

Working Paper Nachhaltigkeit und Innovation  
Nr. S6/2011



**Joachim Schleich**  
**Marian Klobasa**  
**Marc Brunner**  
**Sebastian Götz**  
**Konrad Götz**  
**Georg Sunderer**

Smart Metering in Deutschland und Österreich -  
Ergebnisse der Bereitstellung von  
Feedbackinformationen im Rahmen eines  
Feldversuchs



## **Abstract**

In diesem Artikel stellen wir die Ergebnisse eines Feldtests zur Stromeinsparung durch intelligente Stromzähler in Deutschland und Österreich vor. Der Fokus lag dabei auf den Auswirkungen der Bereitstellung von Feedbackinformationen über den durchschnittlichen Energieverbrauch. Bei den ökonometrischen Analysen verwendete man einen Querschnitt von Beobachtungen aus über 2000 Haushalten, die von neun Stadtwerken mit Energie versorgt wurden. Mehr als die Hälfte der Haushalte erhielt eine Verbrauchsrückmeldung zu ihrem Stromverbrauch sowie Informationen über Energiesparmaßnahmen (Pilotgruppe). Die restlichen Haushalte dienten als Kontrollgruppe. Um den Einfluss der Feedbackinformationen zu beurteilen, schätzten wir den Energieverbrauch der einzelnen Haushalte ökonometrisch. Die erklärenden Variablen berücksichtigen eine Vielzahl sozioökonomischer Faktoren (Einkommen, Bildungsgrad, Alter, Größe des Haushalts, Alterszusammensetzung, usw.) sowie die im Haushalt vorhandenen Geräte (Großgeräte, Warmwasserboiler, Computer, Fernsehgeräte, usw.). Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die im Rahmen des Smart Metering Programms erfolgte Verbrauchsrückmeldung zu Energieersparnissen von etwa 3,7% führen kann.

## **Schlagwörter**

Smart Metering/ intelligenter Stromzähler, Feedback/ Verbrauchsrückmeldung, Energieverbrauch eines Haushalts

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Design des Feldversuchs .....</b>	<b>3</b>
2.1 Feedback.....	3
2.1.1 Internetportal.....	4
2.2 Technische Umsetzung .....	6
<b>3 Datenverfügbarkeit und ökonomische Schätzungen .....</b>	<b>7</b>
3.1 Die abhängige Variable .....	8
3.2 Die erklärenden Variablen.....	8
3.3 Ergebnisse .....	10
<b>4 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>12</b>
<b>5 Quellen .....</b>	<b>14</b>

## 1 Einleitung

Gemäß Verordnung 2006/32/EC sind intelligente Stromzähler in den europäischen Mitgliedsstaaten dann zu installieren, wenn bestehende Stromzähler ersetzt werden, ein neu errichtetes Gebäude an das Stromnetz angeschlossen wird oder ein bestehendes Gebäude umfangreichen Renovierungsmaßnahmen unterzogen wird, sofern dies technisch realisierbar und ökonomisch angemessen ist. Unter anderem müssen Endverbraucher ebenfalls Informationen über ihren derzeitigen Stromverbrauch und die Energiekosten erhalten. Die EU-Verordnung fordert bis 2010 die Installation intelligenter Stromzähler bei 80% der Verbraucher in den EU-Mitgliedsstaaten. Die EU-Mitgliedsländer können jedoch selbst über die Strategien entscheiden, wie sie die Verordnung erfüllen wollen. Infolgedessen haben die Mitgliedsstaaten unterschiedliche Wege hinsichtlich der zeitlichen Planung und der Festlegung der Technologie eingeschlagen. In Schweden ist die Einführung beispielsweise bereits abgeschlossen während in Deutschland gegenwärtig verschiedene Smart Metering Konzepte in mehreren Pilotprojekten getestet werden. Während die Einführung von Mindestanforderungen angestrebt wird, beruht die Festlegung auf ein Smart Metering Konzept in Deutschland auf Marktmechanismen, um geeignete Messsysteme, dazugehörige Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Insbesondere die Bestimmungen in Deutschland ermöglichen es den Stromnutzer den von ihnen bevorzugten Messstellenbetreiber (MSB) oder Messdienstleister (MDL) jeweils selbst zu wählen. Bedeutet es aufgrund gegenwärtiger Mess- und Abrechnungsverfahren noch, dass Stromnutzer lediglich begrenzte Informationen über ihren Stromverbrauch erhalten – in der Regel einmal jährlich – so wird erwartet, dass die häufiger und rechtzeitiger stattfindende Rückmeldung sowie die Suche nach einem geeigneten Messstellenbetreiber das Bewusstsein steigern und die Kenntnis von Energieverbrauchsmuster und Energiekosten verbessern wird. Man rechnet damit, dass diese Art der Rückmeldung dabei helfen wird Hindernisse in Verbindung mit Informationen zu überwinden sowie zu einem niedrigeren Stromverbrauch zu führen. Diese Regelungen fordern des Weiteren von den Stromanbietern frei wählbare Tarifstrukturen einzuführen, die entweder je nach Zeit oder Verbrauch der Kunden bis Ende 2010 variiert werden können. Aufgrund von Tarifstrukturen, die zu höheren Zuwachskosten beim Stromverbrauch während der Hauptzeit verglichen mit der Nebenzeit führen, wird eine Verlagerung des Verbrauchs auf die Nebenzeit erwartet.

Jüngste Rückblicke der (wenigen) Studien, die die Auswirkungen der Rückmeldung des Stromverbrauchs beurteilen, melden Einsparungen im Bereich von 5-15% (Darby 2006, Ehrhardt et al. 2010) und 5-12% (Fischer 2008). Geringere Auswirkungen werden von Matsukawa (2004) für Japan (1,5%) und von Glerup et al. (2010) für Dänemark (3%) veranschlagt. Diese breite Spanne an geschätzten Auswirkungen kann unter anderem durch die unterschiedliche Evaluierungsmethodik (z.B. Ex-Ante-Evaluierung im Vergleich zu Ex-Post-Evaluierung, gesteuertes Experiment im Vergleich zum Vorher-Nachher-Vergleich des Stromverbrauchs der Teilnehmer, die Bestimmung der Kontroll- und Versuchsgruppen) erklärt werden oder durch den Umstand inwieweit die Analyse moderierende Faktoren und Kovariate wie den Strompreis, die sozioökonomischen

