welcher wesentliche potenzielle Nutzen ergibt sich für die Zielgruppen**

Die am Einsatz der IRON-Technologie beteiligten Rollen (und damit auch Zielgruppen) sind

- Netzbetreiber
- Stromlieferanten
- Regelzonenführer
- Der IRON-Betreiber (kann aber muss nicht Netzbetreiber sein)
- Energiekunde

Primäre Zielgruppe ist der Energieendkunde, der seinen Nutzen aus der Vergütung der von ihm angebotenen Netzdienstleistung „Lastverschiebung“ zieht. Das genauere Beziehungsgeflecht, die Rollen und der Nutzen des IRON-Systems alle Rollen ist im Detail im Arbeitspunkt „Markt“ behandelt worden (siehe Abschnitt 1.10). Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte zusammenfasst.

Im Marktmodell **Variabler Strompreis** wird die wirtschaftliche Idee verfolgt, Energiebezug zu Zeiten mit hohen Preisen zu vermeiden und falls nötig, diese Energie zu Zeiten niedriger Energiepreise entweder im Voraus oder im Nachhinein zu beziehen. Als technische Anforderung für die Realisierung dieses Marktmodells besteht die Notwendigkeit, insbesondere bei kleineren Kunden, die Messanlage zu erweitern und geeignete Kommunikationseinrichtungen zu installieren.

Hinsichtlich der rechtlichen Rahmenbedingungen ist zwischen den öffentlichrechtlichen und den privatrechtlichen Bedingungen zu unterscheiden. Die öffentlichrechtli-

chen Rahmenbedingungen (Regeln des liberalisierten Marktes) lassen die Realisierung eines solchen Modells ohne Änderung zu, wenn der IRON-Provider als Lieferant akkreditiert ist und als solcher auch auftritt.

Die privatrechtlichen Rahmenbedingungen werfen dann keine rechtlichen Probleme auf, wenn der bisherige Lieferant auch als IRON-Provider tätig wird. Dieser Status ist für alle anderen Fälle jederzeit durch einen entsprechenden Lieferantenwechsel herbeiführbar, so dass auch im Bereich der privatrechtlichen Rahmenbedingungen keine grundsätzlichen Probleme bestehen. Es ist jedoch notwendig, für die Umsetzung eines IRON-Produktes einen geeigneten neuen Stromliefervertrag abzuschließen.

Der wirtschaftliche Anreiz dieses Modells ist im Allgemeinen beim derzeit bestehenden Strompreis relativ gering und liegt in einer Größenordnung von 5% bis 6%. Aus diesem Grund ist eine wirtschaftliche Umsetzung dieses Marktmodells erst bei Kunden mit einem größeren Potential möglich. Damit ist eine Realisierung dieses Modells insbesondere bei größerer Bezugsleistung als realistisch anzusehen.

Die technischen Rahmenbedingungen für das Marktmodell **Bereitstellung von Regelenergie** sind in den Regeln der Übertragungsnetzbetreiber weitgehend eindeutig dargestellt und können für die Entwicklung des Modells grundsätzlich verfügbar gemacht werden. Offen sind derzeit noch die legislativen Rahmenbedingungen für die Einführung eines Marktes, wobei hier eine Differenzierung vorgenommen werden muss:

**Primärregelung** – Die Einführung eines Marktmodells für die Bereitstellung von Primärregelenergie ist im Energieversorgungssicherheitsgesetz 2006 (EVG 2006) grundsätzlich vorgesehen. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Umsetzung in den Landesgesetzen bzw. den Marktregeln, die Bereitstellung dieser Art von Regelenergie auch aus dem IRON-Konzept zulässt. Die organisatorische Umsetzung dieses Marktmodells erfordert noch intensive Detailarbeit, in welche insbesondere der betroffene Regelzonenführer mit einzubinden ist, um ein konsistentes System erarbeiten zu können. Die wirtschaftlichen Anreize beim Primärregelenergiemodell scheinen aufgrund der verfügbaren Marktindikationen in geeignetem Ausmaß entstehen zu können. Die endgültige Aussage dazu kann aber erst abgeleitet werden, wenn das Marktmodell des EVG 2006 tatsächlich installiert ist. Dies betrifft auch die grundsätzliche Realisierbarkeit dieses Marktmodells. Es wird also wesentlich davon abhängen, wie letztlich die Marktregeln für die Bereitstellung der Regelenergie konzipiert sind.