Besonderheiten des Haushalts oder die Anzahl der vorhandenen Geräte berücksichtigte. Die Effektivität der Feedbackinformationen hängt ebenfalls von der Art der gebotenen Rückmeldung ab (Fischer 2008, Darby 2010). In ihrer Literaturrezension kommt Fischer (2008) zu dem Schluss, dass erfolgreiche Feedbacksysteme dem Nutzer die Möglichkeit bieten aus verschiedenen Alternativen auszuwählen, interaktive Elemente einbinden, Rückmeldungen über einen langen Zeitraum in regelmäßigen Abständen (häufiger als einmal monatlich) und auch speziell für jedes Gerät bereitstellen sowie Vergleichsdaten über den vergangenen Energieverbrauch (Leistungsvergleich) liefern. Abrahamse et al. (2005) weisen darauf hin, dass die Verbrauchsrückmeldung effizienter wäre, wenn man sie mit anderen Strategien wie beispielsweise der Bereitstellung von Energiesparmaßnahmen kombinieren würde. Während die Verordnung über intelligente Stromzähler somit neue Märkte und neue Möglichkeiten des Marketings für die Messstellenbetreiber und Versorgungsunternehmen schafft sowie zu einer Vielzahl neuer Produkte und Dienstleistungen führen könnte, so sollten profitable Produkte und Dienstleistungen auf die besonderen Bedürfnisse der Zielgruppen zugeschnitten werden und soziale sowie sozioökonomische Gegebenheiten berücksichtigen.

Das deutsche Forschungsprojekt „Intelliekon - Nachhaltiger Energiekonsum von Haushalten durch intelligente Zähler-, Kommunikations- und Tarifsyste<sup>m</sup>e“ (Intelliekon - Sustainable energy consumption in households through intelligent metering, communication and tariff systems) startete 2008 mit dem Ziel Einblicke in potentielle Zielgruppen, deren Bedürfnisse und Präferenzen bezüglich Energieverbrauchsinformationen sowie deren Verhalten im Umgang mit Energie zu erhalten, während sie eine Verbrauchsrückmeldung basierend auf dem Einsatz intelligenter Stromzähler erhalten. Die teilnehmenden Haushalte wurden in zwei Gruppen unterteilt – die Haushalte der Pilotgruppe erhielten Informationen über ihren Stromverbrauch sowie Energiesparmaßnahmen, während die Haushalte der Kontrollgruppe keine derartigen Informationen erhielten. In dieser Veröffentlichung werden die ersten Ergebnisse dieser Studie zum Thema Energieeinsparung durch Verbrauchsrückmeldung dargelegt. Um den Einfluss von Feedbackinformationen zu beurteilen, wurde der Energieverbrauch der Haushalte ökonometrisch geschätzt, indem eine Vielzahl sozioökonomischer Faktoren sowie die im Haushalt vorhandenen Geräte überprüft wurden. Es wurde ebenfalls getestet, ob Unterschiede in den Kenngrößen der Haushalte der Pilotgruppe und der Kontrollgruppe zu verzerrten Parameterschätzungen (Stichprobenverzerrung) führten.

Der restliche Artikel ist wie folgt strukturiert. Absatz 2 beschreibt detailliert den Feldversuch sowie die Arten der erfolgten Rückmeldung. Daten, ökonometrische Analysen und Ergebnisse werden in Absatz 3 dargelegt. Im letzten Absatz werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert und es wird auf weitere Forschungsvorhaben hingewiesen.

## 2 Design des Feldversuchs

Das im Rahmen des Projekts „Intelliekon“ realisierte Feldexperiment wurde in acht deutschen Gemeinden verteilt auf fünf Bundesländer durchgeführt: Celle, Hassfurt, Kaiserslautern, Krefeld, Münster, Oelde, Schwerte und Ulm. Neben den acht deutschen Energieversorgern nahm ebenfalls ein Energieversorger aus Österreich (Linz) am Projekt „Intelliekon“ teil. Die Rekrutierung der teilnehmenden Haushalte erfolgte in drei Stufen. Im ersten Schritt wurde ein Ausgangspool potentieller Teilnehmer durch den entsprechenden Energieversorger bestimmt. Die Teilnehmer wurden im Anschluss nach Zufallsprinzip der Pilotgruppe und der Kontrollgruppe zugewiesen. Im zweiten Schritt wurden im November 2008 schriftliche Einladungen sowie Informationen zum Experiment an die Haushalte der Pilotgruppe versendet. Die Haushalte der Kontrollgruppe erhielten ebenfalls eine schriftliche Einladung zur Teilnahme an einer Studie zum Stromverbrauch, wurden jedoch nicht darüber informiert, dass sie Teil eines Feedback-Experiments sind. Im dritten Schritt wurden alle Haushalte erneut per Telefon kontaktiert, um sie zur Teilnahme einzuladen und deren verbindliche Zusage sowie die Zustimmung zur Datenschutzvereinbarung zu erfassen. Die Teilnahme kann somit nicht vollkommen zufällig sein. Zudem konnten die Haushalte der Pilotgruppe die Art der Verbrauchsrückmeldung wählen, z.B. den Zugang zu einem Internetportal oder die schriftliche Rückmeldung per Post.

In allen Gemeinden – außer Münster – begann die Durchführung der Feldstudie zwischen Mai und Juli 2009. Aus technischen Gründen musste der Start in Münster bis November 2009 verschoben werden. Als die Feldphase im November 2010 in allen Gemeinden beendet wurde, hat jeder Haushalt mindestens 12 Monate an der Studie teilgenommen. Die Haushalte der Pilotgruppe konnten auf ein Internetportal zugreifen oder erhielten eine schriftliche Verbrauchsrückmeldung. Der Stromverbrauch aller Haushalte (Pilot- und Kontrollgruppe) wurde aufgezeichnet. Während des Feldexperiments wurden die Haushalte der Pilotgruppe dreimal interviewt: zu Beginn, nach der Hälfte sowie am Ende der Feldphase. Es handelte sich dabei um computergestützte Telefoninterviews basierend auf standardisierten Fragebögen über die im Haushalt vorhandenen Elektrogeräte, Verhaltensweisen und soziodemografische Gegebenheiten.