**Sekundärregelung** – Anders sieht die Situation bei einem Marktmodell „Bereitstellung von Sekundärregelenergie“ aus. Die Einrichtung eines Marktes für Sekundärregelenergie ist in Österreich derzeit legislativ nicht vorgesehen und deshalb auch nicht umsetzbar.

**Tertiärregelung** – Die Realisierung des Marktmodells „Bereitstellung von Tertiärregelenergie“ (Minutenreserve) wäre derzeit grundsätzlich schon möglich, weil es einen Markt für die Bereitstellung von Minutenreserve gibt. Technisch wäre vorzusehen, dass ein Abruf von Minutenreserve durch den Regelzonenführer ausreichend rasch und sicher zu den einzelnen IRON-Teilnehmern (Kunden) weitergeleitet wird, und in den Messreinrichtungen nachvollziehbar dokumentiert wird.

Zusammengefasst kann für das Modell Regelenergie festgelegt werden, dass ein nicht unerheblicher wirtschaftlicher Anreiz vorliegt, diese Modelle umzusetzen und damit auch eine Rentabilität dieser Modelle wahrscheinlich ist. Die Akzeptanz durch die Kunden wird für das Primärregelenergiemodell wegen der kurzen Eingriffszeit (geringe Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der Geräte) am höchsten Akzeptanz sein. Die Umsetzung des Minutenreserveenergiemodells lässt aufgrund der zu erwartenden langen Einsatzdauer eine erhebliche Beeinträchtigung der Energie-Dienstleistungs-

qualität erwarten. Daher wurde bei der Konzeption des technischen Modells für IRON die Primärregelung gewählt.

### **In welcher Weise ist das Projekt geeignet, marktfähige Technologieentwicklungen zu initiieren bzw. zu stärken**

Nach der Entwicklung des IRON-Konzepts soll im Folgeprojekt ein Feldversuch vorbereitet werden, in dem dann 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. User-freundliches Design („Plug & Work“) besitzt von Beginn an einen hohen Stellenwert. Die Akzeptanz des Systems durch die späteren Nutzer wurde ständig im Auge behalten.

### **Umsetzungs-Potenziale der Projektergebnisse**

Mit IRON wird ein Konzept für eine Optimierungs- und Dienstleistungsplattform für Elektrizitätssysteme auf Grundlage einer durchgehenden, einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur ausgearbeitet, ein *Integral Resource Optimisation Network*. Durch die Einführung dieser Kommunikationsinfrastruktur kann der zukünftig höhere Koordinationsbedarf erfüllt werden und es wird insbesondere eine Grundlage zur Ausnutzung von bisher ungenutzten Effizienzpotentialen gelegt, wie z. B. die Nutzung verteilter Energiespeicher und die Bildung virtueller Kraftwerke. Potentielle virtuelle Energiespeicher, d.h. Heizsysteme, Kühlsysteme, energiespeichernde Industrieprozesse etc., bei denen es möglich ist, den Energieverbrauch zeitlich in gewissem Rahmen zu disponieren, werden über eine „IRON-Box“ an die IRON-Infrastruktur angebunden. Auf diese Weise werden Sie Teil eines verteilten Koordinationsnetzwerkes, welches selbstständig den optimalen Betriebsablauf des Gesamtsystems unter den gegebenen Freiheitsgraden bestimmt und realisiert. Die IRON-Box erlaubt das gezielte Ein- und Ausschalten von Geräten aufgrund von externen Signalen (Frequenz, Preis, Leistung bestimmter Kraftwerke etc). Damit kann der Stromverbrauch dem Stromangebot besser angepasst werden, was letztendlich zu einer effizienteren Nutzung des Stromnetzes führt und zu dessen Sicherheit bzw. Stabilität beiträgt. Ziel des Projektes ist es, ausgehend von den aktuell geltenden Voraussetzungen im elektrischen Energiesektor, ein vollständiges Konzept für den profitablen Betrieb eines IRON auszuarbeiten, welches dann in einem anschließenden Feldversuch umgesetzt werden kann.

Aus Sicht des Strom-Kunden bzw. des zukünftige Nutzer der IRON-Infrastruktur wird eine Einschränkung in der zeitlich beliebigen Stromnutzung durch geringere Kosten attraktiv. Wesentlich für die Profitabilität ist, wie der Kunde seinen Strom bezieht und wie hoch der Energiebedarf des Kunden ist. Eine Betrachtung unterschiedlicher Kundensegmente zeigt, dass besonders zwei Segmente interessant sind: einerseits die Haushaltskunden aufgrund der großen Anzahl, und andererseits die Großkunden, deren Bereitschaft am Projekt IRON teilzunehmen voraussichtlich überdurchschnittlich hoch sein wird, da sich diese Kunden den größten Nutzen durch die IRON-Box erwarten können. Der private Kunde kann sich den Wechsel seines Stromanbieters ab einer Einsparung von etwa 15 % vorstellen. Bei Firmenkunden mit höheren Stromkosten liegt diese Rate entsprechend niedriger. Nicht-monetäre Anreize wie Imageverbesserungen in den Bereichen Innovation und Ökologie spielen zwar im Durchschnitt für den Kunden nur eine untergeordnete Rolle, müssen jedoch vor allem zu Beginn des Projektes ausschlaggebend für z. B. die Teilnahme an einem Feldversuch sein.

Unsere Analysen zeigen, dass insbesondere die Einführung von variablen Energiepreisen und der Einsatz einer Laststeuerung als Alternative zur Einhaltung des Gleichgewichts zwischen Erzeugung und Verbrauch mittels Kraftwerken Chancen auf eine wirtschaftliche Umsetzung haben. Als Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Umsetzung wurden die Höhe der Preisanreize und die Bereitschaft der Kunden, ihre Nutzergewohnheiten zu ändern, erkannt.

Eine erste Umfrage unter 86 potentiellen Nutzern der IRON-Dienstleistung zeigt, dass sich über 90% der Befragten einen Kauf einer IRON-Box als Hilfe zur Einsparung der steigenden Energiekosten vorstellen können. Über 70% würden dafür 100 Euro ausgeben. Die Bewertung der Dienstleistung und deren Werteszuschreibung fallen durchwegs positiv aus, so dass für ein Einführungsmarketing genug Anhaltspunkte vorhanden sind, um dieses mit möglichst gutem Kosten-Nutzen-Verhältniss durchzuführen.

Da die Kosten für die Infrastruktur in vollem Umfang in die IRON Bilanz eingehen, ist eine kostengünstige Implementierung von großer Wichtigkeit. Es wurde eine Evaluation aktuell am Markt erhältlicher Technologien durchgeführt, die für IRON Zwecke nutzbar sind. Geräte für kommunikationsgestütztes Energiemanagement existieren bereits, ein akzeptabler Preis ist aber nur für ein schlankes Massenprodukt erreichbar, welches speziell für IRON entwickelt werden muss. Der Prototyp der „IRON-Box“ ist im Rahmen von IRON Concept erstellt worden. Besonders wirtschaftlich wird die IRON-Hardware aber dann, wenn sie mit ins Endgerät integriert wird. Dadurch kann doppelte Infrastruktur (Gehäuse, Stromversorgung, Geräteinterface) eingespart werden. Geräte, die mit entsprechender IRON-Technik ausgestattet sind, können in Zukunft einen Marktvorteil gegenüber konventionellen Elektrogeräten aufweisen.

Das im Rahmen des Projekts entwickelte Betriebsführungs- und Geschäftsmodell zeigt mehrere Methoden auf, wie IRON eingeführt werden kann. Allen ist gemeinsam, dass einige wichtige Faktoren aus heutiger Sicht nicht ausreichend gut eingestuft werden können. Vor allem die erwarteten Personalkosten tragen dazu bei, dass die IRON-Dienstleistung erst praktisch erprobt werden muss, bevor sich eine Betreibergesellschaft für die Einführung der neuartigen Dienstleistung finden wird.

Bevor eine weiterführende Produktentwicklung auf Basis der absolvierten Grundlagenforschung gemacht werden kann, muss daher in jedem Fall ein Pilotversuch durchgeführt werden, der ein tatsächliches Kundenfeedback aus den unterschiedlichen Zielgruppen ermöglicht. Nur auf Basis von fundierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen kann eine derart neue Technologie am Strommarkt Einzug finden.



# Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

---

## 1.18 Schlussfolgerungen

Das Projektteam hat marktorientierte Möglichkeiten gesucht, den Einsatz von mehr Informationsaustausch zwischen den Netzteilnehmern und das Mittel der Lastverschiebung als Dienstleistung bzw. Marktmodell umzusetzen. Im Projekt wurden vier mögliche Marktmodelle im Rahmen der aktuellen bzw. sich mittelfristig entwickelnden leistungsfähigen Rahmenbedingungen entwickelt, die es erlauben könnten, automatisch durchgeführte Lastverschiebungen ökonomisch abzubilden. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, dass nur die letzten beiden Marktmodelle, zeitvariable Tarife und Regelenergie-Bereitstellung, ökonomisch umsetzbar sind, wobei insbesondere das Regelenergiemodell attraktiv ist, da Regelenergie zu hohen Preisen gehandelt wird. Durch die Zunahme von erneuerbaren Energieträgern bei der Stromerzeugung und deren teilweise unsteten Erzeugungsprofilen (insbesondere bei Windkraft) wird der Bedarf an Regelenergie weiter steigen, was dieses Marktmodell zusätzlich attraktiv macht. Durch die Bereitstellung von Regelenergie durch elektrische Verbraucher werden Regelkraftwerke entlastet. Je mehr Ausgleichsaufgaben durch die Lasten übernommen werden, um so mehr Kraftwerke können fest im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, was die Effizienz maximiert und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den gegebenen Freiheitsgraden minimiert.

Diese Ergebnisse sind anschließend in ein technisches Umsetzungskonzept eingeflossen, das in der Prototypentwicklung der „IRON-Box“ mündete. Dabei hat sich herausgestellt, dass ein weiterer vorteilhafter Aspekt beim Modell Regelnenergie-Bereitstellung ist, dass bei Primärregelung der Abruf der Regelleistung durch Abweichungen der Netzfrequenz vom Sollwert erfolgt, eine Größe, die im gesamten Netz jederzeit lokal messbar ist. Daher werden an die Kommunikation der einzelnen Lastknoten keine besonderen Anforderungen gestellt. Der im Rahmen des Projektes entwickelte Algorithmus ist so ausgelegt, dass ein täglicher Kontakt der Lastknoten mit der Zentrale ausreicht. Hierfür kann das Internet oder, was besonders vorteilhaft erscheint, die sich im Entstehen befindlichen Smart-Metering-Netze genutzt werden.

Weiters wurde im Rahmen des Projekts ein detailliertes Business-Modell für den IRON-Ansatz ausgearbeitet. Das Business-Modell zeigt, dass der bei weitem überwiegende Einflussparameter zur positiven Umsetzung der IRON-Geschäftsidee die Reduktion der Personalkosten darstellt. Einen weiteren erheblichen Kostenfaktor bilden die beim Kunden einzurichtenden Kommunikations-, Mess- und Schalteinrichtungen. Eine Verbesserung der Kostenstruktur kann in diesem neuen Geschäft nur dann erreicht werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Standardisierung aller organisatorischen Abläufe zur Minimierung des Personalaufwandes
- b) Standardisierung aller Schnittstellen und Formate zur Minimierung des Engineering- und Verwaltungsaufwandes
- c) Standardisierung aller Hardware- und Softwareeinrichtungen in der Kundenanlage um den Installationsaufwand zu minimieren
- d) Offenlegung aller Standards um eine breite Unterstützung durch verschiedene Hersteller zu ermöglichen
- e) Integration der erforderlichen Einrichtungen auf Kundenseite in die zu beeinflussenden elektrischen Anlagen (wie Gefriergeräte, Klimaanlage, Lüftungsanlagen,

Heizanlagen etc.), um so doppelte Infrastruktur zu vermeiden (Gehäuse, Stromversorgung, Interface zur Anlage etc.)

- f) Mitnutzung bestehender Infrastrukturen wie z. B. Telekommunikationseinrichtungen (Smart-Metering-Systeme), aber auch Callcenter, Marketing etc.