### 2.1 Feedback

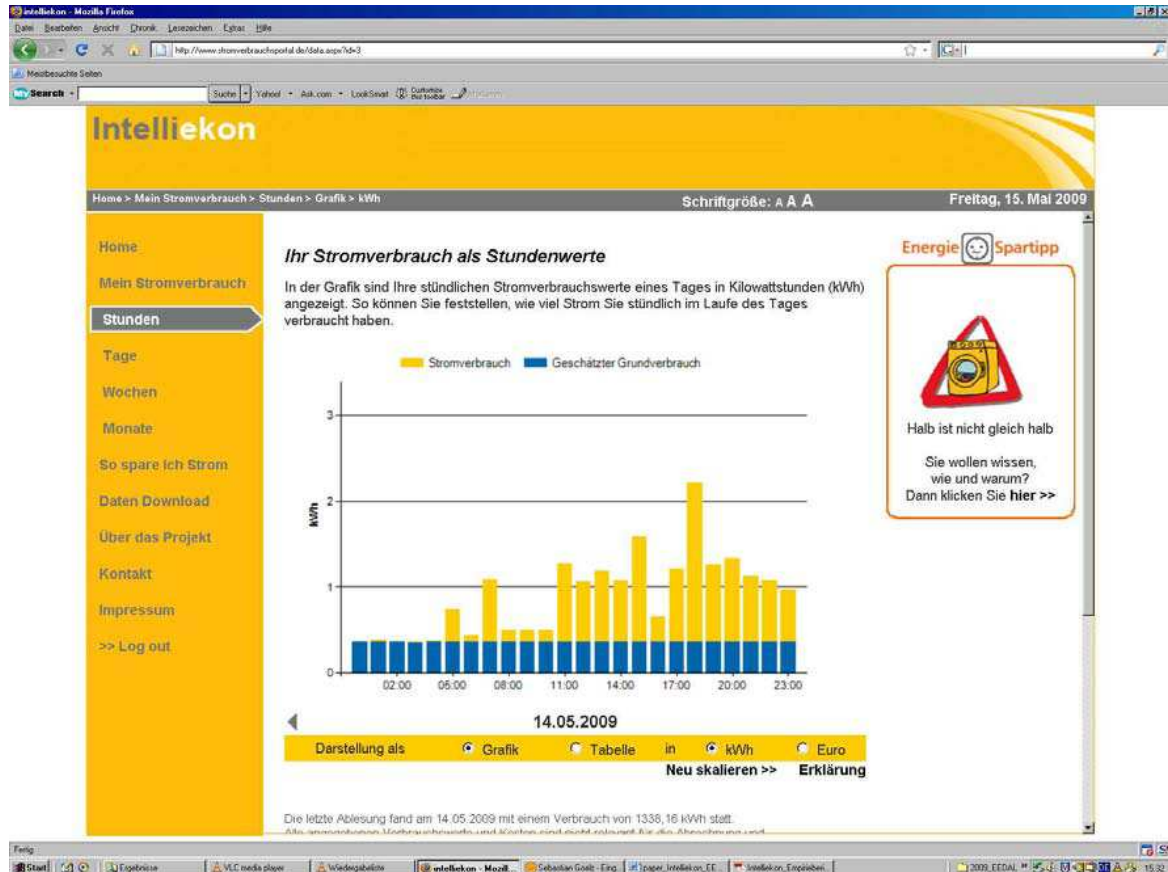
Das Forschungskonzept erkennt die Technologie der intelligenten Stromzähler als Teil eines soziotechnischen Systems an (Emery und Trist 1965). Infolgedessen führen die bereitgestellten und durch Feedbacksysteme speziell dargestellten Informationen lediglich in den Haushalten zum Handeln, wenn es in sozialer und kognitiver Hinsicht möglich ist dies in den Alltag des Feedbackempfängers zu integrieren. Die Entwicklung der Feedbackinstrumente folgte in diesem Projekt den Paradigmen nach Kempton und Layne (1994), die postulierten, dass sowohl Konsumenten als auch Institutionen (Versorgungsunternehmen, Forschungsinstitut) spezielle Stärken bezüglich ihrer Fähigkeit zur Analyse des Stromverbrauchs haben. Kempton und Layne (1994) übergaben die Diagnose und die Handlungsentscheidung in die Hände der Haushalte, da angenommen werden kann, dass diese am besten über ihre eigenen Einsparmöglichkeiten Bescheid wissen.

Diese Handlungen sollten im Gegenzug dazu auf Informationen (z.B. dem Energieverbrauch) basieren, die von den Institutionen bereitgestellt werden. Innerhalb des Projektes wurde das Paradigma im Rahmen der Hypothese erweitert, dass Verbraucher ihre Vorteile, die sie durch die Diagnose des Energieverbrauchs und die Entscheidung über Energiesparmaßnahmen erzielen, nur ausnutzen können, sofern die Feedbackinformationen dementsprechend an ihre Fähigkeiten und Bedürfnisse angepasst sind, umrahmt von deren sozialem, sozioökonomischem und kognitivem Umfeld. Somit bestand eine Aufgabe des Projekts darin geeignete Feedbackinstrumente zu entwickeln. Um die Ansichten der Verbraucher und die Ziele der Versorgungsunternehmen besser zu integrieren, wurden in drei der Gemeinden 76 qualitative Interviews mit Haushaltsmitgliedern durchgeführt. Diese Interviews lieferten erste Anhaltspunkte über verschiedene Feedbackvarianten in unterschiedlichen sozialen Gruppen. Außerdem ermöglichten es die Interviews die Bedürfnisse der Nutzer in Bezug auf die Feedbackinstrumente sowie Visualisierung der Feedback-Daten zu untersuchen (Birzle-Harder et al. 2008). Es wurde deutlich, dass es nicht wirklich von Nutzen ist Informationen über den Stromverbrauch in Echtzeit bereitzustellen, da die Teilnehmer möglicherweise nicht in der Lage sein könnten die Daten angemessen zu verarbeiten und zu interpretieren (Gölz und Götz 2009). Stattdessen sollten die Verbrauchsinformationen auf überschaubaren Zeitintervallen basieren und einen Leistungsvergleich ermöglichen. Die Darstellung der Informationen, wie beispielsweise des Stromverbrauchs über einen Zeitraum und in Form von Diagrammen, kann ebenso dabei helfen praktische Änderungen im Verhalten der Verbraucher herbeizuführen. Die Bereitstellung von ausschließlich wenigen jedoch sorgfältig ausgewählten und gut gestalteten Darstellungen der Daten wird als effektivste Variante erachtet. Aufgrund dieser qualitativen Interviews wurden zwei Feedbackinstrumente für die Pilotgruppe entwickelt: der Zugang zu einem Internetportal sowie die schriftliche Verbrauchsrückmeldung per Post. Systeme, die Verbrauchsdaten unmittelbar bereitstellen (wie Energieuhren oder Applikationen für Mobilfunkgeräte), standen nicht zur Verfügung.

### **2.1.1 Internetportal**

Das Internetportal wurde aufgebaut, um Haushalte bei der Reduzierung ihres Stromverbrauchs sowie der Stromkosten durch die Bereitstellung transparenter Informationen über Energieverbrauchsstrukturen und praktische Maßnahmen zur Energieeinsparung zu unterstützen. Bei der Bereitstellung von Informationen über den Stromverbrauch und die Stromkosten nutzte man vorläufig aggregierte Daten und ermöglichte es dem Nutzer den Stromverbrauch über einen Zeitraum (Monate, Tage, Stunden) zu vergleichen sowie Verbrauchsmuster je nach Verbrauchsart zu ermitteln. Die Nutzer können die von ihnen bevorzugten Diagramme für ein Jahr (Vergleich der Monate), ein halbes Jahr (Vergleich der Wochen), einen Monat (Vergleich der Tage) oder einen Tag (Stunden) wählen. Sie können ebenfalls zwischen grafischen Darstellungen (Säulendiagrammen) und einer Kombination aus Tabellen und Diagrammen wählen sowie zwischen der Anzeige des Stromverbrauchs (in kWh) und der Anzeige der Stromkosten (in Euro) wechseln. Schließlich wurden auch der zeitweise Verbrauch sowie die (geschätzte) Grundlast (Kühlschränke und Gefrierschränke) als Teil des Gesamtenergieverbrauchs (siehe Abbildung 3) angezeigt.

Abbildung 1: Screenshot des Feedbackinstruments im Internetportal



Verschiedene Komponenten wurden eingesetzt, um die Motivation sowie das Wissen um Energiesparmaßnahmen zu steigern. Der Bildschirm im Internetportal wurde in verschiedene Navigationsbereiche zur Darstellung der Verbrauchsdaten eingeteilt und um Links zu den Energiespartipps bereitzustellen. Ein farblich hervorgehobenes Fenster wurde eingesetzt, um die Aufmerksamkeit auf die praktischen Hinweise, die auf abgewandelten Verkehrszeichen basieren, zu lenken und somit Überraschung und Neugier hervorzurufen. Zusätzlich dazu können die Nutzer an einem Spiel teilnehmen und schließlich „Energiesparkönig/in“ werden. Es wurde angenommen, dass das Spiel die Motivation zum Energiesparen steigert. Hinweise darüber, wie man Strom sparen kann, wurden für jeden Raumtyp (Küche, Wohnzimmer,...) und entsprechend den typischen Elektrogeräten eines Haushaltes in Deutschland dargeboten. In der Kategorie „So spare ich Strom“ wurde neugierigen Teilnehmern die Möglichkeit geboten nach zusätzlichen Informationen und Möglichkeiten zum Energiesparen zu stöbern. Schließlich bot das Internetportal auch die Möglichkeit zum Download der Daten sowie Kontaktdaten für weitere Anfragen.



## **Schriftliche Verbrauchsrückmeldung**

Die schriftliche Verbrauchsinformation bestand aus zwei Seiten, die Farbdrucke mit Informationen über den monatlichen Energieverbrauch des Haushaltes in Form von Diagrammen und Tabellen sowie dem Internetportal entnommene Energiespartipps enthielten. Die schriftliche Rückmeldung wurde einmal im Monat per Post an die Teilnehmer versandt.

Die Vielzahl der Möglichkeiten die Energieverbrauchsmuster der Haushalte zu analysieren, ermöglichte es jedoch nicht die Veränderungen im Stromverbrauch auf individuelle Verhaltens- oder Investitionsentscheidungen zurückzuführen. Des Weiteren war es den Energieexperten nicht möglich die Verbraucher zu beraten und ihnen somit bei Verstehen der Informationen zum Energieverbrauch sowie den Energiesparmaßnahmen für die einzelnen Haushalte zu helfen.

## **2.2 Technische Umsetzung**

Die technischen Systeme zur Zählererfassung wurden von den teilnehmenden Versorgungsunternehmen ausgewählt und unterscheiden sich geringfügig je nach Gemeinde. Alle Systeme erfüllten die Projektbestimmung und waren in der Lage stündlich Verbrauchsdaten bereitzustellen, die am Ende eines jeden Tages von Remote Systemen gelesen werden konnten. Üblicherweise enthielten die Systeme einen intelligenten Stromzähler, der ebenfalls als Energie-Gateway dienen und Daten digitaler Gas- oder Wasserzähler erfassen kann (Multi-Utility-Communication). Da die Zähler gewöhnlich in Kellerräumen installiert wurden, war die Anzeige für die Verbraucher nicht ohne zusätzlichen Aufwand sichtbar. Die Verbrauchsdaten wurden im Zähler gespeichert und einmal am Tag mittels Schmalband PLC System an einen Datenkonzentrator übertragen. Der Datenkonzentrator sammelte die Daten verschiedener Zähler und leitete sie zweimal täglich an den Datenserver des entsprechenden Versorgungsunternehmens weiter. Um das gleiche Feedbacksystem in allen Gemeinden zu ermöglichen, richtete das Unternehmen EVB Energy Solutions (technischer Partner des Projekts) eine Serverplattform ein, auf der das Internetportal untergebracht war und von dem aus die monatlich gedruckten Feedbackinformationen als PDF-Dokument vom Internetportal erstellt wurden. Die Versorgungsunternehmen sandten diese Dokumente dann an die Pilothaushalte in ihrer Gemeinde, die diese Variante erbeten hatten. Die Verbrauchsdaten wurden mittels automatischen Datenexports vom Server des Versorgungsunternehmens auf die Serverplattform des Projekts übertragen. Zunächst war der Beginn des Feldversuchs für April 2009 geplant und mehrere Gemeinden hatten das System rechtzeitig installiert. In einer Testphase wurde jedoch klar, dass der automatische Datenexport nicht sicher war und die Feedback-Daten nicht wie gewünscht im Internetportal zur Verfügung standen. Außerdem hatten nicht alle Versorgungsunternehmen alle Zähler rechtzeitig installiert. Bis April 2009 waren das Zählermanagement, das Auslesen der Daten sowie die Datenübertragung für mehrere Haushalte schlussendlich nicht vollkommen sicher. Infolgedessen begannen die Feldversuche je nach Gemeinde zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Alle Teilnehmer der Pilotgruppe, die eine Rückmeldung über das Internetportal wünschten, erhielten ihre Logins und Zugangsinformationen per Post. Die Teilnehmer, die die Variante mit schriftlicher Rückmeldung gewählt hatten,

erhielten die Feedbackinformationen nach dem ersten Versuchsmonat per Post. Somit konnten mögliche Auswirkungen der Rückmeldung erst ab dem zweiten Monat erwartet werden.

### **3 Datenverfügbarkeit und ökonometrische Schätzungen**

Die Verfügbarkeit von Daten über sozioökonomischen Variablen und die Einzelheiten über die im Haushalt vorhandenen Elektrogeräte geben die gesammelten Daten vor, die für die Beurteilung der Effektivität des Feedbacksystems einmalig sind. Die Daten bezüglich sozioökonomischer und technischer Besonderheiten, die für die ökonometrischen Schätzungen herangezogen wurden, stammten aus der Befragung zu Beginn der Feldphase. Während des Feldversuchs erfolgte ein Umzug von 38 Haushalten, die somit von den anschließenden Berechnungen ausgeschlossen wurden. Die Daten zum kumulativen Energieverbrauch der Haushalte seit Beginn des Versuchs wurden in einer zweiten Datenbank gespeichert. Beispielsweise kann die an einem beliebigen Tag verbrauchte Energie berechnet werden, indem man einfach den kumulativen Verbrauch des Tages von dem des Vortages subtrahiert. Da für jeden beliebigen Zeitpunkt die vom Zähler weitergeleiteten Daten den bis dahin aufgelaufenen Betrag an verbrauchter Energie korrekt widerspiegeln, können aufgrund von vorübergehenden Systemfehlern fehlende Daten einfach durch Interpolation rekonstruiert werden. Zur Verfügung standen letztendlich die Daten von 977 Haushalten der Kontrollgruppe sowie 1114 Haushalten der Pilotgruppe, von denen wiederum 533 Haushalte eine Verbrauchsrückmeldung mittels Internetportal und 581 eine schriftliche Rückmeldung erhielten.