Für eine effektive und rationelle Umsetzung der IRON-Technologie ist es wichtig, dass die Bereiche der Kommunikation, der Geschäftsprozessabwicklung und der Hardware-Integration standardisiert umgesetzt werden. Investitionen in die zusätzliche Geräteintelligenz sind vor allem auch dann ökonomisch sinnvoll, wenn die neue Technologie direkt ins Verbrauchsgerät integriert wird, da so der Aufbau einer Parallelinfrastruktur vermieden wird. Und intelligente Verbraucher setzen die Akzeptanz der Konsumenten bzw. Gerätebetreiber, seien es nun Industriebetriebe, Gewerbe oder Haushalte, voraus. Daher soll das Projekt IRON Implementation aufbauend auf bisherige Ergebnisse den direkten Weg zur wirtschaftlichen Umsetzung des IRON-Ansatzes intelligenter Verbraucher im elektrischen Netz gehen. Einerseits soll ein Prototyp für eine Endgeräteintegration der IRON-Technologie (z. B. in ein Gefriergerät oder eine Klimaanlage) entwickelt werden. Andererseits soll, unterstützend für diesen Prozess und auch hinsichtlich einer Markteinführung von solchermaßen ausgestatteter Geräte, eine Akzeptanzstudie mit funktionierender Hardware beim Energiekunden durchgeführt werden, mit der diese neue Technik zur Lastoptimierung im elektrischen Netz und die Benutzerreaktion auf die Technologie zum ersten mal in Österreich praktisch evaluiert wird.

---

## 1.19 Ausblick und Empfehlungen

Die Umsetzung von IRON hat weitreichende Auswirkungen auf den Elektrizitätsmarkt. Es ist mit großen Chancen, aber auch einigen Risiken verbunden. Für den Kunden ergibt sich die Chance auf günstigere Strompreise bzw. Energiekosten durch Anpassung des Lastverhaltens an die momentane Marktlage. Der Netzbetreiber kann eine bessere, insbesondere gleichmäßigere Auslastung des Netzes erreichen. Volkswirtschaftlich kann durch die Abschwächung der Lastspitzen eine Überlastung des Netzes und der Erzeugungsanlagen vermieden werden. Der drohende Engpass in den Bereichen Netz und Versorgung kann vermieden bzw. zumindest hinausgezögert werden. Dadurch kann auch die notwendige Erweiterung der Kapazitäten zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Nicht zuletzt macht der vermehrte Einsatz volatiler Erzeugung (etwa Wind- und Sonnenenergie) ein erhöhtes Maß Regelenergie notwendig, um Erzeugung und Verbrauch besser aufeinander abzustimmen. Dieser Bedarf kann durch das IRON-System abgedeckt werden. Dies hilft bei einem weiteren Ausbau dieser alternativen Energiequellen.

Auf der anderen Seite stellt die Nutzung von Internet-Kommunikation oder von Smart-Metering-Netzen für die IRON-Kommunikationsinfrastruktur ein technisches Risiko dar, da es nicht für Echtzeit-Steueraufgaben konzipiert wurde und auch die Verfügbarkeit nicht immer gewährleistet ist. Durch die Wahl geeigneter Protokolle und Redundanzen bzw. selbstheilende und fehlertolerante Architektur wurde dem bei der technischen Konzeption bereits Rechnung getragen. Trotzdem können hier unvorhergesehene Probleme auftauchen.

Weiters gibt es organisatorische, rechtliche und volkswirtschaftliche Risiken. Die Erfüllung der wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen stellt eine große Herausforderung dar. Rechtliche oder regulatorische Gründe könnten den Einsatz von

IRON verhindern. Die aktuelle Rechtslage ist für derartige Systeme noch nicht ausgelegt.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kunde und Betreiber haben finanzielle Vorteile</li> <li>▪ Automatisiertes System mit geringen Betriebskosten</li> <li>▪ Markteinführung durch das BMVIT unterstützt</li> <li>▪ Branchen- und Marktkenntnisse vorhanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Von staatlicher Gesetzeslage abhängig</li> <li>▪ Einsparungen für die Kunden nur sehr gering in Relation zu den Gesamtstromkosten</li> <li>▪ Neue, dem Kunden unbekannt Dienstleistung ist zu kommunizieren</li> </ul>
▪ Chancen	▪ Risiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geschäftsmodell entspricht dem aktuellen Umweltschutzgedanken</li> <li>▪ Strompreise werden weiter steigen</li> <li>▪ Sensibilität im Sektor steigt</li> <li>▪ Erster am Markt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eigene technische Entwicklung mit entsprechenden Entwicklungsrisiken</li> <li>▪ Dienstleistung ist sehr stark von der Kundenakzeptanz abhängig</li> <li>▪ Plankalkulationen haben aufgrund des Innovationsgrads einen hohen Unsicherheitsfaktor</li> </ul>

Abbildung 72: SWAT-Analyse für eine IRON-Umsetzung

IRON Concept hat gezeigt, dass in einem mittelfristig entstehenden Marktumfeld der Einsatz von Lastmanagementmaßnahmen auf Netzebene ein ökonomisches Umsetzungspotential hat, wenn die Technologie entsprechend fehlertolerant, technisch intelligent und verteilt realisiert wird.