Obwohl die Verbrauchsrückmeldung mittels intelligenter Stromzähler zu unterschiedlichen Zeitpunkten begann, erhielten alle Haushalte der Pilotgruppe für mehr als ein Jahr Feedback. Da die Verbrauchsdaten nicht ausreichend verfügbar waren, ist der „Difference-in-Difference“ Ansatz zur Beurteilung der Auswirkungen des Feedback auf den Stromverbrauch, wie er bei Glerup et al. (2010) angewendet wurde, nicht realisierbar. Stattdessen basiert unsere Analyse auf Querschnittsdaten.

### 3.1 Abhängige Variable

Die für die ökonometrische Analyse herangezogene abhängige Variable ist der jährliche Stromverbrauch eines Haushaltes.

### 3.2 Erklärende Variablen

Um die Gleichung für den Stromverbrauch zu berechnen, wurde die abhängige Variable *Elektrizität* auf eine Reihe von erklärenden Variablen zurückgeführt, welche den Haushalt, die vorhandenen Geräte sowie den Wohnraum beschreiben. Variablen, die die Eigenschaften eines Haushalts widerspiegeln, beziehen folgende

<sup>1</sup> Faktoren mit ein: das Einkommen ; den Bildungsgrad ; die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen entsprechend den sechs Altersgruppen: 0-5, 6-17, 18-30, 31-45, 46-60, >60; die Wohnfläche in Bezug auf die Anzahl der Etagen sowie Quadratmeter, um lineare sowie nicht lineare Einflüsse der Wohnfläche auf den Stromverbrauch zu berücksichtigen; Zählvariablen geben die Anzahl folgender Elektrogeräte eines Haushaltes an: Kühlschrank, Trockner, Gefrierschrank, Geschirrspüler, Warmwasserboiler, Computer sowie Fernsehgeräte. Des Weiteren wurde eine Variable mit einbezogen, die die Anzahl sonstiger Elektrogeräte im Haushalt erfasst, z.B. Mikrowellen, Playstations oder Espressoautomaten. Die Dummy-Variablen wurden für die Gemeinden mit einbezogen, um gemeindespezifische Auswirkungen auf den Stromverbrauch zu erfassen. Im Hinblick auf die Gemeinde Celler wurden, um eine Singularität bezüglich der Regressormatrix zu verhindern, keine Dummy-Variablen berücksichtigt. Da die Strompreise für alle Haushalte einer Gemeinde gleich sind, werden die Preise nicht mehr in der Regressionsanalyse berücksichtigt. Zu guter Letzt soll eine als „*Smart*“ bezeichnete Dummy-Variable den Effekt der Verbrauchsrückmeldung innerhalb des Smart Metering Programms erfassen. *Smart* nimmt den Wert 1 an, wenn der Haushalt eine Verbrauchsrückmeldung via Internetportal oder Post erhält. Der *Smart*-Wert ändert sich jedoch nicht je nach Art der Information. Alle Variablen

<sup>3</sup> werden stufenweise in die Regressionsgleichung eingetragen . Die Daten zu <sup>4</sup> jeglichen erklärenden Variablen stehen für 1379 Haushalte zur Verfügung .

---

1 Die Einkommensgruppen für die Haushalte wurden in drei Gruppen unterteilt. Die Variable *Einkommen* nimmt die Werte 1, 2 und 3 an, wenn das einem Haushalt monatlich frei verfügbare Einkommen (inkl. Transferzahlungen) jeweils unter 1500 €, zwischen 1500 € und 2500 € und über 2500 € liegt.

2 Repräsentiert durch eine Dummy-Variable, die den Wert 1 annimmt, wenn der Befragte zu den Personen mit mittlerem oder hohem Bildungsgrad zugeordnet wurde. Wenn nicht, nimmt die Variable den Wert 0 an. Ein hoher Bildungsgrad bezieht sich auf Abitur oder höhere Abschlüsse (inkl. Hochschulabschlüsse); ein mittlerer Bildungsgrad bezieht sich auf die Mittlere Reife (10-jährige Schulbildung).

3 Zusätzliche Analysen (aus Platzgründen nicht dargelegt) unterstützen nicht die Hypothese, dass es je nach Art Unterschiede bei den Auswirkungen der Verbrauchsrückmeldung gibt.

4 Zum Beispiel machten mehr als 150 Haushalte keine Angaben zu ihrem Einkommen. Um von „unangemessen“ Verbrauchsniveaus zu abstrahieren, wurde der jährliche Stromverbrauch auf eine Spanne von 700 bis 8000 kWh begrenzt. Daraus folgte, dass zwei Beobachtungen nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 1 zeigt die beschreibende Statistik zu den in den ökonometrischen Analysen verwendeten Variablen. Beispielsweise spiegelt der Mittelwert von 0,55 für die Variable *Smart* wider, dass 55% der Haushalte unserer Stichprobe eine Rückmeldung bezüglich ihres Stromverbrauchs erhielten. Gleichmaßen spiegelt ein Mittelwert von 0,17 in Bezug auf das Alter 0-5 wider, dass in einem Haushalt der Stichprobe im Durchschnitt 0,17 Kinder im Alter von 5 Jahren oder jünger lebten. Es ist ebenfalls anzumerken, dass sich fast 80% der Beispielhaushalte in Linz befanden.

**Tabelle 1:** Beschreibende Statistik zu den verwendeten Variablen

Variable	Einheit	Gesamt				Pilot- gruppe Mittelwert	Kontroll- gruppe Mittelwert
		Beo.mit.	Std.abw.	Min.	Max.		
Stromverbrauch	kWh/Jahr	3.289	1.498	703	7.965	3.284	3.295
Smart	0/1 Dummy-Variable	0.55	0.50	0.00	1.00	1.00	0.00
Alter 0-5	Anzahl	0.17	0.46	0.00	3.00	0.14	0.20
Alter 6-17	Anzahl	0.42	0.76	0.00	4.00	0.40	0.44
Alter 18-30	Anzahl	0.37	0.64	0.00	4.00	0.35	0.40
Alter 31-45	Anzahl	0.63	0.79	0.00	3.00	0.64	0.62
Alter 46-60	Anzahl	0.55	0.76	0.00	3.00	0.53	0.57
Alter über 60	Anzahl	0.37	0.70	0.00	3.00	0.41	0.32
Wohnfläche	m <sup>2</sup>	106	46.5	25	538	109	102
Einkommen	1/2/3 Dummy-Variable	2.16	0.79	1.00	3.00	2.16	2.15
Bildungsgrad	0/1 Dummy-Variable	0.58	0.49	0.00	1.00	0.55	0.61
Kühlschrank	Anzahl	1.24	0.48	0.00	4.00	1.26	1.21
Trockner	Anzahl	0.43	0.49	0.00	1.00	0.44	0.42
Gefrierschrank	Anzahl	0.73	0.57	0.00	3.00	0.76	0.70
Geschirrspüler	Anzahl	0.85	0.39	0.00	2.00	0.88	0.82
Wasserboiler	Anzahl	0.36	0.57	0.00	4.00	0.35	0.37
Fernsehgeräte	Anzahl	0.88	0.80	0.00	5.00	0.90	0.85
Computer	Anzahl	1.26	0.93	0.00	5.00	1.29	1.23
Elektrogeräte	Anzahl	7.65	2.94	2.00	29.00	7.77	7.50
Hassfurt	0/1 Dummy-Variable	0.06	0.23	0.00	1.00	0.05	0.06
Schwerte	0/1 Dummy-Variable	0.02	0.14	0.00	1.00	0.02	0.02
Oelde	0/1 Dummy-Variable	0.01	0.07	0.00	1.00	0.01	0.00
Ulm	0/1 Dummy-Variable	0.01	0.12	0.00	1.00	0.00	0.03
Kaiserslautern	0/1 Dummy-Variable	0.03	0.17	0.00	1.00	0.01	0.05
Münster	0/1 Dummy-Variable	0.04	0.19	0.00	1.00	0.03	0.04
Krefeld	0/1 Dummy-Variable	0.04	0.19	0.00	1.00	0.03	0.04
Celle	0/1 Dummy-Variable	0.03	0.16	0.00	1.00	0.05	0.00
Linz	0/1 Dummy-Variable	0.78	0.42	0.00	1.00	0.80	0.75

Die Zahlen in Tabelle 1 zeigen im Allgemeinen, dass sich die Haushalte der Kontrollgruppe und der Pilotgruppe sehr ähnlich sind. Es gibt jedoch kleine Unterschiede, z.B. hinsichtlich der Alterszusammensetzung. Grundsätzlich kann man sagen, dass die Heterogenität zwischen den untersuchten und nicht untersuchten Haushalten der Pilotgruppe und der Kontrollgruppe zu verzerrten Schätzungen der unbekannt Parametern führen könnte. In den ökonomischen Analysen wurden diese möglicherweise aufgrund der Teilnahme entstandenen Verzerrungen bei der Stichprobenauswahl überprüft.

### 3.3 Ergebnisse

Die Statistik-Software STATA 11 wurde eingesetzt, um die ökonomische Analyse durchzuführen. Um auf unbeobachtete Heterogenität hin zu überprüfen, wurde zuerst die gemeinsame Verteilung eines Probit-Modells bestimmt, die die Auswahl in der Pilotgruppe sowie die Gleichung zur Ermittlung des Stromverbrauchs mittels

Maximum-Likelihood-Methoden (z.B. Mills und Schleich, 2009)<sup>5</sup> erfasst. Die Ergebnisse enthalten jedoch keine Verzerrung der Auswahl durch unbeobachtete

Heterogenität<sup>6</sup>. Demzufolge ist die Gleichung zur Ermittlung des Energieverbrauchs individuell mittels der Methode der kleinsten Quadrate (OLS) angemessen (z.B. Imbens 2004). Tabelle 2 zeigt die Parameterschätzungen aus der Regressionsanalyse mittels der Methode der kleinsten Quadrate zusammen mit

heteroskedastierobusten Standardfehlern<sup>7</sup>.

---

5 Erklärende Variablen zur Schätzung der Probit-Gleichung sind in Tabelle 1 gegeben.

6 Es misslang die Hypothese zur Abhängigkeit der Auswahl und der Verbrauchsgleichung ( $\chi^2(1) = 0.76$ , Prob. >  $\chi^2 = 0.3823$ ) basierend auf einem Wald-Test zu widerlegen.

7 Um die beobachtete Heterogenität zu berücksichtigen, wurde ebenfalls die Gleichung zur Ermittlung des Energieverbrauchs unter Verwendung von Beobachtungsgewichtungen berechnet. Um individuelle Beobachtungsgewichtungen zu erstellen, wurden speziell die Propensity Scores des Probit-Modells für die Teilnahme in der Pilotgruppe herangezogen (z.B. Price 2006, Mills und Schleich 2009). Die Ergebnisse waren jedoch fast identisch mit den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen. Somit scheinen die bei der Schätzung des Stromverbrauchs verwendeten Variablen die beobachtete Heterogenität der am Feedback-Programm teilnehmenden Haushalte angemessen zu begründen. Alle unveröffentlichten Ergebnisse sind auf Anfrage von den Autoren erhältlich.

**Tabelle 2:** Ergebnisse aus der Regressionsanalyse mittels der Methode der kleinsten Quadrate in kWh/ Jahr

	Parameterschätzungen (robuste Standardfehler)			Parameterschätzungen (robuste Standardfehler)	
Smart	-125,40	**	Hassfurt	39,13 (249,50)	
Alter 0-5	165,68 (70,67)	**	Schwerte	354,54 (299,95)	
Alter 6-17	301,69 (53,09)	***	Oelde	253,89 (400,295)	
Alter 18-30	315,57 (63,17)	***	Ulm	-140,03 (292,63)	
Alter 31-45	447,22 (72,24)	***	Kaiserslautern	259,76 (272,43)	
Alter 46-60	474,56 (67,95)	***	Münster	-70,47 (256,09)	
Alter über 60	520,60 (66,57)	***	Krefeld	525,06 (280,91)	*
Wohnfläche	6,07 (0,93)	***	Linz	139,97 (217,07)	
Einkommen	73,03 (46,34)		konstant	-213,74 (251,34)	***
Bildungsgrad	-115,12 (64,65)	*	R <sup>2</sup>	0,4666	
Kühlschrank	252,32 (89,85)	***	Beispielgröße	1379	
Trockner	478,67 (66,91)	***			
Gefrierschrank	225,49 (60,09)	***			
Geschirrspüler	129,39 (90,41)				
Warmwasserboiler	281,53 (56,58)	***			
Fernsehgeräte	101,71 (42,33)	**			
Computer	147,05 (43,19)	***			
Elektrogeräte	68,32 (17,63)	***			

Anmerkung:  
 \*\*\* zeigt die Signifikanz bei einem Wert von p=0,01; \*\* zeigt die Signifikanz bei einem Wert von p=0,05 und \* zeigt die Signifikanz bei einem Wert von p=0,1 in einem zweiseitigen T-Test

Der (korrigierte) Wert  $R^2$  von 46,66% weist darauf hin, dass das Modell einen angemessen großen Anteil der Varianz beim Energieverbrauch der Haushalte erklärt.