In Bezug auf diesen Umstand sowie die oben aufgelisteten Schlussfolgerungen empfiehlt das Projektteam, dass künftige Projekte ausgerichtet sein sollten auf

- die Weiterführung der Standardisierung der Hard- und Software, sowie der Schnittstellen und Formate für netzweites Lastmanagement
- die Förderung der Integration der „Lastagenten“ (IRON-Box) in die elektrischen Einrichtungen der Kunden
- die Analyse der Zusammenhänge zwischen den Anforderungen der Kunden an zukünftige Optimierungssysteme und die Bereitschaft der Kunden, Veränderungen des Service elektrische Energie zu akzeptieren und zu bewerten.



# Verzeichnisse

---

## 1.20 Literatur

- [Acht04] Achterberg T, SCIP – a framework to integrate Constraint and Mixed Integer Programming, ZIB report 04-19, Berlin 2004.
- [Berg04] Bergmann (2004): *Anreizsysteme zur Wissensenteilung*. KAM.sys Abschlussveranstaltung, 24. 02. 2004, S. 14.
- [Bra06] Brauner G et al., Verbraucher als virtuelles Kraftwerk, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 44/2006, BmVIT, Wien 2006.
- [Ham07] Hammerstrom, D. J. et al., Pacific Northwest GridWise™ Testbed Demonstration Projecks, Part II, GridFriendly™ Appliance Project, Pacific Northwest National Laboratory, Project Report 2007.
- [Koch04] Koch T, Rapid Mathematical Programming, PhD Thesis, Technische Universität Berlin, 2004.
- [Malik97] Malik A, Cory B, Impact of DSM on Energy Production Cost and Start-up and Shut-down Costs of Thermal units. Proceedings of 4th International Conference on Advances in Power System Control, operation and Management, APSCOM-97, Honkong, 1997, Seite 650 – 655.
- [Mar06] market (2006): *market-News* Mai 06/11, S. 2f.
- [MeNe06] market-News, Umfrage P.MA472.0605.P8.T, n = 402; telefonische CATI-Interviews, repräsentativ für die österreichische Bevölkerung ab 18 Jahren, Erhebungszeitraum: 16. bis 18. Mai 2006; maximale statistische Schwankungsbreite bei n=402 ± 5 Prozent.
- [Pal05] Endbericht „Integral Resource Optimisation Network – Study“, EdZ Projekt Nr. 808570
- [Short07] Short, J. A., Infield, D. G., Freris L. L.: Stabilization of Grid Frequency Through Dynamic Demand Control, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 22, No. 3, August 2007
- [Smith94] H. L. Smith: „DA/DSM directions. An overview of distribution automation and demand-side management with implications of future trends“, *Computer Applications in Power, IEEE Volume 7*, Issue 4, Oct. 1994, S. 23 – 25
- [UCTE04] UCTE Operation Handbook, Appendix 1: Load-Frequency-Control and Performance, UCTE Brussels, Belgium 2004
- [UCTE05] UCTE Statistical Yearbook 2005, UCTE Brussels, Belgium 2005, Seiten 106–107.
- [TrCo03] TransmissionCode 2003; Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber

---

## 1.21 Abbildungen

Abbildung 1: Matrix möglicher Kundenkategorien .....	33
Abbildung 2: Marktvolumen der einzelnen Kundenkategorien.....	33
Abbildung 3: Einteilung in Kundensegmente .....	34
Abbildung 4: Anteil der Kundenkategorien am Gesamtstromverbrauch .....	35
Abbildung 5: Informationsniveau der Stromkunden [Mar06].....	39
Abbildung 6: Hürde für einen Anbieterwechsel [Mar06].....	39
Abbildung 7: Anreizsystematik zur IRON-Einführung [Berg04].....	40
Abbildung 8: Umfrageergebnis zu Anforderungen an die IRON-Box.....	41
Abbildung 9: Umfrageergebnis zu maximalen Kosten der IRON-Box.....	42
Abbildung 10: Umfrageergebnis zu Anwendungsgebieten der IRON-Box.....	42
Abbildung 11: Durchschnittlicher EEX-Spotpreismarktverlauf 2005 .....	51
Abbildung 12: Lastprofil eines durchschnittlichen Haushaltskunden mit einer Jahresbezugsleistung von 5000kWh .....	52
Abbildung 13: Spotmarktpreise und Lastprofile für den 23.11.2005 .....	53
Abbildung 14: Vergleich Preise für Sekundärregelenergie Block M1 mit EXAA Peak .....	62
Abbildung 15: Durchschnittlicher Leistungs- und Arbeitspreis für Sekundärregelenergie der 4 Regelzonen in Deutschland .....	63
Abbildung 16: Arbeits- und Leistungspreise für Tertiärregelenergie in Deutschland [12] .....	63
Abbildung 17: Beziehungsgeflecht zwischen den Marktteilnehmern .....	67
Abbildung 18: Akteure im IRON-Marktmodell Energieverschiebung .....	67
Abbildung 19: Vertragsbeziehungen im IRON-Marktmodell Energieverschiebung.....	68
Abbildung 20: Vertragsbeziehungen im IRON-Marktmodell Regelenergie .....	70
Abbildung 21: Preisdiskrepanz zwischen flexiblen aber nicht produktfertigen Lösungen und vollständigen Produkten.....	80
Abbildung 22: Kombinationen von Teillösungen aus Internetanbindung, Microcontroller und I/Os. ....	80
Abbildung 23: Infrastruktur für intelligentes Energiemanagement im Netz der LINZ STROM GmbH .....	82
Abbildung 24: Das GR47 GSM Modul auf dem dazugehörigen Development Board. ....	85
Abbildung 25: Aufbau des GPRS Testszenarios .....	86
Abbildung 26: Aufbau des Modem Evaluationsszenarios.....	86
Abbildung 27: Das Avisaro WLAN Modul auf einer Trägerplatine .....	87
Abbildung 28: Evaluationszenario für das WLAN Modul. ....	87
Abbildung 29: Testaufbau für das i.Lon Szenario .....	88
Abbildung 30: Aufbau des Testszenarios für VIDA 84.....	89
Abbildung 31: Die drei angefertigten Evaluations-Bords für Internetzugangstechnologien: (von oben nach unten) GPRS, WLAN und Analog-Modem. ....	91
Abbildung 32: Die zwei angefertigten Evaluations-Bords für vollständige Produktlösungen: oben i.Lon, unten VIDA.....	92
Abbildung 33: Eine Lastverschiebung kann als die Überlagerung des ursprünglichen Verbrauchsprofils mit einer Speichercharakteristik beschrieben werden.....	96
Abbildung 34: Thermische Last als Speicher genutzt. Die Speichercharakteristik ist der durchschnittlichen Leistungsaufnahme überlagert.....	96
Abbildung 35: Die serielle Verknüpfung von DSM-Ressourcen resultiert in längerer Speicherzeit. ....	97
Abbildung 36: Elektrisches Ersatzschaltbild für IRON-DSM-Lasten .....	98
Abbildung 37: Lastmodulierung durch Sollwert-Verstellung .....	99
Abbildung 38: Testinstallation "Virtueller Energiespeicher" mit erster Version der "IRON-Box" auf einem Testboard. Als Last dient ein 45 l-Haushaltskühlschrank DAEWOO FR063R. ....	100