Die mit dem Wert *Smart* in Verbindung stehenden Parameterschätzungen sind signifikant bei  $p=0,05$ . Die Punktschätzung weist darauf hin, dass die im Rahmen des Smart Metering Programms bereitgestellte Verbrauchsrückmeldung zu Energieeinsparungen von etwa 125 kWh führt, welche umgerechnet ein Durchschnittersparnis von ungefähr 3,7% des durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauchs der Pilotgruppe ergeben. Der Energieverbrauch ist eindeutig von der Anzahl im Haushalt lebender Personen in jeder Altersgruppe abhängig und steigt tendenziell mit dem Alter. Größere Wohnungen werden mit einem höheren Stromverbrauch von etwa 6 kWh pro Jahr und zusätzlichem Quadratmeter Wohnfläche ( $m^2$ ) in Zusammenhang gebracht. Ein höherer Bildungsgrad wird verbunden mit einem geringeren Stromverbrauch ( $p=0,1$ ). Im Vergleich dazu ist das Einkommen bei einem Wert von  $p=0,12$  statistisch signifikant. Die Auswirkungen des Einkommens auf den Energieverbrauch spiegeln sich wohl in großem Maße in der Größe der Wohnung sowie den im Haushalt vorhandenen Elektrogeräten wieder. Die Parameterschätzungen hinsichtlich der Elektrogeräte weisen den erwarteten positiven Wert auf. Sie sind bei einem Mindestwert von  $p=0,1$  (der Geschirrspüler liegt bei  $p=0,15$ ) statistisch signifikant und nehmen angemessene Werte an. Lediglich der Dummy der Gemeinde Krefeld ist statistisch signifikant ( $p=0,1$ ).

#### 4 Schlussfolgerungen

Um den Effekt von Feedbackinformationen in einer kürzlich in 8 deutschen Gemeinden durchgeführten Pilotstudie zum Thema Smart Metering zu beurteilen, erfolgte eine ökonometrische Schätzung des Energieverbrauchs der Haushalte. Die Ergebnisse der Querschnittsstudie lassen darauf schließen, dass eine Rückmeldung bezüglich des Stromverbrauchs zu einer durchschnittlichen Energieeinsparung von ungefähr 3,7% führt. Diese Energieeinsparung bedeutet für einen durchschnittlichen Haushalt umgerechnet ein Ersparnis bezüglich der Energiekosten von etwa €30. Unsere geschätzten Energieeinsparungen befinden sich am unteren Ende von den in der Literatur üblicherweise zu findenden Angaben (z.B. Darby 2006 oder Ehrhardt-Martinez 2010). Sie befinden sich jedoch im Bereich von denen der

8  
kürzlich in Dänemark durchgeführten Studie (Gleerup et al. 2010) . Es ist jedoch anzumerken, dass es unsere ökonometrische Analyse nicht ermöglicht die Auswirkungen der Verbrauchsrückmeldung sowie der Informationen zu Energiesparmaßnahmen zu entflechten.

---

8 Während die Kontrollgruppe in unserer Studie lediglich aus Haushalten bestand, die keinerlei Feedback erhielten, gab es in der Kontrollgruppe bei Gleerup et al. (2010) auch Haushalte, die Zugang zu einem Internetportal hatten. Folglich bestand die Pilotgruppe (oder Behandlungsgruppe) bei Gleerup et al. (2010) lediglich aus Haushalten, die ihre Verbrauchsrückmeldung per Post erhielten. Die Tatsache, dass von den Haushalten erwartet werden kann ihren Energieverbrauch auch als Antwort auf die Feedbackinformationen vom Internetportal anzupassen, erklärt wahrscheinlich teilweise die relativ geringen Schätzungen bezüglich der Auswirkungen des Feedbacks bei Gleerup et al. (2010).

Des Weiteren sollte man beim Vergleich von Ergebnissen unterschiedlicher Studien bedenken, dass die Feedbackinstrumente sich erheblich voneinander unterscheiden. Laut Darby (2006) beinhalten die effizienteren Feedback-Programme direkte Feedbackmaßnahmen wie das Selbstablesen des Zählers, die direkte Anzeige (Lernen durch Schauen oder Zahlen), die interaktive Rückmeldung (z.B. mittels PCs), Nebengeräte (z.B. einen Alarm oder ein Blinklicht im Falle des Überschreitens eines bestimmten Grenzwertes hinsichtlich des Stromverbrauchs), Energieberatungen (mittels Audits) oder zeitabhängige Tarife.

Die Ergebnisse lassen des Weiteren darauf schließen, dass unsere Schätzungen nicht unter Verzerrungen leiden, die aus der unbeobachteten oder beobachteten Heterogenität der Haushalte beim Beziehen der Verbrauchsrückmeldung hervorgehen. Dennoch kann der Einsatz eines Difference-in-Difference-Schätzers basierend auf Paneldaten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, da die Panelökonometrie die Eliminierung unbeobachteter und zeitlich festgelegter Auswirkungen ermöglicht (z.B. Glerup et al. 2010). Innerhalb einer Querschnittsanalyse können diese Effekte die Parameterschätzungen beeinflussen, einschließlich derer, die die Auswirkungen des Feedbacks erfassen.

In unserer Modellspezifikation, die die Wohnungsgröße sowie zahlreiche Information über die im Haushalt vorhandenen Elektrogeräte als erklärenden Variablen berücksichtigt, wurde festgestellt, dass das Einkommen den Stromverbrauch nicht beeinflusst. Somit könnte der Fehler der Haushalte, Angaben zu ihrem Einkommen übermittelt zu haben, nicht zu verzerrten Parameterschätzungen führen, sofern das Einkommen als erklärende Variable substituiert wird.

In unseren Regressionsmodellen wurden die durchschnittlichen Effekte aus allen Haushalten ermittelt. Zukünftige Forschungsprojekte können nun untersuchen, ob sich die Reaktion auf Feedback je nach Art des Haushaltes unterscheidet. Das heißt, dass Haushalte mehr oder weniger empfänglich für Informationen über den Stromverbrauch und Energiesparmaßnahmen sein könnten (van Dam et al. 2010) oder dass sich die Möglichkeiten zur Senkung des Stromverbrauchs von Haushalt zu Haushalt unterscheiden. Unsere Analyse berücksichtigt insbesondere nicht unmittelbar die Unterschiede hinsichtlich der Beweggründe und Einstellung gegenüber Umwelt, Energieverbrauch oder Energieeinsparung. Des Weiteren gab es keine Anzeichen dafür, ob die ermittelten Einsparungen, basierend auf der Verbrauchsrückmeldung, für längere Zeit erhalten bleiben. Somit sollten es zukünftige Forschungsvorhaben in Betracht ziehen, dass sich die Bedeutung der Feedback-Effekte im Laufe der Zeit ändern könnte. Einerseits könnten die Auswirkungen des Feedbacks von kurzer Dauer sein, da die Haushalte nach einer bestimmten Zeit zu alten Gewohnheiten zurückkehren. Van Dam et al. (2010) fand beispielsweise heraus, dass die anfänglichen Energieeinsparungen von 7,8% nach vier Monaten nicht mehr mittel- bis langfristig aufrechterhalten werden können. Führen Feedbackinformationen jedoch zu permanenten Veränderungen der Gewohnheiten, so könnten diese Effekte andererseits einen langfristigen Einfluss auf den Energieverbrauch haben (Darby 2006). Auf Dauer könnten die Auswirkungen ebenso zu einem veränderten Investitionsverhalten aufgrund von Feedbackinformationen (z.B. der Kauf effizienterer Elektrogeräte) führen. Diese Effekte und sozioökonomische Variablen könnten sich wiederum gegenseitig



beeinflussen. Man fand beispielsweise heraus, dass es Haushalte mit einem hohen Einkommen bevorzugen ihr Investitionsverhalten zu ändern statt ihre alltäglichen Verhaltensweisen (Poortinga et al. 2003). Eine weitere Frage, an der sich zukünftige Forschungsprojekte messen können, ist die Verarbeitung von Feedback und Informationen durch die Haushalte. Analysen könnten die Häufigkeit der Verbrauchsrückmeldung beziehungsweise des Anmeldens im Internetportal mit den Verhaltensänderungen in Beziehung setzen. Es kann ebenso untersucht werden wie die Verbrauchsrückmeldung die Verhaltensweisen bezüglich der Beschaffung und Verarbeitung von Informationen beeinflusst. Um den Einfluss der Festlegungen zum Smart Metering letztendlich umfassend beurteilen zu können, sollte eine umfangreiche Analyse der Auswirkungen von Verbrauchsrückmeldungen sowie der Änderungen von Tarifstrukturen auf Verbrauchsmuster berücksichtigt werden.

## 5 Quellen

Abrahamse, W.; Steg, L. (2005): A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology* 25, 273–291.

Birzle-Harder, B; J. Deffner; Götz, K. (2008): Lust am Sparen oder totale Kontrolle? Akzeptanz von Stromverbrauchs-Feedback. Ergebnisse einer explorativen Studie zu Feedback-Systemen in vier Pilotgebieten im Rahmen des Projektes Intelliekon. ISOE, Frankfurt/Main.

Darby, S. (2006): The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays, Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford.

Darby, S. (2010): Smart metering: what potential for householder engagement? *Building Research & Information* 38 (5), 442–457.

Ehrhardt-Martinez, K., Donnelly, K. A. and Laitner, J.P. (2010): Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities. Report No. E105. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C.

Emery, F.; Trist, E. (1965): The causal texture of organizational environments. *Human Relations* 18, 21–32.

Fischer, C. (2008): Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? *Energy Efficiency* 1, 79104.

- Gleerup, M.; Larsen, A.; Leth-Petersen, S.; Togeby, M. (2010): The Effect of Feedback by Text Message (SMS) and Email on Household Electricity Consumption: Experimental Evidence. *The Energy Journal* 31 (3), 111–130.
- Gölz, S.; Götz, K. (2009): Smart Metering – a means to increase sustainable energy consumption? Socio-technical research and development on feedback-systems, paper presented at the 5th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'09), Berlin, June 2009.
- Imbens, G.W. (2004): Non parametric estimation of treatment effects under exogeneity: a review. *Review of Economics and Statistics* 86,4–29.
- Kempton, W.; Layne, L., (1994): The consumer's energy analysis environment. *Energy Policy* 22 (10), 857–866.
- Matsukawa, I. (2004): The Effects of Information on Residential Demand for Electricity. *The Energy Journal* 25 (1), 1–17.
- Mills, B. and Schleich, J. (2009): Profits or Preferences? Assessing the Adoption of Residential Solar Thermal Technologies: *Energy Policy* 37, 4145-4154.
- Poortinga, W.; Steg, L.; Vlek, C.; Wiersma, G. (2003): Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis, *Journal of Economic Psychology* 24, 49–64.
- Price, G. (2005): The causal effects of participating in the American economic association summer minority program. *Southern Economic Journal* 72,78–97.
- Statistisches Bundesamt (2010): Statistisches Jahrbuch (Statistical Yearbook 2010) - Für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden, Germany.
- van Dam, S. S.; Bakker, C. A.; van Hal, J. D. M. (2010): Home energy monitors: impact over the medium-term, *Building Research & Information* 38 (5), 458–469.

## Danksagung

Wir danken den Teilnehmern der 34. Internationalen Konferenz der Internationalen Vereinigung für Energiewirtschaft (IAEE) in Stockholm, Schweden, vom 19.-23. Juni sowie des Sommerstudiums 2011 des Europäischen Rates für eine energieeffiziente Wirtschaft (ECEEE) in Presqu'île de Giens, Frankreich, vom 6.-11. Juni, für ihre Anregungen. Wir danken an dieser Stelle besonders Brad Mills für seine hilfreichen Anmerkungen und Gillian Bowman-Köhler für das ausgezeichnete Korrekturlesen. Die finanzielle Unterstützung wurde vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des sozioökonomischen Forschungsförderprogramms [„Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum“](#) durch den Vertrag 01 UV0804 (Abkürzung: Intelliekon) zugesichert.

## **Autoren und zugehörige Institutionen**

Joachim Schleich  
Marian Klobasa  
Marc Brunner

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)  
Competence Center Energiepolitik und Energiesysteme

Sebastian Gözl

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE)

Konrad Götz  
Georg Sunderer

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)

Kontakt: Brigitte Kallfass

Fraunhofer Institute for Systems  
and Innovation Research (Fraunhofer ISI)  
Breslauer Strasse 48  
76139 Karlsruhe  
Deutschland

Tel.: +49 / 721 / 6809-150  
Fax: +49 / 721 / 6809-203  
E-Mail: [brigitte.kallfass@isi.fraunhofer.de](mailto:brigitte.kallfass@isi.fraunhofer.de)  
URL: [www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

Karlsruhe 2011