Abbildung 39: Gemessener Temperaturgang (Differenz Innen- zu Aussentemperatur) bei einer Sollwertveränderung um 3 °C (45 l-Haushaltskühlschrank DAEWOO FR063R). .....	101
Abbildung 40: IRON-System zur Bereitstellung von Regelenergie durch virtuelle Energiespeicher .....	102
Abbildung 41: Die Ressourcen werden in der Reihenfolge ihrer activation levels aktiviert.....	103
Abbildung 42: Aufbau der Simulationsszenarien zur Untersuchung der Frequenzhaltung durch das IRON-System .....	104
Abbildung 43: Simulationsergebnis für die Netzfrequenz beim Ausfall einer 150 MW-Erzeugungseinheit. Vergleich mit (Fall 1) und ohne Primärregelungsleistung durch IRON-System (Fall 2).....	105
Abbildung 44: Der GridWise™ GridFriendly™ Appliance Controller schaltet Lasten ab einer Frequenzuntergrenze ab. Bildquelle: eigene Aufnahme. ....	106
Abbildung 45: Zentrales Lastmanagement .....	107
Abbildung 46: Lastmanagement mit lokalem Last-Agenten.....	108
Abbildung 47: Komponenten der IRON-Box.....	109
Abbildung 48: Die sechs im Rahmen von IRON Concept hergestellten IRON-Box Prototypen.....	109
Abbildung 49: TCP/IP IRON-Client – IRON-Server Kommunikation auf IRON-Port.....	111
Abbildung 50: IRON-Server Datenbank Struktur .....	112
Abbildung 51: IRON-Server Absturz bei 550 Clients nach 500 Sekunden .....	113
Abbildung 52: Übersicht IRON-Geschäftsprozess.....	120
Abbildung 53: Prozess Kunde .....	121
Abbildung 54: Prozess Kundenservice .....	121
Abbildung 55: Zentrale Marktplattform.....	122
Abbildung 56: Accouting und Rechnungslegung .....	122
Abbildung 57: IRON-Prozesszusammenhänge .....	123
Abbildung 58: Rollentrennung durch Farbcode in der IRON-Web-Oberfläche .....	125
Abbildung 59: Funktionsdiagramm der Kunden-Benutzeroberfläche.....	127
Abbildung 60: IRON-Datenbankschema.....	131
Abbildung 61: Kläranlage Großschönau.....	135
Abbildung 62: Schlammbecken der Kläranlage Großschönau .....	136
Abbildung 63: Eingebaute IRON-Box-Prototypen im laufenden Betrieb .....	136
Abbildung 64: Projektablauf eines nachfolgenden Feldversuchs.....	138
Abbildung 65: Funktionale Vorgehensweise bei einem nachfolgenden Feldversuch .....	139
Abbildung 66: TU AUTCOM Stand auf der Fachmesse "Rockwell Automation University" .....	141
Abbildung 67: Projektvorstellung bei der 21. und 22. BIOEM .....	142
Abbildung 68: INDIN 2007 .....	143
Abbildung 69: Programm IRON-Workshop 2007.....	144
Abbildung 70: Präsentation der IRON Kommunikationsansätze (Nutzung der Netzfrequenz) auf der FeT '07 ...	145
Abbildung 71: Intuitive Wertezuschreibung zur IRON-Box .....	151
Abbildung 72: SWAT-Analyse für eine IRON-Umsetzung .....	159

---

## 1.22 Tabellen

Tabelle 1: Bewertungstabelle der Segmentierungsfaktoren .....	32
Tabelle 2: Potentialeinschätzung für die Handlungsoptionen Netz.....	46
Tabelle 3: Potentialeinschätzung für die Handlungsoptionen Energie.....	49
Tabelle 4: Tarifiermittlung mittels Wälzungsverfahren ohne IRON Beeinflussung.....	55
Tabelle 5: Tarifiermittlung mittels Wälzungsverfahren mit IRON Beeinflussung.....	55
Tabelle 6: Für die Evaluation ausgewählte Szenarien.....	84
Tabelle 7: Ergebnisse der State of the Art Technologie-Evaluation.....	93
Tabelle 8: Thermische Größen und ihr elektrisches Äquivalent .....	98

# Anhänge

## Anhang A **Interfaces für Energiemanagement**

Diplomarbeit von Thomas Haiden am Institut für Computertechnik, TU Wien, 2007

Erstellt im Rahmen des Projektes IRON Concept.

## Anhang B **Technisches Modell zur Bereitstellung von Regelenergie durch IRON-Lasten**

Ausführliche Darlegung der Konzepte und Simulationsergebnisse

## Anhang C **IRON Protokoll**

Protokollbeschreibung für die Kommunikation zwischen IRON-Boxen und IRON-Server

## Anhang D **Erhebungsbogen IRON-Umfrage**

## Anhang E **IRON-Geschäftsprozesse**

## Anhang F **IRON-Folder**

Informationsmaterial für Fachpublikum

## Anhang G **IRON-Werbebrochure**

Entwurf Informationsmaterial für potentielle IRON-Kunden

## Anhang H **Musterverträge**

Die Anhänge sind zu finden unter [www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at/projekte](http://www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at/projekte)